

612

3

Заведов В. В.

612 Заведов, В.  
Лекции по  
физиологии



# ЛЕКЦІИ

ПО

# ФИЗИОЛОГІИ

ЧИТАННЫЯ

ВЪ ОДЕССКОЙ ЗУБОВРАЧЕБНОЙ ШКОЛѢ

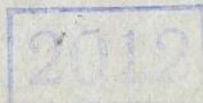
ПРИВАТЪ-ДОЦЕНТОМЪ

НОВОРОССІЙСКАГО УНИВЕРСИТЕТА

*В. Завьяловымъ.*

Издавъ І. Барановъ.

1902 г.



ОДЕССА.

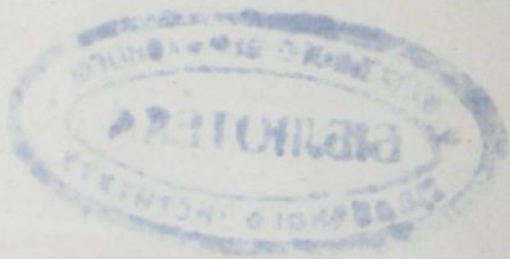
Типо-Литографія А. М. Дыхно, Почтовая 28.

1902.

*Кратковъ*

612

Дозволено цензурою Одесса, 2 Апрѣля 1902 г.





## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

# ФИЗИОЛОГІЯ ПИТАНІЯ.

## ВВЕДЕНІЕ.

Намъ предстоитъ разсмотрѣть тѣ функціи организма, которыя носятъ названіе растительныхъ функцій. Такое названіе онѣ получили оттого, что процессъ, лежащій въ основѣ всѣхъ этихъ функцій, общъ животнымъ и растеніямъ: это—процессъ питанія, т. е. процессъ, сущность котораго состоитъ въ воспріятіи изъ окружающей среды матеріала, который въ дальнѣйшемъ служитъ отчасти для построенія живыхъ тканей, отчасти для цѣлей развитія живыхъ силъ, т. е. тепла, механическаго движенія, электрическаго напряженія и проч., которыми характеризуется всякій жизненный процессъ вообще. Слѣдовательно, съ динамической точки зрѣнія процессы питанія суть тѣ процессы, которые завѣдуютъ доставкой организму матеріала для проявленія жизненной энергіи. Съ химической точки зрѣнія—это разсмотрѣніе тѣхъ послѣдовательныхъ превращеній, которымъ подвергается пища, начиная съ полости рта вплоть до выдѣленія изъ организма. Такъ какъ жизненный процессъ сосредоточивается въ микроскопическихъ элементахъ нашихъ органовъ—кѣлѣткахъ, ясно, что процессъ питанія, въ широкомъ значеніи этого слова, не ограничивается только пищевареніемъ. Пищевареніе—лишь одна изъ стадій этого сложнаго процесса, которая имѣетъ цѣлью подготовить пищевыя вещества къ всасыванію въ кровь; послѣдняя разноситъ эти вещества къ кѣлѣткамъ всего тѣла, и только здѣсь происходитъ, въ сущности, истинное питаніе основнаго жизненнаго элемента—кѣлѣтки, такъ какъ только здѣсь пища входитъ въ составъ живого вещества и утилизируется послѣднимъ отчасти для построенія протоплазмы, отчасти какъ горючее вещество для развитія живыхъ силъ. Сюда же, къ этому очагу физиологическаго окисленія, на которомъ, такъ сказать, горитъ огонь жизни, доставляется съ кровью и кислородъ, черпаемый кровью изъ окружающаго воздуха при помощи дыхательныхъ движеній. Продукты физиологическаго окисленія выдѣляются также въ кровь, но затѣмъ послѣ тѣхъ или иныхъ превращеній въ различныхъ

органахъ они попадаютъ въ почки, гдѣ и выдѣляются съ мочей. Такимъ образомъ, пищевареніе, кровообращеніе, дыханіе, обмѣнъ веществъ, мочеотдѣленіе и ученіе о мочѣ—вотъ тѣ главы физиологіи, которыя трактуютъ о питаніи въ широкомъ значеніи этого слова и которыя намъ предстоитъ разсмотрѣть. Естественный порядокъ изложенія процессовъ питанія, соотвѣтствующій нормальной послѣдовательности различныхъ стадій этого процесса, соотвѣтствовалъ-бы той схемѣ, въ которой мы только что привели эти процессы. Но въ виду техническихъ удобствъ изложенія, такъ какъ, между прочимъ, пониманіе нѣкоторыхъ важныхъ вопросовъ изъ области пищеваренія требуетъ предварительнаго знакомства съ кровообращеніемъ, мы начнемъ съ изложенія этого послѣдняго.

Прежде всего бросимъ общій взглядъ на кровообращеніе и выяснимъ значеніе крови въ общей экономіи организма.

---

## КРОВЬ.

Кровь и кровеносная система свойственны не всемъ классамъ животныхъ.

Нисше представители животнаго царства состоятъ, какъ извѣстно, только изъ одной клѣтки микроскопическихъ размѣровъ; у нихъ, конечно, кровеносная система отсутствуетъ совершенно. Они въ полной мѣрѣ подчинены условіямъ среды и поэтому существованіе ихъ полно всякаго рода случайностями, гибельно отражающимися на жизнь этихъ существъ. Во-первыхъ, благодаря своей микроскопической величинѣ, первичники дѣлаются добычей другихъ, болѣе крупныхъ животныхъ. Во-вторыхъ, всякое вредное вліяніе, исходящее изъ окружающей среды, чѣмъ меньше размѣры этого послѣдняго; тѣмъ вреднѣе отражается на животномъ, чѣмъ меньше животное, тѣмъ болѣе участокъ поверхности приходится на одну и ту же единицу вѣса тѣла.

Такъ, если у одного животнаго (шарообразнаго) отношеніе между объемомъ и поверхностью  $= 1 : 3$ , то при увеличеніи его радіуса вдвое, это отношеніе выразится въ видѣ  $2 : 3$ , при увеличеніи радіуса втрое оно  $= 1 : 1$ , —вчетверо—  $4 : 3$  и т. д. Слѣдовательно, такъ какъ сношенія между средой и организмомъ происходятъ исключительно съ поверхности послѣдняго, то чѣмъ меньше животное, тѣмъ болѣе вліяніе оказываетъ на него среда и тѣмъ, стало быть, вреднѣе отражаются на немъ все гибельныя для него перемѣны, происходящія въ этой средѣ. Перегрѣвается среда—маленькое животное скорѣе перегрѣется, чѣмъ большое; содержитъ среда ядовитыя вещества—маленькое животное также скорѣе будетъ отравлено, чѣмъ большое; высыхаетъ та лужа, въ которой гибзятся животныя—чѣмъ меньше организмъ, тѣмъ скорѣе онъ засохнетъ, и въ то время, какъ болѣе крупныя животныя могутъ противостоять высыханію до тѣхъ поръ, пока пройдетъ дождь и вновь повыситъ содержаніе влаги въ окружающей средѣ, все мелкія существа оказываются къ этому времени уже окончательно засохшими.

Нисше представители много-клѣточныхъ животныхъ, какъ: губки, активныя медузы, состоятъ изъ сложенія однородныхъ клѣтокъ и не имѣютъ кровеносной системы. Клѣтки, составляющія ихъ тѣла, живутъ еще, въ сущности, въ той же самой внѣшней средѣ, въ которой находится и все животное. Вода прогоняется въ систему каналовъ, пронизывающихъ тѣло животнаго и омываетъ каждую клѣтку, которая и черпаетъ отсюда питательный матеріалъ. Такимъ образомъ, эти организмы не освободились еще отъ всехъ вредныхъ вліяній, могущихъ находиться въ этой средѣ; они лишь ослабили эти вредныя вліянія, такъ какъ отношеніе между поверхностью и объемомъ измѣнилось, благодаря увеличенію размѣровъ животнаго, въ благоприятномъ смыслѣ. Лишь только когда появляется кровеносная система (а она появляется впервые у

иглокожих животных), живой элементъ организма—кѣтка окончательно освобождается отъ цѣлаго ряда вредныхъ условій среды. Кѣтка животныхъ, обладающихъ кровеносной системой, живетъ уже не въ той виѣшней средѣ въ которой находится цѣлое животное: она находится въ искусственной, средѣ—крови. Болѣе или менѣе плотный покровъ (кожа, панцырь и проч.) отдѣляетъ теперь живое вещество отъ этой среды. Разумѣется, это значительно повышаетъ шансы животного въ борьбѣ за существованье, такъ какъ теперь животное не только защищено отъ вредныхъ влїяній этой среды, но и отъ колебаній во ея составѣ, хотя бы эти колебанія касались неядовитыхъ составныхъ частей среды. Внутренняя среда—кровь сохраняетъ всегда постоянный составъ, въ какія бы условія ни было поставлено животное.



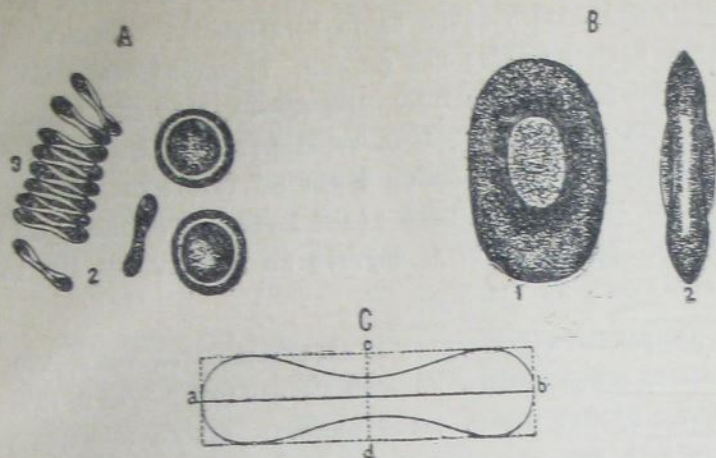
Рис. 1. Кровь въ капиллярахъ плавательной перепонки лягушки; а— красная, б— бѣлые кровъ тѣльца.

форменныя элементы ея : 1) красныя, 2) бѣлыя кровяныя кѣтки и 3) кровяныя пластинки (рис. 1).

Красныя кровяныя тѣльца крови человѣка имѣютъ форму кружечковъ, имѣющихъ центральное углубленіе съ каждой стороны. По этому красный кровяной шарикъ имѣетъ круглую форму только тогда, если смотрѣть на него en face, если же разсматривать красный кровяной шарикъ сбоку, онъ представляется въ видѣ палочки съ закругленными концами. Красный кровяной шарикъ не имѣетъ ни оболочки, ни ядра; его протоплазму, или, какъ говорятъ, строму представляютъ себѣ въ видѣ губчатой массы, пропитанной кровяной краской ( рисун. 2 )

Красная окраска крови зависитъ отъ присутствія въ ней красныхъ кровяныхъ тѣлецъ; жидкая часть крови—плазма или вовсе не окрашена, или окрашена лишь слабымъ желтымъ цвѣтомъ, что легко видѣть, напр. ,на дефибринированной лошадиной крови, которая при стоянїи раздѣляется на желтоватую прозрачную сыворотку и яркокрасный слой кровяныхъ тѣлецъ.

У нѣкоторыхъ животныхъ, напр. у лягушки, у летучей мыши, можно разсматривать кровь подъ микроскопомъ во время циркуляціи ея по кровеноснымъ сосудамъ. Для этого пользуются тонкими перепончатыми органами этихъ животныхъ, напр. , плавательной перепонкой или брыжейкой лягушки, летательной перепонкой мыши; захлоформировавъ живорное, растягиваютъ соответствующую перепонку на столикѣ микроскопа и производятъ наблюденіе. Живая, циркулирующая внутри организма кровь состоитъ, какъ это видно на прилагаемомъ рисункѣ, изъ жидкой части, такъ назыв. плазмы, въ которой плаваютъ твердыя составныя части крови,



А. Красныя кровяныя тѣльца челоѵка: 1 видима съ поверхности; 2 видима съ краю; 3 складываніе красныхъ кровяныхъ тѣлецъ въ столбикъ, напоминающій свертокъ молотъ. — В красныя кровяныя тѣльца лягушки: 1 видима съ поверхности; 2 видима съ краю. — С воображаемый поперечный разрѣзъ краснаго кровяного тѣльца челоѵка, при линейномъ увеличеніи зъ 500 разъ; ab поперечникъ, cd толщина

Взявши небольшую пробу этихъ тѣлецъ, и разболтавши ихъ въ водѣ, прибавимъ къ смѣси небольшое количество сѣрнаго эѵира и хорошенько взболтаемъ смѣсь. Красная краска перейдетъ при этомъ въ окружающую тѣльца воду и, если оставить обработанную такимъ образомъ смѣсь стоять покойно нѣсколько сутокъ, на днѣ сосуда собирается обезцвѣченный слизистый слой, а надъ этимъ слоемъ отстаетъ яркокрасный прозрачный растворъ кровяной краски (гѵмоглобина).

При помощи эѵира мы достигли, такимъ образомъ, раздѣленія краснаго кровяного шарика на 2 части; безцвѣтная, студенистая основа (или строма) шарика опустилась на дно сосуда, а пропитывающая эту строму краска (гѵмоглобинъ) растворилась въ водѣ.

Сливши прозрачный растворъ кровяной краски съ осадка стромы, разольемъ его въ два пузырька. Каждый пузырекъ долженъ быть наполненъ жидкостью до самого верху; въ тотъ и другой пузырекъ бросимъ по кусочку гнилого яичнаго бѣлка и, плотно закупоривши пузырьки пробками, оставимъ ихъ на нѣсколько дней въ покоѣ.

Окраска жидкости въ обоихъ пузырькахъ черезъ нѣкоторое время сдѣлается гораздо болѣе темной, чѣмъ она была раньше. Стоитъ, однако, отлить немного жидкости изъ одного пузырька, взболтать хорошенько содержимое его съ воздухомъ, чтобы жидкость пріобрѣла вновь яркокрасный, алый цѣвъ, который имѣла до настаиванья съ гнилымъ бѣлкомъ.

Воспользуемся этой незначительной перемяной цѣвта кровяной краски при соприкосновеніи ея съ воздухомъ и разберемъ это явленіе подробнѣе.



Разница въ окраскѣ растворовъ зависитъ, какъ извѣстно, оттого, какіе лучи изъ смѣшаннаго бѣлаго пучка свѣта поглощаются даннымъ растворомъ. Солнечный лучъ, какъ извѣстно изъ физики, представляетъ собой смѣсь 7 основныхъ цвѣтовъ: краснаго, желтаго, оранжеваго, зеленаго, голубого, синяго и фіолетоваго. Когда эти цвѣтные лучи попадаютъ въ нашъ глазъ всѣ вмѣстѣ, мы получаемъ ощущение бѣлаго цвѣта. Когда же тотъ или другой изъ этихъ лучей отсутствуетъ, смѣсь остальныхъ лучей даетъ впечатлѣніе уже не бѣлаго, а синяго, зеленаго, краснаго и т. д. цвѣтовъ въ зависимости отъ того, какіе именно лучи попадаютъ въ глазъ.

Окраска прозрачныхъ растворовъ и обусловливается тѣмъ, что эти растворы поглощаютъ, задерживаютъ въ себѣ тѣ или другіе лучи и, слѣдовательно, бѣлый лучъ свѣта, пройдя черезъ такой растворъ, будетъ состоять уже не изъ 7 цвѣтныхъ лучей, а изъ меньшаго числа ихъ, такъ какъ часть лучей задерживается растворомъ краски.

Кровяная краска при соприкосновеніи съ воздухомъ мѣняетъ свой цвѣтъ; эта перемѣна, правда, очень незначительна; послѣ настаиванья съ гнилымъ бѣлкомъ, растворъ сталъ темнаго потемнѣе, послѣ взбалтыванья съ воздухомъ онъ сдѣлался чуть-чуть поярче; во всякомъ случаѣ, рѣзкой разницы между тѣмъ и другимъ растворомъ мы не улавливаемъ и надо присматриваться, чтобы замѣтить вообще какую либо разницу.

Но это зависитъ отъ несовершенства нашего глаза, непривыкшаго къ различенію очень тонкихъ отбѣнковъ. Если же мы усовершенствуемъ нашъ глазъ при помощи оптическаго прибора, называемаго спектроскопомъ, разница въ цвѣтѣ кровяной краски до и послѣ взбалтыванья съ воздухомъ выступитъ очень рѣзко (рис. 3).

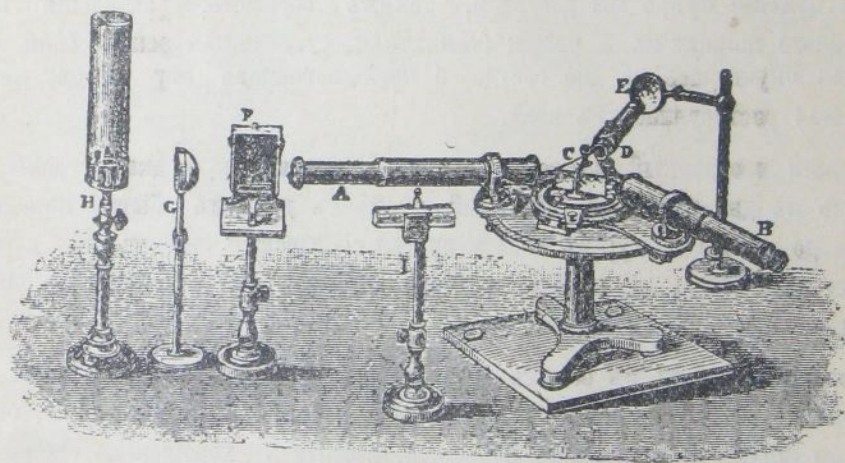


Рис. 3. Расположеніе приборовъ для спектральнаго изслѣдованія крови

При пропусканіи солнечнаго луча чрезъ стеклянную призму, какъ извѣстно, получается разложеніе бѣлаго цвѣта на составляющіе его лучи — т. е.

получается явленіе такъ назыв. спектра (см. физику). Если на пути солнечнаго луча поставить сосудъ съ растворомъ кровяной краски, то нѣкоторые лучи изъ смѣшаннаго бѣлаго пучка поглотятся краской, и въ спектрѣ на мѣстѣ этихъ лучей мы увидимъ тѣнь или, какъ говорятъ, полосу поглощенія.

При помощи такого спектральнаго изслѣдованія окраски гѣмоглобина до и послѣ соприкосновенія его съ воздухомъ <sup>1)</sup> можно очень рѣзко замѣтить разницу между этими растворами, хотя невооруженный глазъ еле-еле улавливаетъ эту разницу.

Растворъ гѣмоглобина до взбалтыванья съ воздухомъ даетъ въ спектроскопѣ одну широкую полосу поглощенія въ желто-зеленой части спектра (между фраунгоферовыми линиями D и E; рис 4,3); послѣ взбалтыванья съ воздухомъ вмѣсто этой полосы появляются двѣ болѣе рѣзко очерченныя полосы, которыя занимаютъ мѣсто какъ разъ по краямъ прежней единственной полосы, такъ что на мѣстѣ послѣдней теперь приходится свѣтлое пространство между полосами (рис. 4,2).

Изъ описаннаго опыта мы заключаемъ, что при взбалтываньи съ воздухомъ гѣмоглобинъ измѣняетъ свои оптическія свойства. А измѣненіе свойствъ

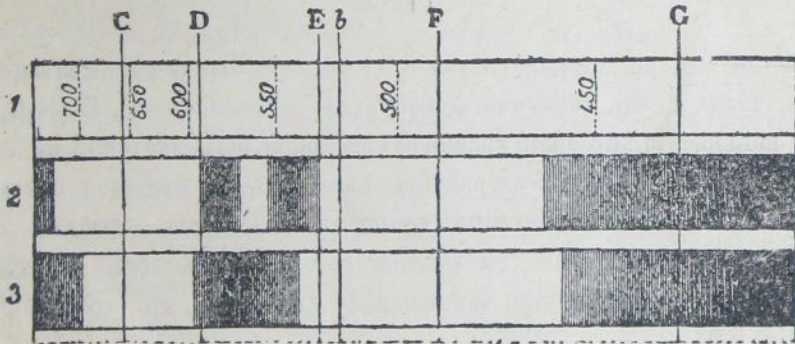


Рис 4.

вещества, хотя бы самое незначительное, свидѣтельствуетъ объ измѣненіи химическаго состава этого вещества. Слѣдовательно, и въ нашемъ случаѣ послѣ взбалтыванья съ воздухомъ получилось какое то новое химическое соединеніе. Изъ условій опыта явствуетъ, что гѣмоглобинъ могъ соединиться только съ газами воздуха; въ послѣднемъ, какъ извѣстно, содержатся, главнымъ образомъ, кислородъ и азотъ. Азотъ вообще отличается малой способностью къ химическимъ соединеніямъ, наоборотъ, кислородъ очень легко вступаетъ въ соединенія съ различными тѣлами. Кровяная краска соединяется именно съ кислородомъ; стоитъ помѣстить взболтанный съ воздухомъ растворъ гѣмоглобина

1) Для спектральнаго изслѣдованія употребляются очень разведенныя, блѣдно-красныя растворы гѣмоглобина.

въ пустоту, чтобы соединеніе краски съ кислородомъ выдѣлило обратно поглощенный изъ воздуха газъ; анализъ показывасть, что газъ этотъ состоитъ изъ чистаго кислорода.

Гѣмоглобинъ можетъ быть легко полученъ въ кристаллическомъ видѣ; нѣкоторые изъ извѣстныхъ кристалловъ гѣмоглобина приведены на рис. 5.

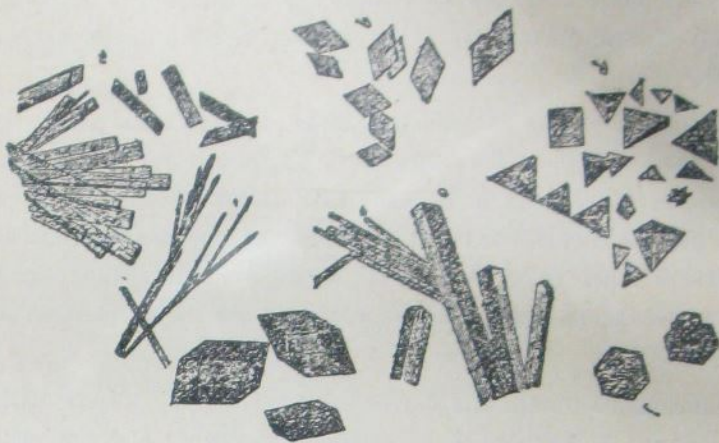
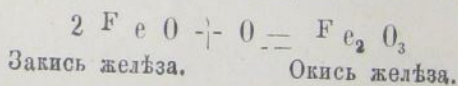


Рис- 5.

Гѣмоглобинъ представляетъ собой соединеніе бѣлка съ желѣзистымъ веществомъ, такъ назыв. гематиномъ (формула гематина—  $C_{32}H_{32}N_4O_4Fe$ ). Въ процессѣ поглощенія кислорода кровяной краской бѣлокъ, входящій въ ея составъ, повидимому, не участвуетъ совершенно; кислородъ поглощается исключительно гематиномъ. Способность гематина поглощать кислородъ издавна объясняли содержаніемъ въ этомъ веществѣ желѣза, которое очень легко переходитъ изъ соединеній закиси ( $FeO$ ), при поглощеніи кислорода, въ соединенія окиси желѣза ( $Fe_2O_3$ ).

Благодаря этому свойству, желѣзо является переносчикомъ кислорода въ мертвой природѣ. Закись желѣза, соприкасаясь съ кислородомъ воздуха, соединяется съ нимъ, образуя окись; но, встрѣчаясь затѣмъ съ разлагающимися органическими веществами, окись желѣза отдаетъ часть своего кислорода этимъ послѣднимъ, сама превращаясь обратно въ закись. Такимъ образомъ, желѣзо въ мертвой природѣ, переходя изъ закиси въ окись, переноситъ кислородъ изъ атмосферы на органическое вещество. Можно было бы думать, что и въ гѣмоглобинѣ желѣзо служитъ переносчикомъ кислорода, переходя изъ закиси въ окись. Опытъ показывасть, однако, что такимъ образомъ нельзя объяснить себѣ поглощенія кислорода гѣмоглобиномъ. При переходѣ закиси желѣза въ окись одинъ атомъ кислорода поглощается двумя атомами желѣза, по уравненію.



Въ гемоглобинѣ же при поглощеніи имъ кислорода на 1 атомъ желѣза приходится 2 атома кислорода, т. е. въ четыре раза больше того количества, которое можетъ быть поглощено желѣзомъ при переходѣ изъ закиси въ окись. Отсюда слѣдуетъ, что или въ гемоглобинѣ желѣзо образуетъ какія то болѣе богатые кислородомъ соединенія, или же, какъ предполагаетъ Бунге, желѣзо связываетъ только часть кислорода, остальное же количество его соединяется съ другими элементами, входящими въ составъ молекулы гемоглобина.

Бѣлые кровяные шарики, въ сущности, въ живомъ состояніи не имѣютъ определенной формы; они обладаютъ способностью къ амебондному движенію, къ выпусканію отростковъ изъ своей протоплазмы и, поэтому, постоянно мѣняютъ свою форму; только въ состояніи сильнаго раздраженія и при умираніи они принимаютъ форму шарика. Въ то время какъ красные кровяные шарики не могутъ считаться настоящими клѣтками, такъ какъ они не имѣютъ ядра — бѣлые кровяные шарики служатъ типическими представителями настоящихъ живыхъ клѣтокъ; они обладаютъ всеми анатомическими особенностями, свойственными живой клѣткѣ: протоплазмой, ядромъ, ядрышкомъ; они, наконецъ, способны къ выполненію тѣхъ функцій, которыя свойственны живымъ клѣткамъ, т. е. функцій движенія, размноженія и питанія.

Способность къ питанію бѣлыхъ кровяныхъ шариковъ является основой той въ высшей степени важной роли, которую эти образованія играютъ при нѣкоторыхъ заразныхъ болѣзняхъ. Собираясь въ большомъ количествѣ къ тому мѣсту организма, въ которое проникли болѣзнетворные микробы, лейкоциты (бѣл. кров. шар.) ведутъ постоянную борьбу съ этими врагами, захватываютъ ихъ внутрь своей протоплазмы и здѣсь перевариваютъ бактеріи (рис. 6).

Третья форменная составная часть крови — это кровяныя пластинки. Онѣ имѣютъ видъ маленькихъ, овальныхъ, сильно блестящихъ тѣлецъ. О происхожденіи и значеніи ихъ въ крови ничего определеннаго неизвѣстно.

При выпусканіи изъ сосудовъ живого животнаго, чрезъ большій или меньшій промежутокъ времени <sup>1)</sup> кровь свертывается, т. е. застываетъ въ студень, невыливающийся изъ сосуда при опрокидываніи его. Черезъ нѣкоторое время студень этотъ, или кровяной свертокъ, начинаетъ отдѣляться отъ стѣнокъ сосуда, сокращается и выжимаетъ изъ себя прозрачную, желтоватую жидкость, которая носитъ названіе кровяной сыворотки.

Возьмемъ каплю крови на стеклышко и обождемъ нѣкоторое время, чтобы кровь успѣла свернуться; затѣмъ отмоемъ нашъ препаратъ струею воды и раз-

---

1) У кроликовъ кровь свертывается почти моментально, у лошадей черезъ 10 — 15 минутъ; скорость свертыванья крови другихъ млекопитающихъ лежитъ между этими крайними предѣлами.

смотримъ его подъ микроскопомъ. Мы замѣтимъ, что кровь пронизана тончайшими, скрецаивающимися въ разнообразныхъ направленіяхъ нитями, образующими пѣкную сѣточку; въ петляхъ этой сѣти заложены красныя кровяныя тѣльца (рис. 7).



Рис. 6 Лейкоцитъ лягушки, содержащій перевариваемую имъ бактерію. Бактерія окрашена везувиномъ. Обѣ фигуры изображаютъ двѣ стадіи движенія одной и той же кѣтки,

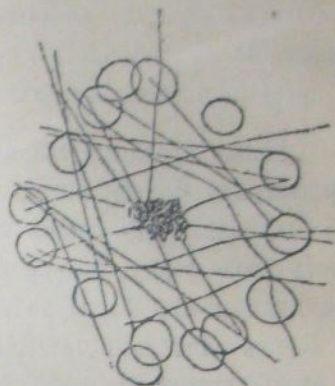


Рис. 7. Отмытый водой кровяной свертокъ подъ микроскопомъ

Отсюда мы заключаемъ, что кровяной свертокъ неоднороденъ; онъ состоитъ изъ двухъ частей: 1) волокнистой сѣти и 2) заключенныхъ въ промежуткахъ этой сѣти тѣлецъ.

Сложный составъ кровяного свертка еще нагляднѣе доказывается слѣдующимъ опытомъ. Лягушечья кровь прямо изъ артерій собирается въ тонкія капиллярныя стеклянныя трубочки, внутри которыхъ черезъ нѣкоторое время и свертывается. Наблюдая такую трубку съ кровью подъ микроскопомъ, можно видѣть, что изъ свертка мало по малу начинаютъ выходить кровяныя тѣльца; свертокъ сѣживается все болѣе и болѣе, а прозрачная сыворотка мутнѣетъ и пріобрѣтаетъ красный цвѣтъ вслѣдствіе выселенія въ нее кровяныхъ тѣлецъ изъ свертка (рис. 8).

Если оставить теперь трубку въ покоѣ на сутки, содержащаяся въ ней кровь раздѣлится на 3 части: нижнюю часть занимаетъ красный слой кровяныхъ кѣтокъ; надъ этимъ слоемъ расположена желтоватая прозрачная сыворотка; въ сывороткѣ плаваетъ тоненькая бѣлая ниточка свертка.

Здѣсь свертокъ самопроизвольно раздѣлился на свои составныя части: 1) на свертокъ въ собственномъ смыслѣ слова, или такъ назыв. фибринъ (=волокинина) и 2) на кровяныя тѣльца, которыя были лишь механически захвачены нитями фибрина и при сокращеніи этихъ послѣднихъ были выдавлены изъ фибриной сѣти.

Итакъ, въ выпущенной крови, кромѣ кровяныхъ кѣтокъ, появляется еще новая твердая составная часть — фибринъ. Изъ какого элемента крови — кровяной жидкости, или тѣлецъ происходитъ фибринъ?

Вопросъ этотъ рѣшается слѣдующимъ опытомъ. Прибавляя къ крови, въ моментъ ея выпускаемаго изъ кровеноснаго сосуда, нѣкоторыхъ солей <sup>1)</sup> или сахара, удается задержать свертыванье крови на неопредѣленное время. При стояннн подготовленной такимъ образомъ крови въ холодномъ мѣстѣ, кровяныя тѣльца мало по малу отсѣдають на дно, образуя рѣзко отдѣленный отъ стоящей надъ ними жидкости слой. Взявши пробу жидкости, которая теперь освобождена уже отъ примѣси кровяныхъ тѣлецъ, и разведя ее водой, мы замѣтимъ, что кровяная жидкость и въ отсутствнн тѣлецъ способна свертываться такъ же, какъ и цѣльная кровь.

Прямой выводъ отсюда, что фибринъ образуется не изъ кровяныхъ тѣлецъ, а изъ жидкой части крови, кровяной плазмы.

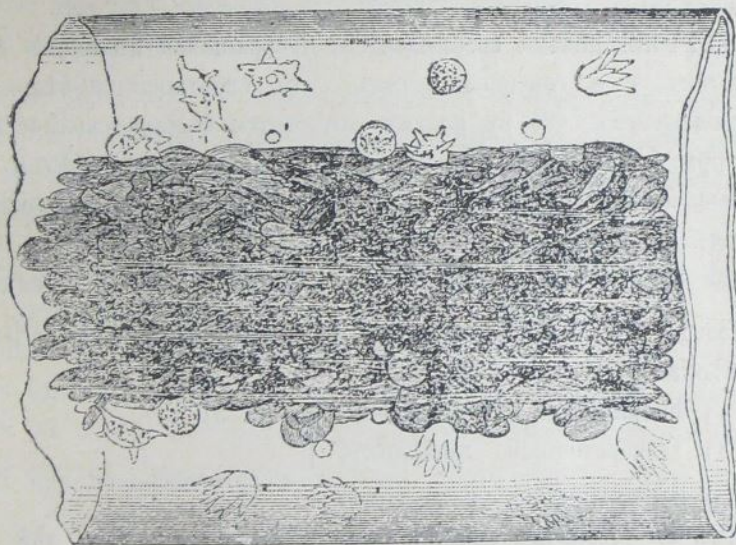


Рис. 8.

Резюмируя вышеописанные опыты, дѣлаемъ слѣдующее заключенн. Кровь внутри сосудовъ состоитъ изъ двухъ частей: 1) плазмы и 2) кровяныхъ тѣлецъ <sup>2)</sup>. Въ выпущенной же крови при свертываннн плазма разлагается, въ свою очередь, на двѣ части, выдѣляя свертокъ фибрина и отдѣляя жидкость, такъ назыв. кровяную сыворотку. Свернувшаяся кровь состоитъ, слѣдовательно, изъ трехъ частей: 1) сыворотки, 2) фибрина и 3) тѣлецъ.

При спокойномъ свертываннн крови свертокъ фибрина, распространяясь по всей жидкости, захватываетъ кровяныя тѣльца. Но это можно предотвратить, взбивая выпускаемую кровь палочкой или, лучше, вѣнничкомъ, употреб-

<sup>1)</sup> 1 часть насыщеннаго раствора горькой соли смѣшивается съ 3 частями крови.

<sup>2)</sup> Появляя подъ кровяными тѣльцами красныя кровяныя тѣльца, лейкоциты и пластинки.

ляемымъ для взбиванія сливокъ; выдѣляющійся фибринъ собирается при этомъ въ видѣ пучка эластическихъ нитей на палочкѣ, въ сосудѣ же остается смѣсь сыворотки съ кровяными тѣльцами, носящая названіе дефибринированной (т. е. лишенной фибрина) крови.

При изученіи состава крови и процессовъ, протекающихъ въ пей, мы раземотримъ отдѣльно плазму и кровяные тѣльца.

Для полученія плазмы всего проще прибавить къ лошадиной или коровьей крови въ моментъ ея выпусканія изъ сосудовъ  $\frac{1}{10}$  по объему однопроцентнаго раствора щавелевонатріевой соли. Кровь, смѣшенная съ этой солью, также теряетъ способность свертываться. Подвергая такую кровь отстаиванью на холоду и снимая пипеткой или сифономъ верхній слой прозрачной жидкости, мы и получаемъ плазму. Изучимъ ея свойства.

При кипяченіи плазма свертывается, превращаясь цѣликомъ въ непрозрачный сгустокъ, т. е. совершенно такъ, какъ свертывается бѣлокъ куриного яйца. Это показываетъ, что въ плазмѣ содержится большое количество бѣлковыхъ тѣлъ; при ближайшемъ изслѣдованіи ихъ свойствъ бѣлки кровяной плазмы оказываются различающимися другъ отъ друга во многихъ отношеніяхъ, между прочимъ и по температурѣ свертыванья. Этимъ послѣднимъ свойствомъ мы и воспользуемся для характеристики различныхъ бѣлковъ кровяной плазмы.

Въ плазмѣ, т. е. въ жидкой части крови до свертыванья содержатся 3 различныхъ бѣлка:

- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| 1) Фибриногенъ, свертывающійся при $56^{\circ}$ | } свертывающіеся при $75^{\circ}$ |
| 2) Сывороточный глобулинъ,                      |                                   |
| 3) Сывороточный альбуминъ.                      |                                   |

Сравнимъ съ составомъ плазмы составъ сыворотки, т. е. той жидкости, которая остается послѣ выдѣленія изъ плазмы фибрина.

Различіе въ составѣ бѣлковъ между той и другой жидкостью несомнѣнно должно быть, такъ какъ въ моментъ свертыванья изъ плазмы выдѣлился фибринъ, представляющій собой также бѣлковое тѣло. Очевидно, что это бѣлковое тѣло въ плазмѣ находилось въ растворенномъ видѣ, а при свертываньи выдѣлилось подобно тому, какъ многіе коллоиды выдѣляются изъ своихъ растворовъ въ пектозномъ состояніи.

Слѣдовательно, въ моментъ свертыванья какой то изъ трехъ вышеупомянутыхъ бѣлковъ плазмы перешелъ въ нерастворимое состояніе. Спрашивается, какой именно бѣлокъ превращается при свертываньи плазмы въ пектозную модификацію, другими словами, какой бѣлокъ плазмы служитъ матеріаломъ для образованія фибрина.

Такъ какъ сыворотка по своему происхожденію представляетъ не что иное, какъ плазму минусъ фибринъ, очевидно, что въ сывороткѣ мы не встрѣтимъ бѣлка, послужившаго матеріаломъ для образованія фибрина.

Въ сывороткѣ мы находимъ также 3 бѣлковыхъ тѣла, но они выдѣляются при другихъ температурахъ, чѣмъ въ плазмѣ, а именно:

1-й бѣлокъ сыворотки свертывается при 65°  
2-й и 3-й » » » при 75°

Мы видимъ, что въ сывороткѣ нѣтъ свертка при 56°, т. е. нѣтъ фибриногена; это значитъ, что фибриногенъ и служитъ матеріаломъ для образованія фибрина; онъ выдѣлился изъ плазмы въ видѣ фибрина во время свертыванья; поэтому мы и не находимъ фибриногена въ сывороткѣ.

Изъ двухъ свертковъ сыворотки послѣдній (при 75°) принадлежитъ, какъ и въ плазмѣ, сывороточному глобулину и альбумину, а первый свертокъ выдѣляющійся при 65°, состоитъ изъ новаго вещества, такъ назыв. фибриноглобулина, о происхожденіи котораго будетъ сказано ниже.

Изслѣдуя бѣлковый составъ сыворотки и плазмы, мы приходимъ къ заключенію, что матеріаломъ для образованія фибрина служитъ фибриногенъ, такъ какъ послѣдній въ моментъ свертыванья исчезаетъ, а вмѣсто него появляется фибринъ.

Но это доказательство, такъ сказать, отрицательнаго характера. Для большей убѣдительности требуется доказать, что растворъ чистаго фибриногена способенъ также къ самопроизвольному свертыванью, подобно крови. Фибриногенъ можетъ быть выдѣленъ изъ плазмы прибавкой къ ней равнаго объема насыщеннаго на холоду раствора поваренной соли. При этомъ образуется мелкохлопчатый осадокъ фибриногена, который можно отфильтровать и растворить въ водѣ.

Однако, такой растворъ фибриногена самопроизвольно не свертывается; стоитъ, впрочемъ, прибавить къ раствору фибриногена нѣсколько капель кровяной сыворотки, чтобы свертыванье произошло, и изъ раствора выдѣлились типичные хлопья фибрина. Слѣдовательно, для свертыванья фибриногена требуется присутствіе еще какихъ то веществъ, которыхъ нѣтъ въ чистомъ растворѣ фибриногена, но которыя присутствуютъ въ кровяной сывороткѣ.

Свертыванье фибриногена происходитъ подъ вліяніемъ особаго фермента; поэтому то чистый растворъ фибриногена самопроизвольно и не свертывается, такъ какъ онъ содержитъ лишь матеріалъ для образованія фибрина, но не содержитъ того дѣятеля (фермента), подъ вліяніемъ котораго происходитъ превращеніе растворимаго фибриногена въ нерастворимый фибринъ. Прибавляя къ фибриногенному раствору нѣсколько капель сыворотки, мы и вносимъ въ жидкость этотъ дѣятельный элементъ свертыванья, такъ какъ въ кровяной сывороткѣ фибринъ-ферментъ всегда содержится въ очень большихъ количествахъ.

Фибринъ-ферментъ можетъ быть выдѣленъ изъ сыворотки въ чистомъ видѣ. Для этого къ сывороткѣ прибавляютъ большое количество спирта и



оставляют смѣсь на нѣсколько мѣсяцевъ стоять. При этомъ бѣлки сыворотки переходятъ въ нерастворимое состояніе, ферментъ же сохраняетъ свою растворимость и можетъ быть извлеченъ изъ бѣлковаго свертка настаиваньемъ послѣдняго съ водой.

Полученный по описанному способу растворъ фибринъ-фермента (иначе называемаго тромбиномъ) энергично свертываетъ фибриногенные растворы. Изслѣдуя условия и способъ дѣйствія такого раствора, не трудно убѣдиться, что они въ точности соответствуютъ общему характеру ферментовъ, что и заставляетъ считать свертыванье крови ферментативнымъ процессомъ.

Такъ, подобно всѣмъ ферментамъ, тромбинъ вызываетъ свертыванье даже въ тѣхъ случаяхъ, когда въ растворѣ фермента содержатся лишь ничтожныя количества вещества. Въ одномъ изъ опытовъ Ал. Шмидта, напр., содержаніе органическаго вещества въ растворѣ тромбина равнялось всего 0,039%, причемъ, конечно, не все органическое вещество состояло изъ фермента, часть его, несомнѣнно, должна быть отнесена на примѣси. И, тѣмъ не менѣе, 2 куб. сантиметра этого раствора, несмотря на совершенно ничтожное содержаніе въ немъ дѣятельнаго вещества, свертывали 100 куб. сант. раствора фибриногена.

Эта почти безграничная способность тромбина вызывать химическія измѣненія въ ферментирующемъ матеріалѣ объясняется, какъ и въ случаѣ другихъ ферментовъ, тѣмъ, что по окончаніи ферментаціи ферментъ не разрушается.

Подобно всѣмъ ферментамъ, тромбинъ дѣйствуетъ наиболѣе энергично при 35—40°; при 0° дѣйствіе его прекращается, но достаточно нагрѣть жидкость, чтобы ферментъ проявилъ свое дѣйствіе. Наоборотъ, при 100° дѣйствіе фермента угасаетъ навсегда, такъ какъ при этой температурѣ ферментъ разрушается.

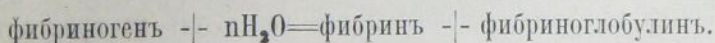
Всѣ перечисленныя свойства дѣятеля, превращающаго фибриногенъ въ фибринъ, заставляютъ думать, что этотъ дѣятель принадлежитъ къ ферментамъ и что свертыванье крови представляетъ собой своеобразную ферментацію, броженіе.

Дальше мы увидимъ, что большинство ферментовъ вызываетъ расщепленіе сложныхъ химическихъ соединений на болѣе простыя вещества. Подобное же дѣйствіе производитъ и фибринъ-ферментъ при свертываньи крови.

Если взять растворъ фибриногена и опредѣлить въ немъ содержаніе этого вещества, затѣмъ подвергнуть растворъ свертыванью и взвѣсить выдѣляющійся при томъ фибринъ, мы замѣтимъ несоотвѣтствіе между вѣсомъ взятаго для опыта фибриногена и вѣсомъ полученнаго изъ него фибрина: фибрина получается всегда меньше, чѣмъ можно было бы ожидать, еслибы весь фибриногенъ переходилъ въ фибринъ.

Это наблюденіе можно объяснить только въ томъ смыслѣ, что фибриногенъ подъ вліяніемъ тромбина распадается на два вещества и, такимъ образомъ, въ фибринъ мы встрѣчаемся лишь съ частью молекулы фибриногена.

Мы видѣли, что сыворотка отличается отъ плазмы въ двухъ отношеніяхъ. Въ сывороткѣ: 1) отсутствуетъ фибриногенъ, потребленный въ моментъ свертыванья и 2) появляется новое тѣло, котораго не было въ плазмѣ, а именно: фибриноглобулинъ (бѣлокъ свертывающійся при 65°). Такимъ образомъ, послѣ свертыванья изъ плазмы исчезло одно вещество (фибриногенъ), но вмѣсто него появились 2 новыхъ тѣла (фибринъ и фибриноглобулинъ). Единственно возможный выводъ отсюда тотъ, что фибриногенъ подъ вліяніемъ тромбина распался на два вещества: одно, остающееся въ растворѣ—фибриноглобулинъ, и другое, выпадающее въ видѣ нерастворимаго остатка—фибринъ. Схематично, дѣйствіе фибринъ-фермента на фибриногенъ можно, слѣдовательно, представить въ видѣ слѣдующаго уравненія

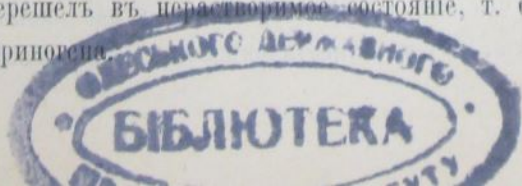


Однако выдѣленіе фибрина въ нерастворимомъ видѣ представляетъ собой, въ сущности, уже послѣдовательное явленіе, независящее отъ дѣйствія самаго фибринъ-фермента. Послѣдній расщепляетъ растворимый фибриногенъ на два также растворимыхъ бѣлка: фибриноглобулинъ и растворимый или такъ назыв. коллоидальный фибринъ. Выдѣленіе же коллоидальнаго фибрина въ нерастворимомъ видѣ основывается на стремленіи всѣхъ вообще коллоидовъ переходить въ нерастворимое, нектозное состояніе, особенно въ присутствіи солей. Коллоидальный фибринъ въ отсутствіи солей также не свертывается, не выдѣляется въ видѣ хлопьевъ обыкновеннаго фибрина.

Для доказательства участія солей въ свертываньи коллоидальнаго фибрина требуется приготовить растворы фибриногена и фибринъ-фермента, освобожденные, по возможности, отъ солей. Для этого фибриногенъ растворяютъ въ очень разведенной щелочи и подвергаютъ продолжительному діализу; также поступаютъ и съ растворомъ фибринъ-фермента. Черезъ нѣкоторое время всѣ соли продиффундируютъ изъ діализатора въ окружающую послѣдній воду, въ діализаторахъ же останется не содержащій солей, или, какъ говорятъ, беззольный растворъ фибриногена и тромбина.

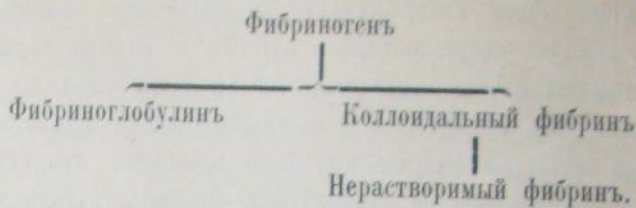
При смѣшиваніи такихъ беззольныхъ растворовъ фибриногена и фибринъ-фермента съ внѣшней стороны мы не замѣтимъ никакихъ признаковъ, по которымъ можно было бы судить о дѣйствіи фермента на фибриногенъ—смѣсь останется совершенно прозрачной и не выдѣлитъ ни малѣйшаго свертка.

Тѣмъ не менѣе, расщепленіе фибриногена происходитъ и въ этомъ случаѣ: фибриногенъ разлагается на фибриноглобулинъ и коллоидальный фибринъ, но послѣдній остается въ растворѣ благодаря отсутствію въ жидкости солей; стоитъ, однако, прибавить къ смѣси небольшое количество какой либо соли, чтобы коллоидальный фибринъ перешелъ въ нерастворимое состояніе, т. е. произошло типичное свертыванье фибриногена.



ИНВЕНТАР  
№ 2721

Такимъ образомъ, весь процессъ свертыванья фибриногенныхъ растворовъ схематично можетъ быть изображенъ въ слѣдующемъ видѣ



Первая часть процесса—расщепленіе фибриногена—обусловлена ферментативнымъ дѣйствіемъ тромбина; вторая часть—выдѣленіе нерастворимаго фибрина происходитъ уже безо всякаго участія фермента и основывается на общемъ свойствѣ коллоидальныхъ веществъ, склонности ихъ переходить въ присутствіи солей въ пектозное, нерастворимое состояніе.

Различныя соли обладаютъ различной способностью осаждать коллоидальный фибринъ въ нерастворимомъ видѣ; одни изъ нихъ вызываютъ осажденіе скорѣе, другія медленнѣе. Наиболе же энергично дѣйствуютъ известковыя соли. Это свойство известковыхъ солей послужило основаніемъ для теоріи свертыванья фибриногенныхъ растворовъ, предложенной Пекельгарингомъ. Согласно этой теоріи, фибринъ представляетъ собой нерастворимое соединеніе фибриногена съ известью, такъ сказать, известковую соль фибриногена. Задача же фибринъ-фермента состоитъ въ переносѣ известковыхъ солей, растворенныхъ въ кровяной плазмѣ, на фибриногенъ. До свертыванья, по Пекельгарингу, въ плазмѣ присутствуютъ въ несоединенномъ видѣ тѣ 3 вещества (фибриногенъ, известковыя соли и ферментъ), взаимнымъ соединеніемъ которыхъ и обуславливается въ дальнѣйшемъ выпаденіе нерастворимаго фибрина.

Фибриногенъ не можетъ самъ по себѣ соединиться съ известковыми солями, для этого соединенія нуженъ посредникъ, и этимъ то посредникомъ и является, по мнѣнію Пекельгаринга, фибринъ-ферментъ. Фибринъ-ферментъ захватываетъ содержащіяся въ плазмѣ известковыя соли, образуя съ ними химическое соединеніе. Но соединеніе это очень непрочное и легко разлагается на свои составныя части.

Въ моментъ разложенія этого соединенія известковыя соли не возвращаются, однако, обратно въ плазму, а передаются теперь фибриногену, который и образуетъ съ ними нерастворимое химическое соединеніе—фибринъ. Передавши, такимъ образомъ, известь изъ плазмы на фибриногенъ, фибринъ-ферментъ вновь становится свободнымъ и способенъ вновь черпать известковыя соли изъ плазмы и вновь переносить ихъ на фибриногенъ и т. д.

Теорія Пекельгаринга очень заманчива по своей простотѣ и, между прочимъ, потому, что она даетъ совершенно ясное понятіе о способѣ дѣйствія фибринъ-фермента. Къ сожалѣнію, провѣрочные опыты доказали ея несостоятельность.

Ал. Шмидтъ и Гаммарштенъ приготовляли растворы фибриногена и фибринъ-фермента, не содержащіе известковыхъ солей, или содержащіе лишь едва уловимые слѣды ихъ. Смѣшивая такіе растворы между собой, удается тѣмъ не менѣе получить типичное свертыванье, которое въ этомъ случаѣ, очевидно, происходитъ несогласно съ теоріей Пекельгаринга, такъ какъ въ жидкости не содержалось необходимыхъ по этой теоріи известковыхъ солей.

Наиболѣе интересный пунктъ (но и болѣе трудный для разрѣшенія) въ ученіи о свертываньи крови представляетъ вопросъ о томъ, какія причины вызываютъ свертыванье крови послѣ выпусканія ея изъ сосудовъ и почему кровь внутри кровеносныхъ сосудовъ не свертывается. Очевидно, что въ условіяхъ циркулирующей въ тѣлѣ и выпущенной крови существуетъ какая то разница, и эта разница появляется въ моментъ выпусканія крови изъ сосудовъ. Такимъ образомъ, намъ предстоитъ разобрать два вопроса: 1) что служитъ причиной измѣненія свойствъ крови при выпусканіи ея изъ кровеносныхъ сосудовъ и 2) въ чемъ состоятъ эти измѣненія.

Кровь при выпусканіи изъ сосуда претерпѣваетъ цѣлый рядъ физическихъ перемѣнъ; такъ, въ организмѣ кровь находится въ постоянномъ движеніи, послѣ кровопусканія это движеніе прекращается; въ сосудахъ кровь нагрѣта до температуры тѣла, послѣ кровопусканія она охлаждается до комнатной температуры; въ организмѣ живого животного кровь нигдѣ не приходитъ въ непосредственное соприкосновеніе съ атмосферой, выпущенная кровь при обыкновенныхъ условіяхъ соприкасается съ кислородомъ воздуха; наконецъ, циркулирующая въ организмѣ кровь находится постоянно въ соприкосновеніи съ живой \*) стѣнкой кровеносныхъ сосудовъ, послѣ кровопусканія кровь удаляется отъ вліянія живой сосудистой стѣнки и соприкасается съ постороннимъ тѣломъ, т. е. со стѣнками той посуды, куда кровь собирается.

Разберемъ значеніе всѣхъ описанныхъ физическихъ измѣненій для процесса свертыванья крови.

Прекращеніе движенія крови не можетъ служить причиной ея свертыванья, такъ какъ если поддерживать выпущенную кровь въ движеніи, напр., взбивая ее палочкой, кровь свертывается даже скорѣе, чѣмъ та же кровь, оставленная въ покойномъ состояніи. Точно также и охлажденіе крови при кровопусканіи не объясняетъ свертыванья, потому что охлажденіе, какъ показываетъ прямой опытъ, наоборотъ, понижаетъ стремленіе крови свертываться; быстро охлажденная до 0° кровь остается въ теченіе нѣсколькихъ сутокъ жидкой. Соприкосновеніе съ атмосферой не можетъ разсматриваться въ качествѣ причины свертыванья, такъ какъ если кровь выпустить изъ кровеноснаго сосуда такимъ образомъ, чтобы она, не приходя ни на одно мгновеніе въ соприкосновеніе съ воздухомъ, соб-

---

\*) т. е. построенной изъ живыхъ клѣтокъ.

ралась въ герметически замкнутомъ пространствѣ, несмотря на это, кровь тѣмъ не менѣ свертывается также скоро, какъ и при доступѣ воздуха.

Такимъ образомъ, исключивши вліяніе всѣхъ перечисленныхъ физическихъ перемѣнъ, происходящихъ съ кровью при кровопусканіи, мы приходимъ къ выводу, что причиной свертыванья крови можетъ служить или прекращеніе вліянія на кровь живой стѣнки сосуда, или соприкосновеніе выпущенной крови съ постороннимъ тѣломъ.

Вліяніе на кровь живой стѣнки сосудовъ доказывается слѣдующими опытами. Черепашьё или лягушьё сердце, вырѣзанное вмѣстѣ съ содержащейся въ немъ кровью, продолжаетъ еще нѣкоторое время биться. Но и тогда, когда біенія сердца прекращаются, кровь остается въ немъ жидкой въ теченіе нѣсколькихъ сутокъ. Кровь теплокровныхъ животныхъ также можно сохранить долгое время въ жидкомъ видѣ; если, напр., у лошади вырѣзать кусокъ вены вмѣстѣ съ содержащейся въ ней кровью—въ этомъ случаѣ кровь также не свертывается въ теченіе нѣсколькихъ сутокъ. Приведенные опыты показываютъ, что, находясь въ соприкосновеніи со стѣнкой кровеносныхъ сосудовъ, кровь, дѣйствительно, не имѣетъ стремленія свертываться.

Какъ же, однако, слѣдуетъ представлять себѣ вліяніе на кровь живой стѣнки сосудовъ? Можно думать, что стѣнка кровеносныхъ путей или 1) активно задерживаетъ свертыванье крови, быть можетъ, выдѣляя какія либо вещества, парализующія стремленіе крови свертываться, или же 2) стѣнка кровеносныхъ сосудовъ является лишь индифферентной по отношенію къ крови и не вызываетъ въ послѣдней тѣхъ измѣненій, которыя ведутъ къ свертыванью; другими словами, сосудистая стѣнка не препятствуетъ разъ начавшемуся свертыванью, но и не вызываетъ его.

Опытъ показываетъ, что вліяніе сосудистой стѣнки на кровь нужно представлять себѣ именно въ этомъ послѣднемъ смыслѣ; это доказывается тѣмъ, что послѣ введенія въ кровеносные сосуды живого животного постороннихъ предметовъ, напр., нитокъ, иголь, каучуковыхъ трубокъ и проч., эти предметы покрываются въ сосудахъ кровяными свертками. Еслибы живая стѣнка кровеносныхъ сосудовъ активно задерживала свертыванье крови, то это задерживающее вліяніе оказалось бы и въ описанныхъ опытахъ и свертковъ вокругъ постороннихъ предметовъ не могло бы образоваться. Слѣдовательно, кровь, находящаяся въ соприкосновеніи съ живой сосудистой стѣнкой, не свертывается потому, что послѣдняя не вызываетъ въ крови тѣхъ измѣненій, которыя ведутъ къ свертыванью. Какъ только же кровь соприкасается съ какимъ либо постороннимъ предметомъ, напр. стѣнками стеклянной посуды и проч., тотчасъ же въ крови происходитъ рядъ измѣненій, ведущихъ въ концѣ концовъ къ свертыванью крови.

Разберемъ, далѣе, второй вопросъ: въ чемъ состоятъ эти измѣненія?

Измѣненія, происходяція въ крови при кровопусканіи, тѣснѣйшимъ образомъ связаны съ гибелью бѣлыхъ кровяныхъ клѣтокъ въ выпущенной крови.

Считая число бѣлыхъ тѣлецъ до свертыванья, можно замѣтить, что въ теченіе того небольшого промежутка времени, которое протекаетъ отъ момента кровопусканія до момента свертыванья, количество бѣлыхъ тѣлецъ въ крови уменьшается въ очень большомъ масштабѣ. Разрушаясь, лейкоциты отдають въ кровяную плазму тѣ вещества, которыя входили въ составъ ихъ протоплазмы; можно думать, что эти то вещества и вызываютъ свертыванье крови.

Это предположеніе объ участіи лейкоцитовъ въ свертываньи крови подтверждается и путемъ прямыхъ опытовъ.

Кровь, быстро охлажденная во время кровопусканія до 0°, какъ упомянуто, сохраняется въ жидкомъ видѣ довольно долгое время. За это время красныя кровяныя тѣльца успѣвають осѣсть на дно сосуда, равно какъ и бѣлая часть бѣлыхъ тѣлецъ. Однако, нѣкоторое количество этихъ послѣднихъ остается взвѣшеннымъ въ плазмѣ; поэтому, при повышеніи температуры такая плазма быстро свертывается. Если же предварительно отфильтровать взвѣшенные въ плазмѣ лейкоциты, то такая, не содержащая бѣлыхъ тѣлецъ, плазма даже и при комнатной температурѣ остается жидкой.

Изъ приведеннаго опыта ясно видно значеніе лейкоцитовъ для свертыванья. То же самое подтверждается слѣдующимъ наблюденіемъ.

Изъ охлажденной до 0° плазмы при стояніи ея большая часть лейкоцитовъ осѣдаетъ на дно сосуда, такъ что наибольшее количество бѣлыхъ тѣлецъ содержится въ самомъ нижнемъ слое, по направленію же кверху число ихъ въ различныхъ слояхъ жидкости постепенно уменьшается. Послѣ нагрѣванія до комнатной температуры свертыванье такой плазмы начинается именно съ нижнихъ, наиболѣе богатыхъ лейкоцитами слоевъ жидкости и лишь мало по малу свертокъ распространяется кверху и, наконецъ, охватываетъ всю жидкость. Но и тогда въ нижнихъ слояхъ свертокъ гораздо тверже, компактнѣе, чѣмъ въ верхнихъ.

Приведенные опыты указываютъ, что свертыванье выпущенной крови стоитъ въ близкой зависимости отъ распада лейкоцитовъ, т. е. отъ перехода въ плазму тѣхъ веществъ, которыя составляютъ протоплазму бѣлыхъ кровяныхъ клѣтокъ.

Прибавляя къ охлажденной и фильтрованной плазмѣ, которая сама по себѣ не свертывается, или свертывается очень медленно, лейкоцитовъ, а также клѣтокъ другого происхожденія, напр., дрожжей, одноклѣточныхъ животныхъ, плѣсени, бактерій и проч., можно убѣдиться, что всякая вообще протоплазма, изъ какой бы клѣтки она ни происходила, вызываетъ свертыванье кровяной плазмы.

Болѣе интимная сторона дѣйствія протоплазмы на кровяную плазму состоитъ въ слѣдующемъ. Для свертыванья крови требуется одновременное присутствіе въ крови 3 веществъ: 1) фибриногена, 2) фибринъ-фермента и 3) солей.

Фибриногенъ и соли всегда содержатся въ плазмѣ въ достаточномъ количествѣ, но не то нужно сказать относительно фибринъ-фермента или тромбина. Въ крови, циркулирующей въ сосудахъ живого животнаго, тромбинъ, правда, всегда содержится, но лишь въ видѣ ничтожныхъ слѣдовъ, которые способны были бы вызвать свертыванье крови лишь черезъ сутки и болѣе. Но въ крови находится вещество, изъ котораго при нѣкоторыхъ условіяхъ образуется тромбинъ; въ крови содержится предварительная ступень фибринъ-фермента, его зимогенъ или, какъ его называютъ, протромбинъ. Протромбинъ неспособенъ вызывать свертыванья крови; стоитъ, однако, подѣйствовать на протромбинъ, напр. разведенной щелочью, чтобы онъ превратился въ готовый тромбинъ и получилъ способность свертывать кровь.

Участіе лейкоцитовъ въ свертываньи крови и сводится именно на превращеніе протромбина въ тромбинъ. Въ протоплазмѣ бѣлыхъ кровяныхъ шариковъ содержится цѣлый рядъ веществъ, которыя способны, подобно щелочамъ, превращать протромбинъ въ дѣятельный фибринъ-ферментъ. Эти вещества носятъ названіе зимопластическихъ, т. е. ферменто-образующихъ веществъ.

При разрушеніи лейкоцитовъ въ выпущенной крови содержащіяся въ протоплазмѣ послѣднихъ зимопластическія вещества выходятъ въ плазму и здѣсь превращаютъ протромбинъ въ тромбинъ, въ результатѣ чего и получается громадное накопленіе въ плазмѣ дѣятельнаго фибринъ-фермента, благодаря чему кровь и свертывается очень быстро.

Такимъ образомъ, послѣдовательный ходъ явленій, происходящихъ при свертываньи выпущенной крови можетъ быть изображенъ въ видѣ слѣдующей схѣмы: 1) соприкосновеніе съ постороннимъ тѣломъ, ведущее къ 2) разрушенію лейкоцитовъ и 3) переходу зимопластическихъ веществъ въ плазму; 4) превращеніе протромбина подѣйствіемъ зимопластическихъ веществъ въ тромбинъ; 5) расщепленіе фибриногена тромбиномъ на фибриноглобулинъ и растворимый фибринъ и 6) превращеніе растворимаго фибрина подѣйствіемъ солей въ пектозное состояніе, т. е. выпаденіе свертка.

Но разрушеніе бѣлыхъ кровяныхъ тѣлецъ происходитъ, хотя и въ незначительномъ объемѣ, и внутри кровеносныхъ сосудовъ, въ крови, циркулирующей въ живомъ организмѣ. Почему же здѣсь дѣло не доходитъ до свертыванья?

Если вспрыснуть животному прямо въ кровь большое количество фибринъ-фермента или мертвыхъ лейкоцитовъ, кровь можетъ свернуться и внутри кровеносныхъ сосудовъ. Однако, при вспрыскиваньи не очень большого количества фермента внутрисосудистаго свертыванья не происходитъ, а черезъ нѣкоторое время послѣ вспрыскиванья кровь теряетъ способность свертываться даже при кровоупеканіи.

Этотъ опытъ показываетъ, что животный организмъ обладаетъ какими то защитительными приспособленіями, позволяющими ему бороться съ внутрисосудистымъ свертываньемъ крови, парализующими дѣйствіе фибринъ-фермента.

«Въ извѣстномъ смыслѣ», говоритъ Ал. Шмидтъ: «можно сказать, что протоплазма, вводимая въ кровеносные сосуды, имѣетъ стремленіе дѣйствовать на циркулирующую кровяную жидкость въ томъ же направленіи, какъ она дѣйствуетъ на кровяную плазму въ пробиркѣ, т. е. происходитъ образованіе фермента и дѣло можетъ дойти даже до внутрисосудистаго свертыванья. Но почти тотчасъ же заявляютъ о себѣ противоположныя вліянія, ограничивающія или и вовсе уничтожающія первый эффектъ; затѣмъ мало по малу все приходитъ въ равновѣсіе. Доходитъ ли дѣло до внутрисосудистаго свертыванья, или нѣтъ—это зависитъ отъ того, какое сопротивленіе можетъ при данныхъ условіяхъ оказать организмъ. Если ему удастся преодолѣть непосредственное вредное вліяніе введенныхъ клѣтокъ, можно надѣяться, что онъ отдѣлывается отъ него навсегда»

Эти защитительныя силы организма въ борьбѣ со свертываньемъ заключаются также въ протоплазмѣ клѣтокъ, именно, въ бѣлковыхъ веществахъ ея. Шмидтъ получилъ изъ различныхъ клѣтокъ цѣлый рядъ бѣлковыхъ тѣлъ, которыя замедляютъ свертыванье или совершенно останавливаютъ его.

Благодаря этому, не смотря на то, что и въ живомъ организмѣ происходитъ разрушеніе лейкоцитовъ, сопровождаемое постояннымъ образованіемъ фермента, это не ведетъ къ внутрисосудистому свертыванью, потому что живой организмъ борется противъ свертыванья, выдѣляя въ кровяную плазму вышеупомянутыя бѣлковыя тѣла, парализующія дѣйствіе фибринъ-фермента.

При кровопусканіи, вслѣдствіе массоваго распада бѣлыхъ кровяныхъ тѣлецъ, количество фермента въ крови быстро возрастаетъ до очень большихъ величинъ. Но такъ какъ выпущенная кровь уже отдѣлена отъ организма, то препятствующія свертыванью вещества не могутъ, очевидно, быть выдѣлены въ плазму; получаетъ преобладаніе фибринъ-ферментъ—и наступаетъ свертыванье.

---

Бѣлки составляютъ преобладающую по количеству составную часть твердыхъ веществъ кровяной плазмы.

Прочія органическія вещества содержатся въ крови лишь въ очень небольшомъ количествѣ: сюда относятся, напр., сахаръ, жиръ, сложный фосфористый жиръ—лецитинъ; перечисленныя тѣла по своему физиологическому значенію должны быть поставлены наряду съ бѣлками. Подобно бѣлкамъ, сахаръ, жиръ и лецитинъ представляютъ собой питательный матеріалъ для тканей и органовъ, доставляемый къ послѣднимъ кровью.

Эти вещества во время циркуляціи крови по капиллярамъ переходятъ въ межкѣлочныя пространства и захватываются клѣтками внутри ихъ тѣла; слѣ-



довательно, здѣсь идетъ токъ питательныхъ веществъ изъ крови въ клетку. По замѣнѣ этихъ питательныхъ веществъ, кровь получаетъ изъ клетки продукты, образовавшіеся въ послѣдней вслѣдствіе разрушенія бѣлка протоплазмы, такъ что между кровью и клеткой происходитъ взаимный обмѣнъ составными частями: кровь уступаетъ клеткѣ питательный матеріалъ, который въ будущемъ послужитъ для физиологическаго сгорания; клетка же отдаетъ крови продукты предшествовавшаго сгорания питательнаго матеріала.

Омывая всѣ ткани, кровь захватываетъ и уноситъ съ собой тѣ вещества, которыя и образуются въ тканяхъ вслѣдствіе физиологическаго распада бѣлка, входящаго въ составъ клеточной протоплазмы; поэтому, кромѣ питательнаго матеріала, кровь содержитъ въ себѣ и продукты разрушенія этого питательнаго матеріала въ клеткахъ, продукты обмѣна веществъ послѣднихъ.

Сюда относятся мочевины, мочева кислота, креатинъ, карбаминовая кислота, молочная кислота.

Бѣлки крови не представляютъ собой еще истиннаго живаго вещества, кровяная плазма не обнаруживаетъ и не можетъ обнаруживать никакихъ жизненныхъ явленій; только послѣ перехода въ протоплазму клетокъ бѣлки крови вступаютъ въ область жизни въ собственномъ смыслѣ; словомъ, бѣлки кровяной плазмы—это еще будущее живое вещество; на ряду съ ними, какъ упомянуто, въ крови присутствуютъ продукты обмѣна веществъ тканей, т. е. отбросы, шлаки жизненнаго процесса. Мочевина, карбаминовая кислота и проч. образовались въ клеткахъ вслѣдствіе распада живаго бѣлка. Выражаясь фигурально, въ крови рядомъ съ будущимъ живымъ веществомъ—бѣлками, присутствуетъ бывшее живое вещество—карбаминовая кислота, мочевины и проч.

Содержаніе вышеописанныхъ веществъ въ кровяной сывороткѣ показано въ слѣдующей таблицѣ.

Въ 100 чч. кровяной сыворотки человѣка содержится:

Воды . . . . .	90,79%
Бѣлковъ . . . . .	7,62»
Лецитина, жира, мочевины и проч. . . . .	0,71»
Солей . . . . .	0,88»

## КРОВЕОБРАЩЕНИЕ.

Такъ какъ кровь движется внутри кровеноснаго русла по системѣ замкнутыхъ трубокъ, то, очевидно, для правильного пониманія процессовъ кровообращенія необходимо имѣть ясное представленіе о физической сторонѣ этого явленія и разобрать физическія условія теченія жидкостей по трубкамъ, по крайней мѣрѣ, съ качественной стороны.

Для простоты мы возьмемъ самый несложный случай: передъ нами бутылка (рис. 9), около дна которой находится отверстіе, а въ это отверстіе вставлена стеклянная трубка. Изучимъ условія теченія жидкости по этой трубкѣ.

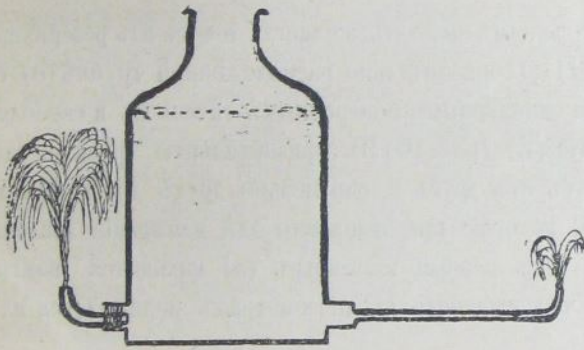


Рис. 9.

Благодаря давленію столба жидкости въ бутылкѣ, каждая частица жидкости около дна бутылки, если только предоставитъ ей возможность, стремится выйти изъ бутылки, она давитъ на стѣнки бутылки, и если въ данномъ мѣстѣ въ стѣнкѣ бутылки провертѣть дырочку, то жидкость

изъ бутылки полетѣтъ струей съ извѣстной скоростью. Скорость эта, какъ гласитъ теорема Торричелли, равняется той скорости, которую приобрѣла бы частица жидкости, если-бы она упала отъ уровня жидкости въ бутылкѣ до уровня вытечнаго отверстія. Что произойдетъ, если мы въ вытечное отверстіе вставимъ загнутую трубку, направленную отверстіемъ вверхъ? Извѣстно, что при паденіи на землю всякое тѣло приобретаетъ живую силу, которой вполне достаточно, чтобы поднять это тѣло какъ разъ до той высоты, съ которой оно упало. Въ тѣхъ случаяхъ, когда, какъ напр., въ мячикѣ, гдѣ при ударѣ о землю изъ этой живой силы теряется очень небольшая доля, мы видимъ, что мячикъ и подпрыгиваетъ приблизительно на ту высоту, съ которой онъ былъ брошенъ. Я говорю приблизительно, такъ какъ и въ случаѣ паденія мячика въ воздухъ часть живой силы его тратится на сопротивленіе воздуха, часть ея переходитъ въ тепло при ударѣ мячика о подставку. Наша частица жидкости у вытечнаго отверстія, какъ уже сказано, имѣетъ такую-же скорость, какъ если-бы она упала съ поверхности, т. е. она обладаетъ у вытечнаго отверстія такой живой силой, которая способна поднять ее на ту высоту, съ которой она упала, т. е. до уровня жидкости. Это и оправдывается опытомъ. Разница между уровнемъ жидкости въ бутылкѣ и высотой, на которую

поднялся фонтанъ,—небольшая; она обуславливается нечистотой постановки и некоторыми побочными условиями, о которыхъ я скажу послѣ. Во всякомъ случаѣ, въ общемъ подтверждается то, что мы ожидали: жидкость бьетъ фонтаномъ, почти достигающимъ уровня жидкости въ широкой трубкѣ, и, слѣдовательно, жидкость при вытеченіи изъ отверстия дѣйствительно имѣетъ такую же скорость, какъ если-бы она упала съ поверхности жидкости.

Продѣлаемъ теперь другой опытъ. Заставимъ жидкость прежде, чѣмъ она образуетъ фонтанъ, пробѣгать по длинной и сравнительно неширокой стеклянной трубкѣ (рис. 9). Мы видимъ, что жидкость издѣсь бьетъ фонтаномъ, но высота этого фонтана значительно не достигаетъ высоты уровня въ бутылкѣ, слѣдов. и живая сила частицы жидкости стала меньше, на что-то израсходовалась. Спрашивается, на что же израсходовалась живая сила въ нашемъ случаѣ?

Отвѣтъ на это дается слѣдующимъ опытомъ: жидкость течетъ изъ резервуара (М) подъ постояннымъ давленіемъ (Н) по горизонтально расположенной трубкѣ (о) съ наружу подвижными стѣнками одинаковымъ поперечнымъ сѣченіемъ и свободно изливается чрезъ вытечное отверстие (Е) (рис. 10). Въ горизонтальную трубку вставлены въ одинаковомъ разстояніи другъ отъ друга и паралельно другъ другу манометры (а, в, с и d) (піезометры), которые предназначены для измѣренія давленія въ разныхъ точкахъ трубки, при чемъ первый манометръ (а) находится возлѣ самаго резервуара. Мы видимъ, что жидкость въ піезометрахъ поднимается на раз-

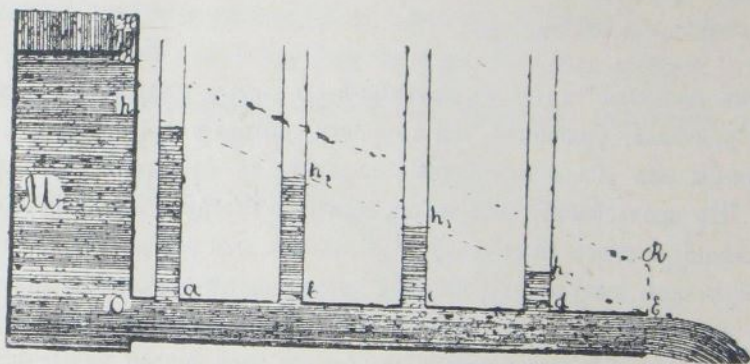


Рис. 10.

личныя высоты ( $h_1, h_2, h_3$  и  $h_4$ ). Очевидно, что жидкость, протекающая по трубкѣ, давитъ на стѣнку трубки съ силой, равной давленію столба жидкости, такъ какъ только въ этомъ случаѣ слой жидкости у основанія піезометра можетъ находиться въ покоѣ—на него сверху давитъ столбъ жидкости, а снизу—съ такою же силой давитъ протекающая мимо струя. Давленіе это непрерывно падаетъ отъ резервуара къ вытечному отверстию. Спрашивается, какое значеніе въ самомъ процессѣ протеканія жидкости по трубкѣ должно быть придано этимъ высотамъ давленія?

Это выяснится тотчас-же, если мы сообразимъ нѣкоторыя количественныя отношенія. Если мы сравнимъ высоты жидкости въ піезометрахъ, то мы замѣтимъ, что въ ближайшемъ къ вытечному отверстію піезометрѣ (d) жидкость стоитъ на нѣкоторой высотѣ ( $h_1$ ); въ слѣдующемъ піезометрѣ (c), расположенномъ на разстояніи вдвое большемъ отъ вытечнаго отверстія, жидкость стоитъ на высотѣ ( $h_2$ ), которая ровно вдвое больше первой; въ третьемъ съ конца піезометрѣ (b) высота стоянія жидкости ( $h_3$ ) втрое больше—и разстояніе этого піезометра отъ вытечнаго отверстія также втрое больше, чѣмъ разстояніе 1-го піезометра. Слѣдов., есть какая то зависимость между давленіемъ жидкости на стѣнку и протеканіемъ жидкости по трубкѣ, такъ какъ по мѣрѣ протеканія жидкости высоты давленія падаютъ и притомъ падаютъ прямо пропорціонально тому пути, по которому жидкость протекла.

Сравнимъ сумму энергіи, которой обладаетъ частица жидкости въ двухъ различныхъ мѣстахъ трубки, соотвѣтствующихъ двумъ различнымъ піезометрамъ. Она складывается изъ скорости теченія и давленія на стѣнку. Скорость теченія по всей длинѣ трубки одинакова, такъ какъ если-бы было иначе, жидкость въ одномъ мѣстѣ трубки скоплялась-бы, въ другомъ бы разрѣжалась. Слѣдов., энергія частицы на пространствѣ между первымъ и вторымъ піезометрами уменьшилась, очевидно, на что-то истратилась, такъ какъ одно изъ слагаемыхъ, изъ которыхъ составляется эта энергія (давленіе)—уменьшилась. Эта трата явнымъ образомъ находится въ связи съ движеніемъ жидкости по длинѣ трубки, такъ какъ чѣмъ дальше продвигается частица по трубкѣ, тѣмъ больше теряетъ она свойственной ей энергіи. Всякое движеніе матеріальныхъ частицъ въ матеріальной средѣ связано, какъ извѣстно, съ треніемъ. Очевидно, что треніе должно быть на лицо и въ случаѣ движенія струи жидкости по трубкѣ; оно и на самомъ дѣлѣ здѣсь присутствуетъ. Но не слѣдуетъ представлять себѣ, что треніе происходитъ на границѣ между жидкостью и стѣнкой трубки. Опытъ показываетъ, что здѣсь то именно никакого тренія нѣтъ, т. к. самый внѣшній, пристѣночный слой жидкости остается все время въ покоѣ. Треніе же происходитъ между различными слоями жидкости благодаря тому, что центральные слои движутся всего быстрѣе, а периферическіе всего медленнѣе.

Возьмемъ стеклянную широкую трубку, наполнимъ ее водою, въ которой взмучено плауновое сѣмя (дѣтская присыпка), и обратимъ вниманіе на движеніе частичекъ при истеченіи воды. Оказывается, сѣмячки, непосредственно прилегающія къ стѣнкамъ трубки, вовсе не двигаются, ближайшія къ нимъ двигаются медленно, и чѣмъ ближе къ центру трубки, тѣмъ движеніе ихъ быстрѣе; наибольшей же быстроты движеніе ихъ достигаетъ въ самомъ центрѣ. Это явленіе указываетъ на то, что тренія между внутренними стѣнками трубки и частицами воды не происходитъ, такъ какъ периферическій слой воды прилипаетъ къ стѣнкамъ трубки, остается неподвижнымъ и образуетъ, такимъ образомъ, какъ-бы жидкую стѣнку; треніе-же происходитъ только между частицами самой воды.

Итакъ, жидкость при теченіи по трубкѣ испытываетъ сопротивленіе движенію въ видѣ внутренняго тренія различныхъ слоевъ жидкости другъ о друга.

На преодоленіе этого-то сопротивленія, очевидно, и тратится та часть силы, потерю каковой мы замѣтили на показаніяхъ манометровъ. Такъ какъ трубка, по которой течетъ жидкость, по всему протяженію имѣетъ одинаковый калибръ, то очевидно, что сопротивленіе на данномъ участкѣ трубки пропорціонально длинѣ этого участка. Если мы послѣдовательно соединимъ прямыми уровни, начиная съ 1-го манометра (а) и кончая вытечнымъ отверстіемъ (Е), гдѣ уровень т. е. сила давленія = нулю, то замѣтимъ, что всѣ эти отрезки прямыхъ сольются въ одну прямую (hE), что указываетъ на то, что давленіе уменьшается равномерно по длинѣ трубки. У самаго начала трубки давленіе всего выше, у вытечнаго отверстія оно равно нулю. Чѣмъ далѣе отодвигаемся мы отъ начала трубки, т. е. чѣмъ меньшій путь остается пройти жидкости по трубкѣ, — тѣмъ меньше становится давленіе жидкости.

Изъ всего вышеизложеннаго можно сдѣлать слѣдующій выводъ: въ каждомъ пунктѣ трубки давленіе прямо пропорціонально тому пути, который еще остается жидкости пройти до конца трубки, или сопротивленію, которое ей еще остается преодолѣть.

Продолживъ линію, соединяющую уровни жидкости въ піезометрахъ, до сосуда давленія (рис. 10), мы замѣтимъ, что конецъ этой линіи упирается въ стѣнку сосуда не на уровнѣ жидкости въ немъ (Н), а нѣсколько ниже (h). Слѣдовательно, вся высота давящаго столба жидкости (т. е. вся движущая сила) разбивается на двѣ неравныя части: нижній столбъ (Oh) изображаетъ собой ту часть движущей силы, которая соотвѣтствуетъ давленію жидкости у самаго начала трубки, т. е. тратится на преодоленіе сопротивленія при движеніи по длинѣ всей трубки. Верхняя — меньшая часть давящей силы (hH) соотвѣтствуетъ той ея величинѣ, которая переходитъ, собственно, въ движеніе, которая утилизируется на то, чтобы сообщить частицамъ жидкости извѣстную скорость — это высота скорости. Если мы загнемъ трубку у вытечнаго отверстія вверхъ и заставимъ, такимъ образомъ, жидкость бить здѣсь фонтаномъ, мы убѣдимся, что при правильно подобранныхъ условіяхъ этотъ фонтанъ поднимется какъ разъ на ту высоту, которая соотвѣтствуетъ высотѣ скорости (hH) въ сосудѣ давленія, впрочемъ, съ нѣкоторой поправкой. Высота фонтана будетъ меньше высоты скорости въ сосудѣ на нѣкоторую небольшую величину (hR), отдѣленную на рисункѣ отъ высоты скорости верхней горизонтальной чертой. Давящая сила этого небольшого столба жидкости тратится на преодоленіе сопротивленія жидкости при переходѣ изъ широкаго сосуда въ узкую трубку; здѣсь возникаютъ неправильные токи жидкости, такъ называемые вихри, на которые бесполезно и затрачивается нѣкоторая часть движущей силы.

Такимъ образомъ, изъ разсмотрѣнія рисунка ясно слѣдуетъ, что изъ всей движущей силы жидкости только небольшая часть переходитъ въ скорость, т. е. въ движеніе, бѣльшая-же часть ея идетъ на преодоленіе внутренняго тренія жидкости, т. е. превращается въ боковое давленіе жидкости.

Подъ скоростью теченія нужно понимать, какъ извѣстно, длину пути, которую проходитъ частица жидкости въ одну секунду. Однако, если мы припомнимъ вышеприведенный опытъ съ плауновымъ семѣнемъ, то мы неизбежно должны задать себѣ вопросъ, скорость какой же частицы мы имѣемъ въ виду, когда говоримъ о скорости теченія жидкости. Мы видѣли что различные слои жидкости текутъ съ неравной скоростью—центральные скорѣе, периферическіе медленнѣе. Ясное дѣло, что измѣрить скорость каждой отдѣльной частицы очень затруднительно, да это и не имѣло бы практическаго значенія: мы получили-бы длинный рядъ цифръ для скоростей различныхъ слоевъ жидкости; для того, чтобы на основаніи этихъ цифръ составить себѣ понятіе о томъ, какое же количество жидкости протекаетъ въ секунду черезъ данный поперечный разрѣзъ трубки, пришлось бы взять нѣкоторую среднюю скорость изъ этихъ различныхъ скоростей и на основаніи ея производить вычисленія. По этому принято прямо опредѣлять среднюю скорость движенія водяныхъ частицъ, помня лишь, что эта средняя скорость есть величина не реальная, а нѣкоторая абстракція, нѣкоторая статистическая цифра. При этомъ предполагается, что различные слои жидкости текутъ съ одинаковой скоростью.

Представимъ себѣ, что въ трубку, по которой движется жидкость, вставлена сплошная стеклянная круглая палочка, цѣликомъ выполняющая внутренній просвѣтъ трубки и движущаяся по трубкѣ (подъ вліяніемъ проталкивающей ея струи) съ такимъ же треніемъ, съ какимъ движется сама жидкость. Очевидно, что путь, который пройдетъ въ одну секунду конецъ этой палочки, и будетъ представлять собой среднюю скорость теченія жидкости, такъ какъ жидкость течетъ съ такою же скоростью, съ которой движется стеклянная палочка.

Въ 1 секунду изъ вытечнаго отверстія, площадь котораго пусть равняется 1 квадр. сантиметру, вытекаетъ, положимъ, 10 куб. сантим. жидкости. Если мы представимъ себѣ, что различные слои жидкости имѣютъ одинаковую скорость, мы можемъ сказать что въ 1 секунду изъ трубки вытолкнуть цилиндръ жидкости длиною въ 10 сантиметровъ. Это и будетъ скорость теченія. Такимъ именно образомъ она и опредѣляется. Предположимъ, что въ теченіи 5 секундъ чрезъ отверстіе трубки вытекло 500 кубическихъ сантиметровъ жидкости и что площадь этого отверстія равна 10 квадр. сантиметрамъ. Вытекающую жидкость мы можемъ представить себѣ въ видѣ высокаго цилиндра изъ этой жидкости, при чемъ площадь основанія этого цилиндра равна площади вытечнаго отверстія трубки. Изъ геометріи мы знаемъ, что высота цилиндра равна объему его, раздѣленному на площадь основанія; слѣдов., въ нашемъ цилиндрѣ высота=500

куб. сан.: 10 кв. с. = 50 сан.; но эта высота получилась въ теченіи 5 секундъ, въ одну же секунду она будетъ въ 5 разъ меньше = 50 с. : 5 = 10 с. Итакъ, въ 1 секунду вытекаетъ столбъ жидкости длиною въ 10 сан.; эти то 10 сант. въ 1 секунду и есть скорость теченія въ данномъ случаѣ.

Прежде чѣмъ перейти къ другимъ случаямъ теченія жидкости по трубкамъ, мы рассмотримъ слѣдующій опытъ (рис. 11).

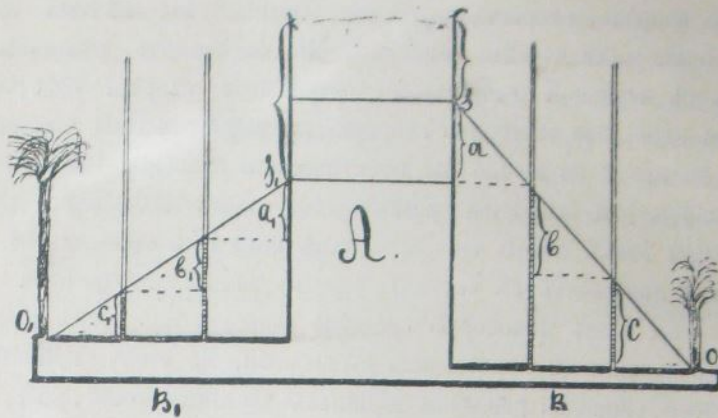


Рис 11.

На данномъ рисункѣ мы имѣемъ: резервуаръ (А), наполненный до верху жидкостью; отъ резервуара отходятъ двѣ одинаковой длины трубки: одна (В) съ узкимъ просвѣтомъ и другая (В<sub>1</sub>) съ широкимъ. Въ обѣихъ трубкахъ, какъ и въ предыдущемъ опытѣ, расположены манометры на одинаковомъ разстояніи другъ отъ друга въ обѣихъ трубкахъ. Разсматривая уровни въ манометрахъ при одновременномъ теченіи жидкости по обѣимъ трубкамъ, мы замѣчаемъ слѣдующее: уровни въ манометрахъ, расположенныхъ въ узкой трубкѣ, понижается сильнѣе, чѣмъ въ манометрахъ, расположенныхъ въ широкой трубкѣ. Это видно и изъ разницы въ уровняхъ (а, в, с и а<sub>1</sub>, в<sub>1</sub>, с<sub>1</sub>): а > а<sub>1</sub>, в > в<sub>1</sub> и с > с<sub>1</sub>, и изъ наклона линій (SO и S<sub>1</sub>O<sub>1</sub>), соединяющихъ уровни въ манометрахъ: линія SO падаетъ гораздо круче, чѣмъ линія S<sub>1</sub>O<sub>1</sub>. Слѣдовательно, въ широкой трубкѣ жидкость должна преодолѣть меньше сопротивленія, чѣмъ въ узкой, т. е. сопротивленіе при теченіи жидкости по трубкамъ обратно пропорціонально поперечнымъ сѣченіямъ трубокъ.

Такъ какъ движущая сила (высота жидкости въ сосудѣ) для широкой и для узкой трубки одна и та же, и такъ какъ изъ этой движущей силы въ широкой трубкѣ на преодоленіе сопротивленія тратится меньше, чѣмъ въ узкой, то очевидно, что скорость теченія въ широкой трубкѣ должна быть большая, чѣмъ въ узкой—, и это потому, что, благодаря меньшему сопротивленію, большая часть давящей силы превращается въ движеніе (въ скорость). Соответствен-

но этому фонтанъ на концѣ широкой трубки бьетъ выше, чѣмъ на концѣ узкой трубки.

Такое отношеніе между величиной просвѣта и скоростью теченія жидкости наблюдается, однако, только въ томъ случаѣ, когда существуютъ 2 независимыхъ одинъ отъ другого тока жидкости, когда широкая и узкая трубки образуютъ 2 совершенно самостоятельныя, независимыя другъ отъ друга системы, получающія лишь движущую силу изъ одного источника. Но совершенно другое отношеніе получится въ томъ случаѣ, когда на одномъ и томъ же пути русло то суживается, то расширяется. Здѣсь въ явленіе замѣшивается несжимаемость жидкости, благодаря которой объемъ жидкости, протекающей черезъ каждое поперечное сѣченіе трубки, долженъ оставаться постояннымъ, все равно, какъ бы велико ни было это поперечное сѣченіе. Если бы дѣло обстояло иначе и если бы, напр., чрезъ расширенное мѣсто пути протекало въ 1 секунду большее количество жидкости, а чрезъ суженное—меньшее количество, въ такомъ случаѣ та жидкость, которая протекаетъ отъ расширеннаго мѣста къ суженному, не успѣвала бы стечь чрезъ суженное мѣсто и предъ суженіемъ должна была-бы накапливаться жидкость. Но стѣнки трубки неподатливы и жидкость несжимаема; слѣдов., емкость трубки предъ суженіемъ не можетъ увеличиться, а въ томъ же пространствѣ избытокъ жидкости, благодаря несжимаемости ея, не можетъ помѣститься. Слѣдов., чрезъ различные поперечные разрѣзы одной и той же системы трубокъ долженъ протекать одинъ и тотъ же объемъ жидкости. А скорость теченія, какъ мы видѣли выше, находится, если мы раздѣлимъ объемъ жидкости, протекшій въ 1 секунду чрезъ данный поперечный разрѣзъ, на площадь этого поперечнаго разрѣза. Слѣдов., когда чрезъ широкое и узкое мѣсто русла протекаетъ одинъ и тотъ же объемъ жидкости, ясно, что въ суженномъ мѣстѣ скорость будетъ бóльшая, а въ расширенномъ—меньшая.

Положимъ, площадь суженнаго мѣста=2 кв. сант., а площадь расширеннаго мѣста пути=10 квадр. сант. Въ одну секунду чрезъ широкое и чрезъ узкое мѣсто протекаетъ одинъ и тотъ же объемъ, напр.: 100 куб. сант. жидкости. Скорость равна объему жидкости, дѣленному на площадь поперечнаго сѣченія; слѣдов.; въ суженномъ мѣстѣ скорость=100 : 2=50 сант., а въ расширенномъ она=100 : 10=10 сант.

## 2-ой случай (рис. 12)

Жидкость течетъ сперва по узкой трубкѣ (0), отсюда по широкой (А), а затѣмъ по такой же узкой, какъ и первая, трубкѣ (В). Прослѣдимъ на этомъ опытѣ паденіе давленія въ разныхъ отдѣлахъ трубки.

Припомнимъ, что давленіе въ 1-мъ піезометрѣ, у самаго сосуда съ жидкостью, стоитъ довольно высоко (R), у вытечнаго отверстія давленіе равно нулю; это паденіе давленія объясняется, какъ извѣстно, суммой тѣхъ препятствій, которыя преодолѣла жидкость при своемъ теченіи. Если мы сравнимъ давленіе въ двухъ



пизометрахъ, отстоящихъ одинъ отъ другого на разстояніи, положимъ, 1 дециметра, мы замѣтимъ, что давленіе въ ближайшемъ къ сосуду пизометрѣ будетъ выше, чѣмъ въ отдаленномъ; это паденіе давленія на участкѣ трубки длиной въ 1 дециметръ носить названіе относительнаго паденія, такъ какъ оно отнесено къ единицѣ длины трубки.

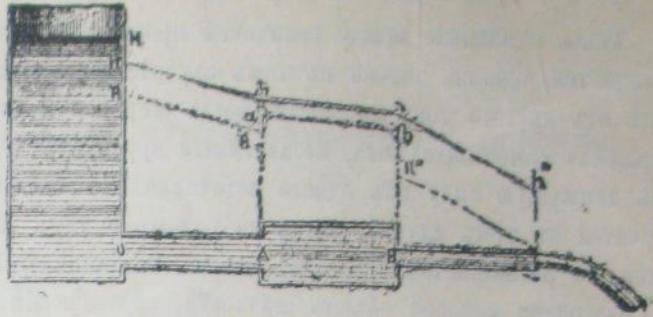


Рис. 12.

Разсматривая рис. 12, мы замѣчаемъ, что относительное паденіе надъ узкой трубкой (оА) больше, чѣмъ надъ широкой (АВ). Такъ какъ относительное паденіе измѣряетъ собой тѣ препятствія, которыя преодолеваетъ жидкость при теченіи по данному отдѣлу трубки, очевидно, мы должны думать, что эти препятствія при одинаковой длинѣ трубки въ узкой трубкѣ больше, чѣмъ въ широкой.

3-й случай.

Жидкость течетъ сперва по широкой трубкѣ, отсюда—по узкой и затѣмъ снова по широкой. Этотъ случай представляетъ собой модификацію предыдущаго опыта; поэтому, безъ дальнѣйшихъ объясненій, мы можемъ отмѣтить, что относительное паденіе давленія надъ широкими отдѣлами трубки будетъ меньше, чѣмъ надъ узкимъ отдѣломъ. Скорость въ широкихъ отдѣлахъ меньше скорости въ суженномъ мѣстѣ.

4-ый случай (рис. 13).

Жидкость течетъ изъ резервуара (А) сперва по широкой трубкѣ (а), потомъ переходитъ въ цѣлую систему развѣтвляющихся трубокъ, число которыхъ постепенно увеличивается, а поперечное сѣченіе—уменьшается, пока доходитъ до капилляровъ (с), изъ нихъ поступаетъ въ расширяющіяся трубки, число которыхъ постепенно уменьшается, а поперечное сѣченіе увеличивается и, наконецъ, переходитъ снова въ широкую трубку (v). Эта система очень похожа на кровенос-

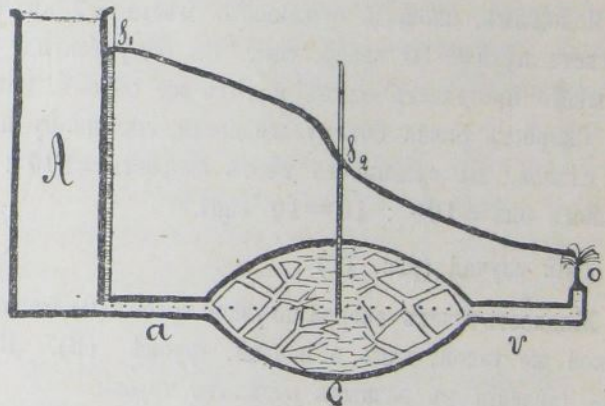


Рис. 13.

Эта система очень похожа на кровенос-

ную сосудистую систему, а именно: резервуар (А), представляющий собой нагнетательный аппарат, аналогичен нагнетательному аппарату кровеносной системы—сердцу; далѣе—трубка (а), развѣтляющаяся на массу постепенно суживающихся трубокъ, переходящихъ въ капилляры (с)—аналогична артеріальной системѣ съ ея капиллярами и, наконецъ, трубка (v)—аналогична венозной системѣ. Разница только въ томъ, что въ нашей системѣ есть вытечное отверстіе (о), тогда какъ кровеносная система замкнута. Но эта разница не имѣетъ особаго значенія для сравненія, такъ какъ мы безъ труда можемъ себѣ представить, что вытекающая изъ трубки жидкость выливается обратно въ сосудъ давленія; напр., мы будемъ ее просто собирать въ стаканы и выливать обратно въ сосудъ (А). Итакъ, разсматривая движеніе жидкости въ нашей системѣ, мы можемъ получить болѣе или менѣе точное понятіе о движеніи крови въ сосудахъ кровеносной системы.

Намъ уже извѣстно, что сопротивленіе обратно пропорціонально поперечнымъ сѣченіямъ трубокъ; слѣдов., въ широкой трубкѣ (а) оно должно быть слабѣе, чѣмъ въ развѣтляющихся и вмѣстѣ съ тѣмъ и суживающихся трубкахъ и капиллярахъ (с); по выходѣ же жидкости опять въ широкую трубку (v) сопротивление должно ослабѣть; поэтому—то кривая ( $S, S_2 O$ ) падаетъ въ началѣ медленно, потомъ быстрѣе, въ особенности, въ капиллярахъ (с) и, наконецъ, у конца—опять медленно. Скорость теченія также обратно пропорціонально поперечнымъ сѣченіямъ трубокъ; слѣдов., на первый взглядъ оно въ узкихъ трубкахъ и капиллярахъ должно было-бы быть больше, чѣмъ въ широкихъ—; но въдѣ паралельно съ суженіемъ просвѣта трубокъ въ нашей системѣ также увеличивается и число ихъ, благодаря чему общій поперечный разрѣзъ ложа, по которому течетъ жидкость, увеличивается.

Это увеличеніе общаго просвѣта русла паралельно съ развѣтленіемъ трубокъ можно себѣ представить, пользуясь слѣдующей схемой (рис. 14): на рис. А изображены артеріальныя развѣтленія такъ, какъ они существуютъ въ дѣйствительности; на рисункѣ В отдѣльныя вѣточки сложены вмѣстѣ. Безъ дальнѣйшихъ поясненій ясно, что развѣтленное русло здѣсь шире, чѣмъ неразвѣтленное.

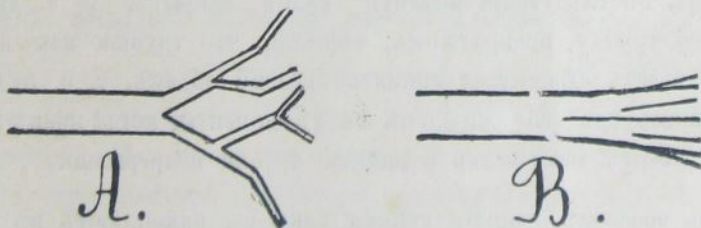


Рис. 14.

Мы знаемъ, что въ одной и той же системѣ трубокъ при постоянномъ давленіи чрезъ каждое поперечное сѣченіе протекаетъ въ одно и то же время

одинаковое количество жидкости; слѣдов., скорость теченія наибольшая въ трубкѣ (а), съ увеличеніемъ общаго діаметра — постепенно уменьшается и наименьшей быстроты достигаетъ въ капиллярахъ (с), и затѣмъ въ трубкѣ (v), гдѣ діаметръ опять уменьшается, скорость увеличивается снова.

Итакъ, основываясь на аналогіи кровеносной сосудистой системы съ нашей системой, мы можемъ сказать, что: наибольшая скорость теченія крови — у начала артерій и у конца венъ; при развѣтвленіи артеріальныхъ сосудовъ скорость постепенно уменьшается и въ капиллярахъ она — наименьшая.

Мы все говорили о трубкахъ неэластичныхъ; наша же кровеносная система состоитъ изъ упругихъ эластичныхъ трубокъ. Поэтому намъ необходимо провести параллель между неупругими и упругими трубками. Самое важное различіе между ними состоитъ въ томъ, что неупругія трубки не способны измѣнять свой просвѣтъ, упругія же — измѣняютъ. Это различіе не имѣло бы значенія, если бы движущая сила была постоянная: упругая трубка, растянувшись разъ, сохранила бы на всегда свой просвѣтъ и, такимъ образомъ, уподобилась бы неупругой. Если же движущая сила непостоянна, то положеніе мѣняется.

Представимъ себѣ, что отъ сосуда съ жидкостью отходятъ 2 трубки — стеклянная и резиновая. У вытечнаго отверстія сосуда приложенъ кранъ, закрывая и открывая который, мы превращаемъ постоянную силу давленія жидкости въ сосудѣ — въ прерывистую силу. Наблюдая при этомъ теченіе жидкости по трубкамъ, мы замѣтимъ, что жидкость вытекаетъ изъ стеклянной трубки прерывистой, а изъ резиновой — непрерывной струей. Что касается стеклянной трубки, явленіе ясно само-собою: мы впускаемъ въ нее жидкость прерывистой струей, жидкость вытекаетъ изъ трубки также прерывистой струей. Но непрерывный токъ изъ резиновой трубки требуетъ объясненія. Онъ объясняется тѣмъ, что въ моментъ открыванія крана подъ вліяніемъ давленія жидкости въ сосудѣ резиновая трубка растягивается и, слѣдов., не вся жидкость, ввученная въ трубку, вытекаетъ изъ нея; часть жидкости помѣщается въ расширенномъ просвѣтѣ трубки. Теперь въ слѣдующій моментъ кранъ закрытъ, т. е. дѣйствіе силы, растягивающей трубку, прекратилось; очевидно, что трубка, какъ всякое эластическое тѣло, будетъ стремиться принять прежній объемъ, т. е. будетъ сжиматься и выдавливать изъ себя жидкость въ тѣ моменты, когда кранъ закрытъ; благодаря этому, струя течетъ изъ резиновой трубки непрерывно.

Такимъ образомъ, упругія стѣнки какъ бы накапливаютъ въ себѣ, въ видѣ растяженія стѣнки, часть давящей силы; эту накопленную силу онѣ отдаютъ въ промежутки между открываніями крана.

Наиболѣе близко подходитъ къ нормальнымъ условіямъ кровообращенія схема Вебера (рис. 15).

Она состоитъ изъ резиновой трубки (Н) съ 2 клапанами (v и v'), открывающимися по направлею стрѣлокъ (А и V) и позволяющими жидкости

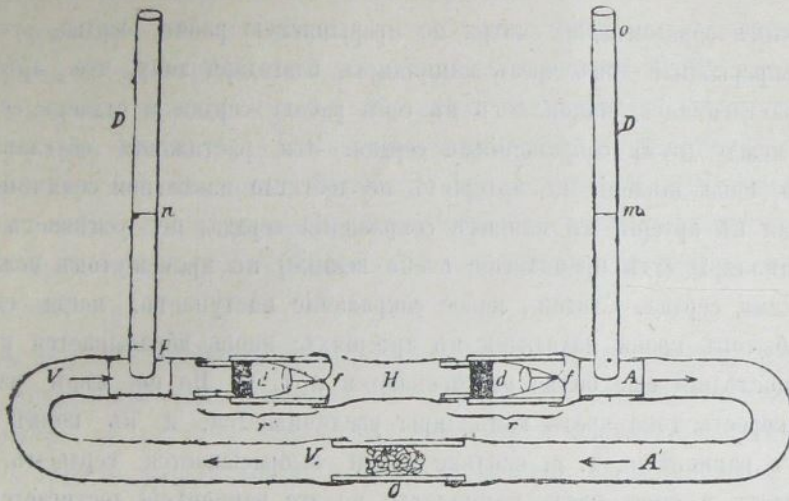


Рис. 15.

течь только въ этомъ направлеи. На клапанъ (v) надѣта резиновая трубка (AA<sub>1</sub>), изображающая артерii; резиновая трубка (VV<sub>1</sub>), надѣтая на клапанъ (v<sub>1</sub>), представляетъ вены. Обѣ трубки соединены между собой короткой стеклянной трубкой (с), наполненной кусочками губки; эта трубка изображаетъ капилляры. Въ началѣ артеріальной и въ концѣ венозной системы вставлены пiезометры (D и D<sub>1</sub>). Трубка (H) изображаетъ собой сердце. Вся система наподняется жидкостью такъ, чтобы оба манометра содержали въ себѣ столбъ жидкости извѣстной высоты.

Наблюдая схему въ томъ случаѣ, когда никакой силы къ ней не приложено, когда сердце (H) находится въ покоѣ, мы замѣчаемъ, что жидкость въ обоихъ манометрахъ стоитъ на одномъ уровнѣ (п и п<sub>1</sub>), т. е. давленіе во всѣхъ частяхъ прибора одинаково, и, слѣдов., никакого движенія жидкости внутри трубки не можетъ быть. Это положеніе соответствуетъ состоянію кровеносной сцстемы на трупѣ, когда всѣ активныя явленія замирають.

Представимъ себѣ теперь, что трупъ ожилъ и сердце начинаетъ вновь еокращаться: будемъ періодически сжимать резиновую трубку (H). Тотчасъ же давленіе въ артеріальной системѣ повышается, а въ венозной—падаетъ, и чрезъ нѣкоторое время устанавливается нѣкоторая постоянная разница въ давленіяхъ (о и р), которая и остается неизмѣнной въ дальнѣйшемъ. Благодаря существованію этой разницы, очевидно, что артеріальная стѣнка растянута, напряжена сильнѣе венозной стѣнки, и поэтому жидкость несомнѣнно течетъ постоянно чрезъ капилляры изъ артерій въ вены; слѣдов., непрерывно извѣстное количество жидкости уходитъ изъ артерій и напряженіе артеріальной стѣнки постоянно ослабѣваетъ

т. е. ослабѣваетъ давленіе въ артеріяхъ. Однако, убывающая жидкость такъ же непрерывно замѣщается новой, благодаря тому, что сердце перекачиваетъ изъ венозной системы въ артеріальную все новыя и новыя количества крови.

Такимъ образомъ, не смотря на прерывистую работу сердца, устанавливается непрерывный токъ чрезъ капилляры, благодаря тому, что артеріальная стѣнка, растягиваясь, накопляетъ въ себѣ работу сердца и отдаетъ ее въ промежутки между двумя сокращеніями сердца. Эти растяженія обуславливаются тѣмъ, что, пока давленіе въ артеріяхъ не достигло извѣстной величины, кровь, вброшенная въ артеріи въ моментъ сокращенія сердца, не успѣваетъ протечь чрезъ капилляры (гдѣ препятствіе очень велико) въ промежутокъ между двумя сокращеніями сердца. Слѣдов., новое сокращеніе наступаетъ, когда еще извѣстный избытокъ крови находится въ артеріяхъ; вновь вбрасывается кровь въ артеріи, послѣднія еще болѣе растягиваются и т. д. Но по мѣрѣ растяженій артерій скорость тока чрезъ капилляры увеличивается, и въ концѣ концовъ наступаетъ равновѣсіе, т. е. сколько крови выбрасывается сердцемъ, столько же успѣваетъ и стечь чрезъ капилляры; но это равновѣсіе достигается только тогда, когда артеріальная стѣнка уже будетъ сильно растянута, напряжена.

## СЕРДЦЕ.

Теперь мы перейдемъ къ детальному разсмотрѣнію условій кровяного тока по кровеносному кругу и прежде всего займемся центральнымъ пунктомъ кровеносной системы—сердцемъ.

Анатомія дѣлитъ сердце высшихъ животныхъ и человѣка на 4 отдѣла 2 предсердія и два желудочка. Но такъ какъ съ физиологической точки зрѣнія задачи правой и лѣвой половины сердца тождественны и эти задачи выполняются при помощи однихъ и тѣхъ же средствъ, то для насъ наиболѣе важно поэтажное раздѣленіе сердца—раздѣленіе его на полость предсердія и полость желудочка; раздѣленіе же на правую и лѣвую половину не имѣетъ для физиолога существеннаго значенія, такъ какъ все или почти все, что происходитъ въ одной половинѣ, происходитъ и въ другой половинѣ сердца. Поэтому въ дальнѣйшемъ мы и будемъ говорить лишь объ одной половинѣ сердца, помня, что все сказанное о ней, относится и къ другой половинѣ.

Сердце играетъ роль насоса, прогоняющаго жидкость по кровеноснымъ сосудамъ. Каждый насосъ долженъ обладать двумя свойствами: 1) онъ долженъ періодически мѣнять емкость своей полости, что даетъ ему возможность всасывать и выталкивать жидкость и 2) онъ долженъ быть снабженъ клапаннымъ аппаратомъ, который допускать бы токъ жидкости лишь въ одномъ определенномъ направленіи; ясно, что только въ присутствіи правильно устроенныхъ клапановъ насасыванье и выталкиванье жидкости насосомъ можетъ

достигать дѣли, т. е. перегонять жидкость изъ одной системы трубокъ въ другую.

Періодическія измѣненія емкости сердечныхъ полостей осуществляются благодаря тому, что стѣнки сердца состоятъ изъ мышечныхъ волоконъ, которыя, сокращаясь, уменьшаютъ емкость сердечныхъ полостей. Что касается клапаннаго аппарата, таковой имѣется въ сердцѣ въ двойномъ или, если хотите, въ тройномъ числѣ: 1) клапаны между желудочками и артеріальными сосудами, выходящими изъ нихъ, 2) между предсердіями и желудочками и 3) устья венъ, впадающихъ въ предсердія, снабжены круглыми мышечными волокнами, которыя, сокращаясь, суживаютъ устье венъ и дѣйствуютъ, слѣдов., на подобіе клапановъ.

Изъ анатоміи извѣстно устройство сердечныхъ клапановъ; артеріальные клапаны правильнѣе всего сравнить съ пришитыми карманами, какъ они дѣлаются, напр., на лѣтнихъ пиджакахъ; три такихъ карманообразныхъ клапана сидятъ въ самомъ началѣ аорты и легочной артеріи, заполняя собой всю окрѣжность сосудистой стѣнки трубки. Отверстія карманообразныхъ клапановъ направлены въ сторону развѣтвленій артерій; благодаря этому, когда кровь течетъ изъ желудочка въ артерію, она не можетъ наполнить карманы клапановъ, струя крови скользитъ по поверхности кармановъ. такъ какъ она направлена отъ донышка кармана къ его свободному краю; она лишь приглаживаетъ, прижимаетъ карманъ къ стѣнкѣ, на которой онъ укрѣпленъ. Наоборотъ, еслибы кровь пошла обратнымъ токомъ изъ артерій въ желудочки, она тотчасъ залилась бы въ карманообразные клапаны, такъ какъ въ этомъ случаѣ токъ крови былъ бы направленъ прямо въ отверстія кармановъ; благодаря этому, карманы расширяются, отходятъ отъ стѣнки артеріи, ихъ свободные края соприкасаются другъ съ другомъ и, такимъ образомъ, закрываютъ просвѣтъ артеріи. Такъ какъ, однако, наполненные и отошедшіе отъ стѣнокъ артерій карманы по свободному краю имѣютъ дугообразную форму и, слѣдов., въ центрѣ артеріальнаго просвѣта соприкасаются другъ съ другомъ три дуги, ясно, что полного закрыванія просвѣта не было бы, такъ какъ въ самомъ центрѣ между тремя соприкасающимися дугами всегда останется маленькое треугольное свободное пространство; однако, на дѣлѣ и этого маленькаго отверстія не остается: оно закрывается утолщеніями, имѣющимися по срединѣ свободнаго края каждаго клапана; утолщенія эти носятъ названіе узелковъ Аранція.

Клапаны между предсердіями и желудочками устроены иначе. Представьте себѣ, что въ кругломъ отверстіи укрѣплены двѣ тонкія гибкія, полукруглыя пластинки, укрѣплены только своимъ периферическимъ, закругленнымъ краемъ, другой же—прямой—край ихъ свободенъ. Когда эти пластинки стоятъ точно въ плоскости отверстія, ихъ свободные края соприкасаются другъ съ другомъ и вполне закрываютъ отверстие; но свободные края пластинокъ нѣсколько подвижны и могутъ отгибаться въ сторону; при этомъ они, разумѣется, отходятъ

одинъ отъ другого и открываютъ, такимъ образомъ, отверстіе. Такъ устроенъ клапанъ между лѣвымъ предсердіемъ и лѣвымъ желудочкомъ. Когда кровь идетъ изъ предсердія въ желудочекъ, кровяная струя отклоняетъ свободные края клапановъ въ полость желудочка и открываетъ, такимъ образомъ, просвѣтъ. Если же кровь устремила бы обратнымъ токомъ изъ желудочка въ предсердіе, она перемѣстила бы клапаны въ обратномъ направленіи—изъ полости желудочка по направленію къ атриовентрикулярному отверстію; не будь особенныхъ укрѣпленій краевъ клапана, очевидно, они прошли бы при этомъ обратномъ движеніи плоскость атриовентрикулярнаго отверстія и вывернулись бы въ предсердіе, причеиъ вновь между краями образовалась бы дыра, черезъ которую былъ бы возможенъ обратный токъ крови. Но этого не бываетъ, такъ какъ къ краямъ клапановъ прикрѣплены сухожильныя нити, другимъ своимъ концомъ укрѣпленныя въ стѣнкѣ желудочка (на мышечныхъ выростахъ этой стѣнки—т. назыв. папиллярныхъ мышцахъ). Эти нити такой длины, что клапанъ не можетъ вывернуться въ предсердіе. Какъ только края клапана достигли плоскости атриовентрикулярнаго отверстія, нити натягиваются и не позволяютъ клапану двигаться дальше. Вслѣдствіе такого приспособленія атриовентрикулярный клапанъ открывается только въ одну сторону, слѣдовательно, позволяетъ и крови течь лишь въ одномъ направленіи—отъ предсердія къ желудочку.

Устья венъ, впадающихъ въ предсердія, снабжены круговыми мышечными волокнами, залегающими въ стѣнкѣ этихъ венъ; сокращаясь, эти мышечныя кольца суживаютъ просвѣтъ вены и дѣйствуютъ, слѣдов., на подобіе клапановъ.

Наблюдая сокращеніе сердца, напр., у собаки со вскрытой грудной кѣткой, можно видѣть, что оно начинается съ сокращенія устьевъ венъ, впадающихъ въ предсердіе, затѣмъ тотчасъ же сокращается предсердіе. Какъ только сокращеніе предсердія кончилось, наступаетъ сокращеніе (систола) желудочка и, наконецъ, когда закончилось сокращеніе этого отдѣла сердца, наступаетъ общій покой, расслабленіе (діастола) всѣхъ отдѣловъ сердца—пауза сердца. Затѣмъ вновь начинается сокращеніе предсердія и т. д. Этотъ сложный періодъ, состоящій изъ систолы предсердія, систолы желудочка и паузы, носитъ названіе эволюціи сердца. Отдѣльныя же составныя части этого періода называются фазами сердца. На схѣмѣ это можно изобразить слѣдующимъ образомъ.

Эволюція сердца	{	1-я фаза: систола предсердія, діастола желудочка
		2-я фаза: діастола предсердія, систола желудочка
		3-я фаза: діастола предсердія, діастола желудочка.

Для того, чтобы на основаніи этой послѣдовательности сокращеній сердца и игры его клапановъ вывести направленіе кровяного тока черезъ различные отдѣлы сердца, нужно знать, какъ измѣняется давленіе внутри сердечныхъ полостей въ различныя фазы сердца. Внутри-сердечное давленіе на живомъ животномъ измѣряется при помощи т. назыв. сердечнаго зонда. (рис. 16). Представьте се-

бѣ резиновый цилиндрикъ, закрытый съ одного конца, на подобіе пальца перчатки, а другимъ, открытымъ концомъ соединенный съ тонкой металлической трубкой, которая въ свою очередь соединяется трубками съ записывающимъ барабанчикомъ Марea. Этотъ послѣдній приборъ состоитъ изъ плоской металлической чашечки съ боковой трубкой; отверстіе чашечки затягивается резиновой перепонкой. Благодаря описанному устройству, въ сердечномъ зондѣ имѣется комбинація двухъ воздушныхъ полостей съ эластическими стѣнками. Безъ дальнѣйшихъ поясненій очевидно, что когда давленіе на сердечный зондъ увеличивается, полость его сжимается—это тотчасъ же влечетъ за собой выдавливанье изъ полости зонда воздуха; послѣдній по соединительнымъ трубкамъ устремляется въ полость Мареева барабанчика и выпячиваетъ резиновую перепонку, затягивающую его. Слѣдов., по положенію барабанчика Марea можно судить о давленіи, которое испытываетъ сердечный зондъ: когда перепонка приподнимается, это значитъ, что давленіе на зондъ увеличивается, когда перепонка опускается—давленіе падаетъ. Для того чтобы сдѣлать видимыми самыя мелкія передвиженія перепонки, къ ней присоединяется легкій рычажокъ второго рода, опирающійся на металлическую пластинку, приклеенную къ резиновой перепонкѣ барабанчика. Благодаря тому, что свободный конецъ рычажка довольно длиненъ, мы получаемъ на рычажкѣ въ увеличенномъ видѣ колебанія резиновой пластинки; приблизивши конецъ рычажка къ движущейся закопченной поверхности, можемъ записать измѣненія давленія.

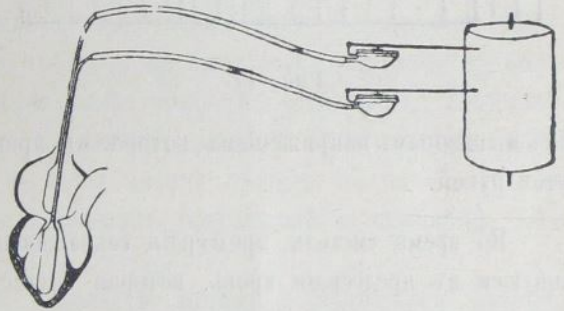


Рис. 16.

Черезъ шейныя вены одинъ сердечный зондъ вводится въ полость предсердія, другой въ полость желудочка (обычно, оба эти зонда соединены въ одну оправу); каждый соединяется затѣмъ съ барабанчикомъ Марea, записывающимъ на вращающемся барабанѣ колебанія внутрисердечнаго давленія.

Кривыя, полученныя припомощи сердечнаго зонда изображены на рис. 17. Верхняя кривая а b e отвѣчаетъ колебаніямъ давленія въ предсердіи, средняя  $a^1 b^1 c^1 d^1 e^1$ —въ желудочкѣ и нижняя  $a^{11} b^{11} c^{11} d^{11} e^{11}$ —кривая сердечнаго толчка. Разсматривая эти кривыя, мы замѣчаемъ, что эволюція сердца начинается съ сокращенія предсердія. Систола желудочка начинается лишь въ тотъ моментъ, когда сокращеніе предсердія закончилось и предсердіе находится въ состояніи діастолы. Никакой паузы, промежутка между концомъ сокращенія предсердія и началомъ сокращенія желудочка не наблюдается: систола желудочка слѣдуетъ непосредственно за систолой предсердія.



Въ характерѣ сокращенія предсердія и желудочка можно замѣтить существенную разницу. Сокращеніе предсердія, достигнувъ высшаго своего развитія *b*, тотчасъ же начинается ослабѣвать — вершина кривой систолы предсердія имѣетъ заостренную форму. Наоборотъ, желудочекъ, сократившись, пребываетъ въ сокращенномъ состояніи въ теченіе нѣкотораго времени; на кривой это сказывается уплощенной верхушкой *c' d'*. Слѣдов., сокращеніе предсердія можно сравнить съ одиночнымъ мышечнымъ вздрагиваньемъ, напр., съ миганіемъ, сокращеніе желудочка нужно сопоставить, напр., съ

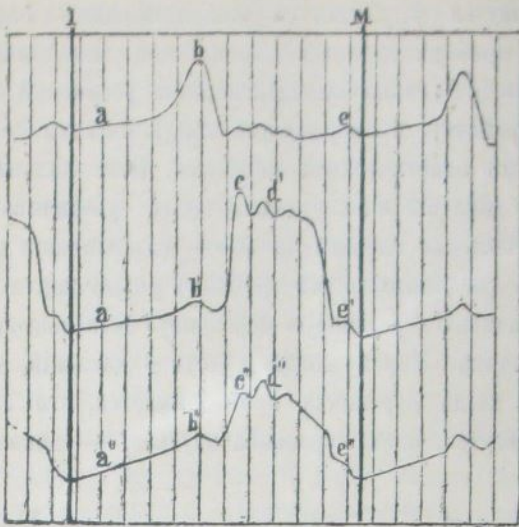


Рис. 17.

тѣмъ мышечнымъ напряженіемъ, которое мы производимъ, удерживая тяжесть вытянутой рукой.

Во время систолы предсердія сокращающіяся стѣнки его давятъ на содержащуюся въ предсердіи кровь, которая вслѣдствіе этого ищетъ себѣ выхода. Куда направится она? Обратному току въ вены препятствуетъ сокращеніе круговыхъ мышцъ венозныхъ устьевъ; наоборотъ, путь въ другомъ направленіи — къ желудочку — совершенно свободенъ, такъ какъ желудочекъ находится въ расслабленномъ состояніи; этотъ путь не представляетъ сопротивленія движенію жидкости; естественно, что кровь и идетъ по этому пути, изливаясь изъ предсердія въ желудочекъ. Какъ только предсердіе опорожнилось, а желудочекъ наполнился кровью, тотчасъ же начинается сокращеніе желудочка. Давленіе въ желудочкѣ увеличивается, полость его уменьшается, содержащаяся въ желудочкѣ кровь ищетъ выхода. Пойти назадъ въ предсердіе она не можетъ, такъ какъ обратный токъ жидкости тотчасъ же закроетъ атриовентрикулярные клапаны и такимъ образомъ самъ преградитъ себѣ путь; остается другой путь — къ артеріямъ, путь свободный, по которому и идетъ кровь.

Конечно, путь для крови изъ желудочка въ артерію далеко не такъ свободенъ, какъ путь изъ предсердія въ желудочекъ. Въ послѣднемъ случаѣ нѣтъ почти никакихъ препятствій — кровь изливается въ широкій, пустой, съ вялыми стѣнками мѣшокъ. Наоборотъ, въ артеріяхъ содержится и безъ того большое количество крови, которая находится тамъ подъ большимъ давленіемъ, артеріальная стѣнка сильно напряжена; слѣдов., желудочку приходится преодолевать сильное сопротивленіе, преодолевать давленіе крови, еще болѣе растягивать и безъ

ную разницу. Сокращеніе предсердія, достигнувъ высшаго своего развитія *b*, тотчасъ же начинается ослабѣвать — вершина кривой систолы предсердія имѣетъ заостренную форму. Наоборотъ, желудочекъ, сократившись, пребываетъ въ сокращенномъ состояніи въ теченіе нѣкотораго времени; на кривой это сказывается уплощенной верхушкой *c' d'*. Слѣдов., сокращеніе предсердія можно сравнить съ одиночнымъ мышечнымъ вздрагиваньемъ, напр., съ миганіемъ, сокращеніе желудочка нужно сопоставить, напр., съ

того сильно напряженную артеріальную стѣнку. Въ связи съ этой разницей въ условіяхъ работы предсердія и желудочка стоитъ цѣлый рядъ явленій. Во 1-хъ стѣнки желудочка гораздо толще, массивнѣе, чѣмъ стѣнки предсердія. Сокращеніе предсердія носитъ характеръ летучаго мышечнаго вздрагиванья, сходною, напр., съ миганіемъ. Наоборотъ, стѣнка желудочка, сократившись, долгое время находится въ сокращенномъ состояніи. Это удлиненіе рабочаго періода у желудочка очевидно, стоитъ въ связи съ бѣльшей суммой препятствій, которыя приходится преодолевать желудочку. Наконецъ, разница въ устройствѣ клапаннаго аппарата въ предсердіи и желудочкѣ объясняется точно также разницей препятствій, которыя приходится преодолевать крови при переходѣ изъ предсердія въ желудочекъ и изъ желудочка въ артеріи. Въ послѣднемъ случаѣ препятствія довольно значительны; поэтому, чтобы заставить кровь тѣмъ не менѣе итти въ артеріи, несмотря на довольно значительное препятствіе, нужно въ другомъ отверстіи желудочка—атріовентрикулярномъ, создать абсолютныя, непреодолимыя препятствія кровяному току—такія препятствія и даны въ видѣ атріовентрикулярныхъ клапановъ, наглухо закрывающихъ просвѣтъ атріовентрикулярнаго отверстія. Наоборотъ, въ предсердіи, благодаря тому, что путь въ желудочекъ почти не представляетъ никакихъ препятствій, заднее, венозное отверстіе, устье венъ, открывающихся въ предсердіе, можетъ быть и не наглухо закрыто—и тѣмъ не менѣе кровь не идетъ обратнымъ токомъ въ вены именно потому, что она на другомъ пути—въ желудочекъ—совсѣмъ не встрѣчаетъ препятствій и изливается сюда цѣликомъ.

Всякій клапанный аппаратъ обладаетъ однимъ невыгоднымъ для насоса свойствомъ, которое носитъ названіе мертваго момента клапана; подъ этимъ именемъ разумѣютъ слѣдующее. Когда токъ жидкости идетъ въ насосъ въ ту сторону, куда его направляютъ клапаны—клапанъ открытъ, язычекъ клапана находится въ положеніи, наиболѣе удаленномъ отъ того положенія, въ которомъ онъ находится въ моментъ закрытія клапана. Представимъ себѣ, что поршень насоса переходитъ теперь въ обратное движеніе; для того чтобы насосъ дѣйствовалъ правильно, клапанъ долженъ закрыться; онъ и закрывается, но для перехода клапана изъ открытаго положенія въ закрытое требуется извѣстный промежутокъ времени; этотъ промежутокъ времени невеликъ, но все же въ теченіе его извѣстное количество жидкости можетъ пойти обратнымъ токомъ и, слѣдов., цѣлесообразность дѣйствія насоса нѣсколько нарушается. Разумѣется, при каждомъ отдѣльномъ движеніи поршня количество жидкости, которое можетъ прорваться такимъ путемъ обратно, очень незначительно. Однако, эти незначительныя количества въ теченіе сутокъ, напр., суммируясь, дадутъ уже порядочную величину, замѣтно отражающуюся на дѣйствіи насоса. Вотъ этотъ недостатокъ клапаннаго аппарата и носитъ названіе мертваго момента клапана. Опытъ показываетъ, что въ клапанахъ сердца мертвый моментъ сведенъ до ничтожной величины и, можетъ быть, даже совсѣмъ отсутствуетъ. Это достигается благодаря тому, что какъ атріовентрикулярныя, такъ и артеріальныя клапаны къ концу систолы предсердія

геср. желудочка, т. е. передъ моментомъ закрыванія клапана, сильно, почти до соприкосновенія, сближены между собой, такъ что для перехода въ полное закрытіе клапаннымъ пластинкамъ приходится сдѣлать лишь самое ничтожное движеніе.

Сближеніе пластинокъ атриовентрикулярной заслонки между собой обусловливается тѣмъ, что онѣ удѣльно легче крови и по этому всплываютъ на слоѣ крови, наполняющей желудочекъ къ концу систолы предсердія; кровь, наполняя желудочекъ, приподнимаетъ атриовентрикулярный клапанъ, ставитъ его почти въ плоскости отверстія и доводитъ края его почти до соприкосновенія. Отслоиванье карманныхъ клапановъ отъ стѣнки артерій обусловливается тѣмъ, что струя крови, переходя изъ широкой полости желудочка въ суженное мѣсто—въ начало артерій—образуетъ вихри, причѣмъ отдѣльныя струйки жидкости движутся въ самыхъ разнообразныхъ направленіяхъ, имѣютъ возможность затекать въ карманы клапановъ, отслаивать ихъ отъ стѣнки и, такимъ образомъ, сближать другъ съ другомъ. Наконецъ, и давленіе въ полости желудочка не сразу падаетъ до нуля, какъ въ насосѣ съ поршнемъ, а съ нѣкоторой постепенностью, что даетъ въ свою очередь возможность клапанамъ сближаться почти до соприкосновенія къ тому моменту, когда давленіе въ желудочкѣ будетъ меньше, чѣмъ давленіе въ артеріи и когда жидкость могла бы двинуться обратнымъ токомъ.

Дѣятельность сердца сопровождается механическими и звуковыми явленіями, которыя могутъ быть обнаружены на живомъ животномъ безо всякихъ вивисекціонныхъ приѣмовъ. Я имѣю въ виду тоны сердца и толчокъ сердца.

Прикладывая ухо къ области сердца, одновременно съ ударами пульса можно слышать глухіе тоны, которые по ихъ тембру можно сравнить со слова-

ми: бу—тушь. Первый тонъ глуше, длиннѣе, второй—рѣзче и короче. Первый тонъ совпадаетъ, какъ показано на рис. 18, съ моментомъ систолы желудочка, второй—съ началомъ діастолы желудочка (рис. 18). Въ началѣ систолы желудочка происходитъ цѣлый рядъ явленій, могущихъ вызвать звуковое явленіе, таковы: захлопыванье атриовентрикулярныхъ клапановъ, натяженіе сухожильныхъ нитей, прикрѣпленныхъ къ клапанамъ, вихри образующіеся при прохожденіи жидкости чрезъ атриовентрикулярное отверстіе, наконецъ, самое сокращеніе сердечной мышцы можетъ

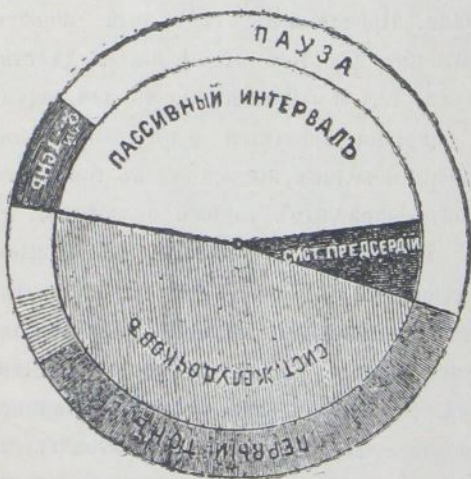


Рис. 18.

дать звуковое явленіе. \*) Всѣ эти возможныя причины перваго тона сердца, за исключеніемъ послѣдней, связаны съ присутствіемъ крови въ сердцѣ; когда въ полости желудочка жидкости не содержится, очевидно, не можетъ образоваться никакихъ вихревыхъ движеній, клапаны не будутъ захлопываться, нити — натягиваться. А между тѣмъ опытъ показываетъ, что первый тонъ сердца можно слышать и на обезкровленномъ пустомъ сердцѣ, хотя при этомъ онъ и измѣняетъ нѣсколько свой характеръ. Отсюда выводъ: главной причиной, вызывающей появленіе перваго тона сердца, является сокращеніе мышечной стѣнки сердца; но и всѣ другія вышечисленные причины также принимаютъ участіе въ явленіи, хотя это участіе и второстепенное.

Что касается второго тона сердца, то онъ несомнѣнно обуславливается захлопываньемъ карманныхъ клапановъ артерій: если путемъ введенія зонда въ начало артерій воспрепятствовать захлопыванью клапановъ, второй тонъ сердца пропадаетъ.

Примките руку къ области сердца, между четвертымъ и пятымъ ребромъ, подъ груднымъ соскомъ; ваша рука будетъ ощущать толчки, совпадающіе по времени съ ударами пульса. Это явленіе и носитъ названіе сердечнаго толчка. При этомъ сердце не производитъ дѣйствительнаго толчка въ грудную кѣтку, т. е. нельзя представлять себѣ дѣло такъ, что сердце въ промежутокъ между двумя систолами отходитъ отъ грудной стѣнки, а въ моментъ сокращенія прикасается къ ней. Верхушка сердца всегда касается грудной стѣнки и въ моментъ сокращенія она лишь съ большей силой надавливаетъ на стѣнку.

Главная причина, вызывающая явленіе сердечнаго толчка, состоитъ въ измѣненіи формы сердечныхъ желудочковъ въ время систолы. Сокращенные желудочки сердца имѣютъ совершенно опредѣленную форму и сохраняютъ эту форму независимо отъ дѣйствія постороннихъ условій, напр., силы тяжести; поэтому, какъ бы ни были поставлены желудочки сердца относительно горизонта, все равно при своемъ сокращеніи они образуютъ тѣло совершенно опредѣленныхъ очертаній, близкое къ правильному прямому конусу; это значить, что верхушка сокращенныхъ желудочковъ стоитъ надъ центромъ его основанія и это отношеніе верхушки къ основанію во время систолы сохраняется всегда, какія бы постороннія силы ни дѣйствовали на желудочки. Не то — во время діастолы. Разслабленная дряблая стѣнка, желудочковъ въ этомъ состояніи легко поддается всякаго рода внѣшнимъ воздѣйствіямъ и если сокращенные желудочки можно сравнить съ металлическимъ сосудомъ, сохраняющимъ опредѣленную форму, то желудочки во время діастолы правильнѣе всего сравнить съ кожанымъ мѣшкомъ,

---

Чтобы убѣдиться на опытѣ, что мышечное сокращеніе сопровождается звуковымъ феноменомъ, производить слѣдующій опытъ. Ночью, въ постели, когда кругомъ все стихнетъ, съ силой стискиваютъ зубы; сокращеніе жевательныхъ мышцъ сопровождается шумомъ, который легко въ этихъ условіяхъ слышимъ.

гибкимъ, уступчивымъ, принимающимъ различныя формы въ зависимости отъ дѣйствія вѣншихъ причинъ. Запомнивши эту разницу, разсмотримъ положеніе сердца въ груди.

Сердце, какъ извѣстно, расположено такимъ образомъ, что основаніе его (т. е. атриовентрикулярная линія) расположена не горизонтально, и образуетъ съ горизонтомъ нѣкоторый уголъ, открытый спереди (рис. 19). Передній край основанія сердца по сравненію съ заднимъ немного приподнятъ кверху. Отъ краевъ основанія отходятъ мышечныя пучки, образующіе стѣнку желудочковъ. Во время діастолы они повинуются дѣйствію силы тяжести и стремятся провисать по вертикальной линіи. Еслибы основаніе сердца было расположено горизонтально, разумѣется, верхушка провисающихъ по вертикали желудочковъ приходилась бы какъ

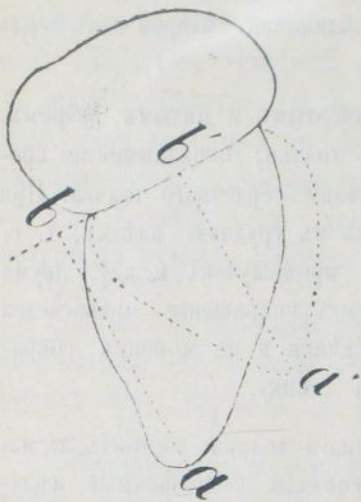


Рис. 19

разъ надъ центромъ основанія, а такъ какъ основаніе расположено подъ угломъ къ горизонту, то перпендикуляръ изъ вершины желудочка (ав) падаетъ въ далекомъ разстояніи отъ центра основанія. Во время систолы конусъ желудочковъ переходитъ изъ наклоннаго въ прямой, верхушка центрируется, перпендикуляръ изъ верхушки на основаніе ( $a_1v_1$ ) долженъ падать въ центръ основанія, т. е. верхушка должна перемѣститься въ точку ( $a^1$ ), и слѣдовательно, и весь конусъ желудочковъ долженъ принять положеніе, обозначенное на рисункѣ 19 пунктирной линіей. Изъ чертежа ясно, что при этомъ верхушка сердца приближается къ грудной клеткѣ.

Другой причиной толчка сердца является феноменъ т. назыв. обратнаго удара. Извѣстно, что ружье при выстрѣлѣ „отдастъ“, толкаетъ въ плечо, пушка откатывается назадъ. Это зависитъ отъ того, что давленіе газовъ, образующихся при взрывѣ пороховъ, передается равномерно на все стѣнки, окружающія зарядъ. Давленіе на боковыя стѣнки взаимно уравновѣшиваютъ другъ друга. Еслибы передняя стѣнка полости, въ которой заключенъ зарядъ, была неподвижна (и все стѣнки при этомъ были бы достаточно прочны), то давленія на переднюю и заднюю стѣнку также уравновѣшивались бы. Но передняя стѣнка (пуля, ядро) въ моментъ выстрѣла улетаетъ, отдѣляется отъ орудія и уноситъ съ собою ту живую силу взрыва, которая пришла на ея долю. Слѣдовательно, давленію на заднюю стѣнку орудія нѣтъ равнаго и противоположнаго противодѣйствія—поэтому давленіе на заднюю стѣнку и проявляется вѣншимъ образомъ, толкая орудіе назадъ. Нѣчто подобное этимъ условіямъ находимъ мы и въ сердцѣ. Желудочекъ сердца представляетъ собой замкнутую полость, имѣющую, однако, одно (во время систолы) отверстіе, въ которое съ силой прогоняется кровь. Слѣдов.,

стѣнка желудочка, противоположная артеріальному отверстию, должна испытывать давленіе, не уравновѣшивающееся давленіемъ на противолежашій участокъ стѣнки—въ результатѣ верхушка сердца должна податься внизъ и впередъ, т. е. по направленію къ грудной стѣнкѣ. Третьей причиной сердечнаго толчка служитъ удлиненіе большихъ артерій, на которыхъ, въ сущности, сердце и виситъ въ грудной полости. Большіе сосуды, выходящіе изъ сердца, такъ расположены, что образуютъ какъ бы двѣ скрученныя нити. Во время систолы, когда въ артеріи вгоняется кровь, онѣ раскручиваются, при этомъ удлинняются и толкаютъ, такимъ образомъ, сердце опять же внизъ и впередъ, т. е. содѣйствуютъ образованію сердечнаго толчка.

## СОСУДЫ.

Движеніе крови по сосудамъ разсматривается съ тѣхъ точекъ зрѣнія, которыя были развиты въ физическомъ введеніи къ настоящему отдѣлу, т. е. мы должны изучать распредѣленіе скорости и давленія по различнымъ отдѣламъ кровеносной системы; кромѣ того въ артеріяхъ мы встрѣтимся съ явленіемъ, о которомъ раньше не упоминали и которое наблюдается только на эластическихъ трубкахъ при прерывистой работѣ насоса; это явленіе носитъ названіе пульса.

Для бѣльшей цѣльности послѣдующаго изложенія я предпошлю описанію физическихъ условій кровообращенія въ артеріяхъ, капиллярахъ и венахъ изложеніе тѣхъ способовъ, при помощи которыхъ измѣряется давленіе и скорость теченія крови на живомъ животномъ.

Давленіе крови въ крупныхъ сосудахъ измѣряется при помощи того же приѣма, который употребляютъ физики для измѣренія газоваго и проч. давленія, т. е. при помощи ртутнаго столба, который какъ разъ способенъ уравновѣсить своей тяжестью давленіе, господствующее въ кровеносномъ сосудѣ. Приборъ, который употребляется для измѣренія кровяного давленія, носитъ названіе манометра и представляетъ собой U—образную трубку, наполненную ртутью. Одинъ конецъ трубки открытъ, другимъ она сообщается при помощи соединительныхъ трубокъ съ тѣмъ сосудомъ, въ которомъ мы должны измѣрить давленіе. Такъ какъ давленіе въ кровеносныхъ сосудахъ (особенно въ артеріяхъ) мѣняется въ короткіе промежутки времени, очевидно, что слѣдить безо всякихъ вспомогательныхъ средствъ за этими колебаніями давленія было бы неудобно. Поэтому принято записывать кривую кровяного давленія на бумагѣ. Съ этой цѣлью на уровень ртути въ открытомъ колѣнѣ манометра опускается поплавокъ, верхній конецъ котораго снабженъ пищащимъ остриемъ. Манометръ съ поплавкомъ присоединяется къ вращающемуся барабану, обернутому законченной бумагой. Такая комбинація манометра съ регистрирующимъ барабаномъ носитъ названіе кимографа и изображена на рис. 20.

Кимографомъ можно измѣрять давленіе только въ такихъ сосудахъ, въ которые можно вставить трубку. Для измѣренія давленія въ капиллярахъ кимографъ, очевидно, не годится и приходится прибѣгать къ другимъ методамъ. Сущность этихъ методовъ сводится въ слѣдующему. Если мы ощущаемъ пальцами, положимъ, растянутую водой резиновую трубку, мы ощущаемъ нѣкоторое сопротивленіе. Это сопротивленіе и представляетъ собой то давленіе, которое господствуетъ въ трубкѣ. Если мы будемъ сжимать трубку пальцами, намъ придется употреблять нѣкоторое усиліе, которое тратится на преодоленіе давленія. Жидкость, наполняющая трубку давитъ на стѣнки, стремится расширить, растянуть трубку. Сдавливая трубку пальцами, мы, очевидно, боремся съ давленіемъ жидкости; когда мы сожмемъ трубку до соприкосновенія стѣнокъ, до уничтоженія просвѣта, мы можемъ быть увѣрены, что преодолѣли давленіе жидкости внутри трубки, но, конечно, еще не измѣрили его. Для измѣренія нужно сдавливать трубку не рукой, а грузами, накладываемыми на трубку. Тотъ самый меньшій грузъ, при которомъ стѣнки трубки касаются другъ друга, и соотвѣтствуетъ давленію жидкости въ трубкѣ.

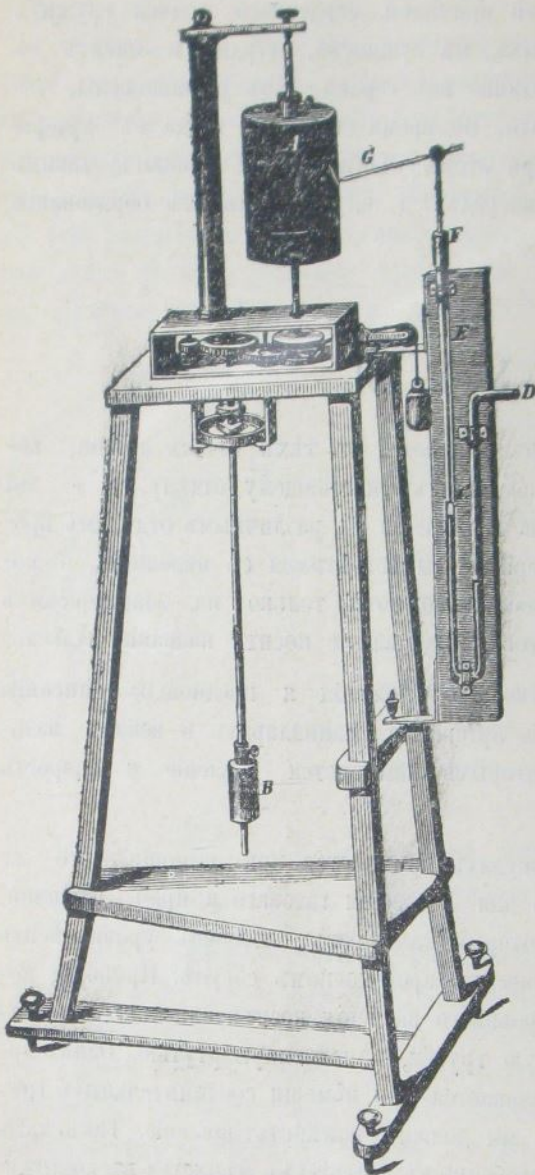


Рис. 20.

Для измѣренія давленія въ капиллярахъ пользуются ногтевымъ ложемъ, обладающимъ сильно развитой капиллярной сѣтью. Плоть соскабливается почти нацѣло, такъ чтобы сосуды ногтевого ложа просвѣчивали чрезъ тоненкую оставшуюся пластинку ногтя; затѣмъ сюда накладываются стеклянные грузы, чрезъ которые легко видѣть кровенаполненіе сосудовъ. Тотъ самый меньшій грузъ, который вызываетъ поблѣдненіе ногтевого ложа, т. е. сдавливаетъ капилляръ до начертанія просвѣта, и отвѣчаетъ кровяному давленію въ капиллярахъ.

Скорость теченія жидкости мы измѣряли, собирая жидкость, вытекающую изъ конца трубки, въ измѣрительный стаканъ и дѣля получаемый объемъ на площадь поперечнаго сѣченія трубки и число секундъ, въ теченіе которыхъ мы собирали жидкость. Конечно, можно было бы и на животномъ поступить такимъ же образомъ, т. е. перерѣзать артерію и собирать кровь, вытекающую изъ перерѣзаннаго конца. Но при этомъ мы сдѣлали бы, во-первыхъ, ошибку, такъ какъ извлеченіе изъ сосудовъ животного большого объема крови не можетъ не отразиться на условіяхъ кровообращенія; поэтому только въ началѣ собиранія мы имѣли бы нормальную скорость, подъ конецъ—ненормальную. Поэтому приходится прибѣгать къ другимъ способамъ. Способъ Фолькманна основанъ на слѣдующемъ принципѣ. Если-бы стѣнки кровеносныхъ сосудовъ были прозрачны и еслибы можно было отмѣтить среди кровяной струи одинъ кровяной шарикъ и прослѣдить, какой путь пройдетъ онъ въ теченіе 1 секунды,—то мы и имѣли бы понятіе о скорости тока крови. Фолькманнъ и замѣнилъ часть артеріи прозрачной стеклянной трубкой; отмѣчая моментъ, когда кровь вступаетъ въ центральный конецъ трубки и второй моментъ, когда кровяная струя достигаетъ периферическаго конца трубки и зная длину трубки, мы имѣемъ длину пути и время, въ которое этотъ путь пройденъ, т. е. имѣемъ всѣ данныя, чтобы опредѣлить скорость. Для удобства стеклянную трубку лучше, конечно, согнуть въ видѣ петли. Такую стеклянную петлю и представляетъ собой, въ сущность, гэмдросометръ Фолькманна. (рис. 21).

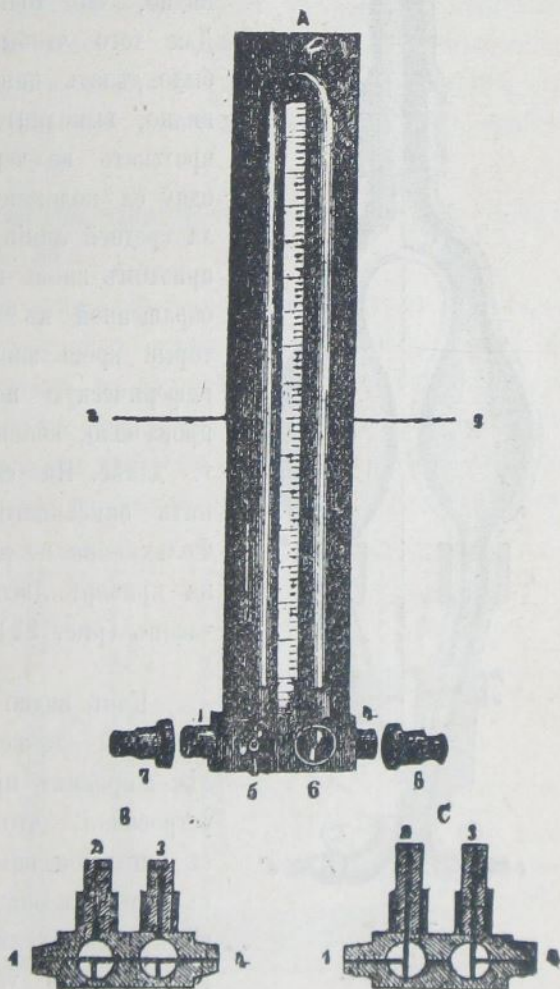


Рис 21.

Приборъ наполняется мас-ломъ и ввязывается въ концы перерѣзанной артеріи. Краны, приложенные къ концамъ петли, позволяютъ пустить кровь или по прямому пути, минуя петлю, или въ обходъ, черезъ петлю. Сначала кровь



идеть по прямому пути. Загѣмъ, отмѣчая время по часамъ, повертываютъ краны такъ, чтобы кровь шла въ петлю; кровь входитъ въ нее, отгѣсняя передъ собой масло; какъ только передній конецъ кровяного столбика достигъ другого конца петли, вновь дѣлають отмѣтку по часамъ. Извѣстна длина пути, извѣстно время,—стало быть, извѣстна и скорость.

Приборъ Фолькмманна обладаетъ однимъ существеннымъ неудобствомъ—время, въ теченіе котораго производится наблюденіе съ помощью этого прибора, очень кратко; поэтому въ опредѣленіе могутъ вкратъ ошибки. Еслибы можно было

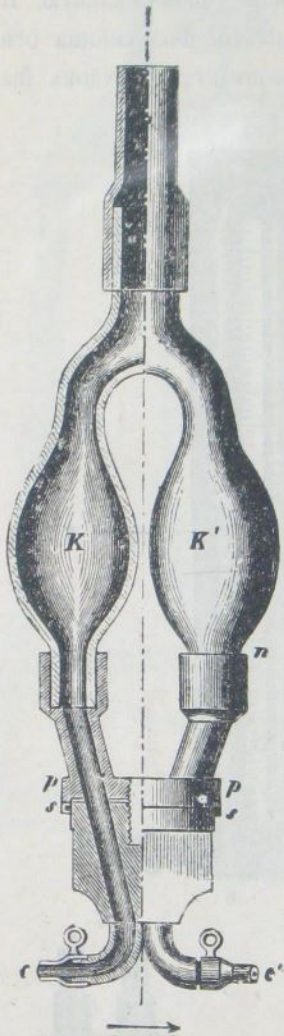


Рис. 22,

повторить опредѣленіе на одномъ и томъ же приборѣ подъ рядъ нѣсколько разъ, т. е. заставить кровь протечь нѣсколько разъ черезъ приборъ, очевидно, что точность наблюденія увеличилась бы. Для того чтобы на приборѣ Фолькмманна можно было дѣлать повторныя опредѣленія, требуется, очевидно, выполнить 2 условія: 1) заставлять кровь протекать не черезъ всю петлю, а только чрезъ одну ея половину и 2) какъ только кровь достигла средней линіи петли, повернуть приборъ на 180°, при этомъ вновь предъ струей крови въ части петли, обращенной къ сердцу, окажется слой масла, который кровь вновь вытѣснитъ въ отдаленную, периферическую половину петли; какъ только это произошло, вновь повертывать приборъ на 180° и т. далѣе. На самомъ приборѣ Фолькмманна выполнить описаннаго опыта нельзя, такъ какъ петля Фолькмманна не вращается. Но это легко выполнить на приборѣ Людвигъ, носящемъ названіе кровяныхъ часовъ (рис. 22).

Какъ видно изъ приложеннаго рисунка, кровяные часы—та же петля Фолькмманна, только съ болѣе широкимъ просвѣтомъ *K* и *K'* и притомъ такъ устроенная, что стеклянную часть прибора вмѣстѣ съ металлическимъ шлифованнымъ щиткомъ *p* и *p*, въ которомъ она укрѣплена, можно безъ труда вращать надъ другимъ металлическимъ щиткомъ *s* и *s*, въ которомъ укрѣплены концы трубочекъ (канюлей) *c* и *c'*, вязанныхъ въ артерію. Одна половина прибора наполняется дефибринированной кровью, другая—масломъ. Приборъ вязывается въ концы перерѣзанной артеріи такимъ образомъ, чтобы часть, наполняемая масломъ, было обращена къ сердцу. Какъ только кровь наполнитъ всю эту половину прибора и вытѣснитъ масло въ другую половину, приборъ повертывается на 180°; масло вновь ока-

зывается въ части прибора, обращенной къ сердцу; кровь опять отѣсняетъ масло въ отдаленную половину прибора; новый поворотъ и т. д. Приборъ предварительно калибруется.

На другомъ принципѣ основано устройство гематахометра Фирордта. Известно, что для грубаго измѣренія скорости вѣтра употребляется т. назыв. баллистическій маятникъ, который состоитъ изъ металлическаго, подвѣшеннаго на проволоку, шарика. Вѣтеръ, ударяя въ шарикъ, отклоняетъ его отъ спокойнаго, вертикальнаго положенія на нѣкоторый уголъ въ сторону; величина этого угла измѣряется по дуговой скалкѣ, прикрѣпленной къ прибору. Гематахометръ Фирордта (рис. 23) устроенъ точно также, только весь приборъ заключенъ въ ящичекъ, чрезъ который и протекаетъ кровь.

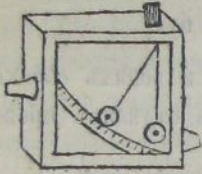


Рис. 23.

Смотря по скорости теченія, струя крови отклоняетъ шарикъ на бѣльшій или меньшій уголъ; испытавши предварительно, какой скорости отвѣчаютъ различные углы отклоненія маятника, легко примѣнить приборъ для опредѣленія скорости кровяного тока.

Наконецъ, для опредѣленія скорости тока крови пользуются еще однимъ принципомъ, принципомъ Пито (рис. 24).

Припомнимъ гидродинамическія схѣмы. Высота уровня жидкости въ піезометрахъ только тогда будетъ точно указывать давленіе, когда конецъ трубки піезометра не вдается въ просвѣтъ трубки, по которой течетъ жидкость. Если же піезометрическая трубка своимъ концомъ стоитъ въ самой струѣ текущей жидкости, то смотря потому, куда направлено отверстіе піезометрической трубки, уровень жидкости въ ней будетъ то выше, то ниже нормальнаго. Если отверстіе

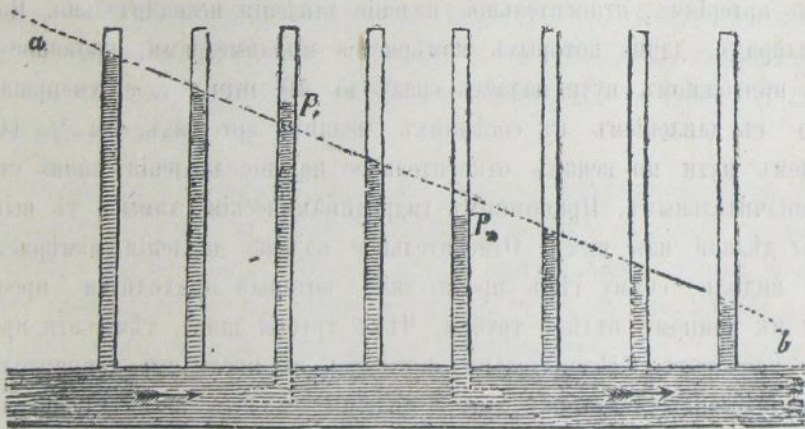


Рис. 24.

піезометрической трубки направлено противъ струи жидкости, въ этомъ случаѣ движущіяся частицы съ силой ударяютъ о столбъ жидкости въ піезометръ и приподнимаютъ его выше того уровня, на которомъ поддерживало бы его боковое давленіе. Наоборотъ, когда отверстіе трубки направлено въ ту же сторону, въ

которую течет жидкость, в этомъ случаѣ протекающая мимо отверстія струя присасываетъ жидкость изъ пизометра и понижается уровень. Словомъ, въ этихъ случаяхъ на высотѣ стоянія жидкости въ пизометрахъ отражается не только давленіе, но и скорость тока жидкости. Разница въ уровняхъ жидкости въ трубкѣ  $P_1$  и въ трубкѣ  $P_{11}$  будетъ тѣмъ больше, чѣмъ скорѣе движется жидкость по трубкѣ. Слѣдовательно, по этой разницѣ можно судить о скорости кровяного тока. Вотъ на этомъ принципѣ и построень т. назыв. фотогэматахометръ Цыбульского, въ детальное описаніе котораго я вхожу здѣсь не буду.

Измѣряя кровяное давленіе въ артеріяхъ, капиллярахъ и венахъ собаки, нашли слѣдующія величины для давленія крови въ различныхъ отдѣлахъ кровеносной системы:

Aorta . . . . .	180	mm	ртути.
A. carotis . . . . .	140	>	>
A. metatarsa . . . . .	120	>	>
Капилляры . . . . .	40	>	>
V. cruralis . . . . .	10	>	>
V. subclavia . . . . .	— 0,1	>	>

Сопоставляя приведенныя цифры, мы видимъ, что кровяное давленіе въ артеріальной системѣ понижается, правда, по мѣрѣ развѣтвленія крупныхъ артерій на вѣточки мелкаго калибра, но это пониженіе, во всякомъ случаѣ, не особенно значительное. Если сравнить давленіе въ такой крупной и близкой къ сердцу артеріи, какъ *a. carotis*, съ давленіемъ въ мелкой и очень отдаленной *art. metatarsa*, оказывается, что давленіе крови на длинномъ пути чрезъ все тѣло (*a. metatarsa* лежитъ на стопѣ) уменьшилось всего на 14%. Пока кровь течетъ по артеріямъ, относительное паденіе давленія незначительно. Наоборотъ, въ капиллярахъ, длина которыхъ измѣряется миллиметрами, кровяное давленіе на этомъ ничтожномъ пути падаетъ сразу до 40 mm., т. е. уменьшается, по сравненію съ давленіемъ въ сосѣднихъ мелкихъ артеріяхъ, на  $\frac{2}{3}$  (66%). На дальнѣйшемъ пути по венамъ относительное паденіе давленія вновь становится очень незначительнымъ. Припомнимъ гидродинамическія схѣмы и тѣ выводы, которые мы дѣлали изъ нихъ. Относительное паденіе давленія измѣряетъ собой, какъ мы видѣли, сумму тѣхъ препятствій, которыя приходится преодолевать жидкости въ данномъ отдѣлѣ трубки. Чѣмъ трубки шире, тѣмъ эти препятствія больше и наоборотъ. Слѣдовательно, оставаясь въ предѣлахъ, сравнительно, широкихъ артеріальныхъ трубокъ, мы и должны ожидать незначительнаго относительнаго паденія. Въ волосныхъ сосудахъ, просвѣтъ которыхъ имѣетъ микроскопическую величину, очевидно, препятствія громады—и давленіе на этомъ небольшомъ пространствѣ круто падаетъ до  $\frac{1}{3}$  (даже до  $\frac{1}{5}$ ) своей прежней величины. Переходя въ вены, мы вновь встрѣчаемся съ широкими трубками, представляющими незначительное сопротивленіе току жидкости; въ связи съ этимъ и относительное паденіе давленія въ венозной системѣ незначительно: съ

40 mm (давленіе въ капиллярахъ) оно падаетъ до 0 (въ венахъ близкихъ къ сердцу). Въ венахъ, ближайшихъ къ грудной кѣткѣ, равно какъ и въ тѣхъ венахъ, которыя проходятъ внутри грудной кѣтки, давленіе отрицательное, т. е. оно здѣсь меньше атмосфернаго. Слѣдов., если вскрыть центральный конецъ такой вены, изъ него не только не вытечетъ ни капли крови, а наоборотъ, въ просвѣтъ вены всосется воздухъ. Отчего зависитъ это отрицательное давленіе, объ этомъ будетъ рѣчь дальше.

До сихъ поръ мы говорили объ артеріальномъ давленіи, какъ о постоянной, неизмѣняющейся величинѣ. Въ дѣйствительности же, какъ упомянуто выше, кровяное давленіе въ артеріяхъ постоянно колеблется, хотя колебанія эти и не особенно значительны. Слѣдовательно, говоря объ артеріальномъ давленіи, какъ о величинѣ постоянной, мы имѣемъ въ виду лишь ту воображаемую среднюю его высоту, около которой колеблется артеріальное давленіе.

Кривая кровяного давленія въ артеріяхъ, полученная при помощи кимографа, изображена на рис. 25.

При первомъ взглядѣ на кривую кровяного давленія можно видѣть на ней присутствіе троякаго рода колебаній, троякаго рода волнъ; мелкіе зубчики кри-

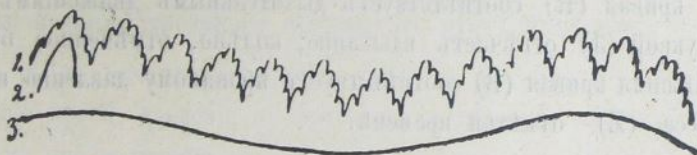


Рис. 25.

вой (1) обусловлены ударами сердца; болѣе крупныя волны (2), на которыхъ располагаются эти мелкіе подскоки кривой, зависятъ отъ дыхательныхъ движеній; наконецъ, третій родъ волнъ, (3) длинныхъ и съ небольшою, сравнительно, амплитудой, имѣетъ своей причиной суженіе и расширеніе сосудовъ, т. назыв. сосудодвигательныя явленія.

Происхожденіе пульсовыхъ волнъ не требуетъ объясненія. Ясно, что, когда въ артеріальную систему во время систолы желудочка съ силой выбрасывается новый довольно значительный объемъ крови, артеріальная стѣнка, и безъ того растянутая, растягивается еще болѣе, а вмѣстѣ съ тѣмъ повышается и кровяное давленіе (такъ какъ степень напряженія артеріальной стѣнки можетъ служить мѣриломъ давленія).

Зависимость кривой кровяного давленія отъ дыхательныхъ движеній довольно сложна; она въ значительной степени мѣняется и можетъ даже извращаться по своему смыслу въ связи съ тѣмъ или инымъ способомъ легочной вентиляціи (естественное и искусственное дыханіе), въ зависимости отъ частоты дыханія и проч. Мы разберемъ только вліяніе нормальнаго дыханія средней частоты и силы на кровяное давленіе въ артеріяхъ.

Для яснаго пониманія зависимости артеріальнаго давленія отъ дыхательныхъ движеній нужно помнить слѣдующія положенія:

1) Сердце отдастъ въ артеріи все то количество крови, которое оно получаетъ изъ венъ; слѣдов., когда венозный токъ крови усиливается, увеличивается и количество крови, выбрасываемой сердцемъ въ артеріи, а въ связи съ этимъ повышается артеріальное давленіе.

2) Во время вдыханія грудная клѣтка присасываетъ кровь изъ венъ съ большей силой, чѣмъ во время выдыханія (объясненіе этому явленію будетъ дано ниже, когда будетъ идти рѣчь о венозномъ кровообращеніи вообще); слѣдов., во время вдыханія къ сердцу протекаетъ больше крови, чѣмъ во время выдыханія.

3) Емкость капилляровъ легкаго измѣняется въ зависимости отъ дыхательныхъ движеній: во время вдыханія емкость легочныхъ капилляровъ увеличивается, во время выдыханія уменьшается; въ капиллярахъ легкаго помѣщается, слѣдов., больше крови во время вдыханія, чѣмъ во время выдыханія.

Помня это положеніе, рассмотримъ зависимость артеріальнаго давленія отъ дыханія. Если на одномъ и томъ же барабанѣ записать одновременно кривую кровяного давленія и дыханія, получается картина, изображенная на рис. 26. Верхняя кривая (R) соотвѣтствуетъ дыхательнымъ движеніямъ; колѣно ея, отмѣченное буквой (J) отвѣчаетъ вдыханію; колѣно, отмѣченное буквой (E)—выдыханію. Нижняя кривая (B) соотвѣтствуетъ кровяному давленію въ артеріяхъ; (O X)—абсцисса, (Z)—отмѣтки времени.

Мы видимъ, что кривая кровяного давленія даетъ подъемы и опусканія совершенно параллельно съ кривой дыханія, т. е. кровяное давленіе въ артеріяхъ растетъ во время вдыханія, падаетъ во время выдыханія. Это объясняется усиленным притокомъ венозной крови къ правому сердцу во время вдыханія: больше крови притекаетъ къ правому предсердію—больше крови выбрасывается правымъ желудочкомъ, слѣдов., больше крови притекаетъ къ лѣвому предсердію и больше крови выбрасывается лѣвымъ желудочкомъ, слѣдов., кровяное давленіе въ артеріяхъ повышается. При выдыханія имѣютъ мѣсто обратныя отношенія.

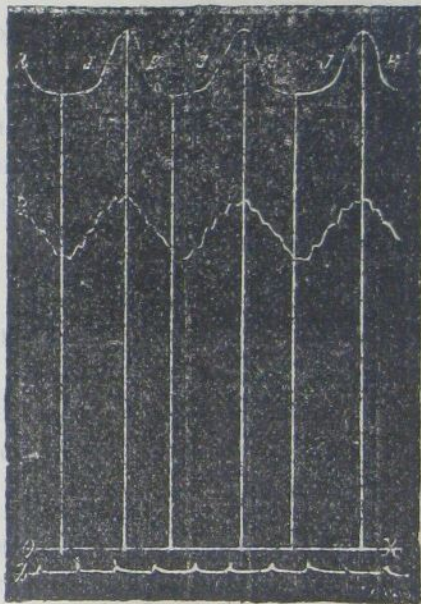


Рис. 26

Однако, ближе всматриваясь въ кривую, мы замѣчаемъ, что параллелизмъ кривыхъ дыханія и кровяного давленія только приблизительный; нижняя кривая

точно повторяетъ собой форму верхней кривой, только она нѣсколько отстаетъ отъ послѣдней, запаздываетъ: максимумы и минимумы кривой (В) лежатъ не точно подъ высшими и низшими пунктами кривой (R) а нѣсколько правѣе, т. е. въ дѣйствительности они наступаютъ нѣсколько позже. Требуется объяснить это запаздыванье. Оно зависитъ оттого, что между правымъ и лѣвымъ сердцемъ включенъ малый кругъ кровообращенія, емкость котораго, какъ мы видѣли выше мѣняется въ связи съ дыхательными фазами, увеличиваясь во время вдыханія и уменьшаясь при выдыханіи. Слѣдовательно, увеличеніе при вдыханіи количества крови, выбрасываемой правымъ желудочкомъ, не отражается тотчасъ же на лѣвомъ сердцѣ; несмотря на то, что правый желудочекъ уже въ самомъ началѣ вдыханія отдаетъ больше крови при каждой систолѣ, лѣвое сердце въ началѣ вдыханія еще не получаетъ увеличеннаго количества крови, такъ какъ весь избытокъ крови, выбрасываемой правымъ желудочкомъ, помѣщается въ расширенныхъ капиллярахъ легкаго. Лишь спустя нѣкоторое время (послѣ 1—2 систоль), когда кровь наполнитъ расширенные капилляры, только тогда весь избытокъ крови, выбрасываемый правымъ сердцемъ, дойдетъ до лѣваго сердца и, такъ какъ сердце отдаетъ все, что оно получаетъ, это увеличеніе притока къ лѣвому сердцу отражается увеличеніемъ крови, выбрасываемой въ артеріи большого круга, что ведетъ къ подъему кровяного давленія въ этихъ артеріяхъ.

Наоборотъ, въ началѣ выдыханія, когда къ правому сердцу изъ венъ притекаетъ меньше крови, давленіе въ артеріяхъ должно бы понижаться; въ дѣйствительности же оно въ теченіе короткаго промежутка времени въ началѣ выдыханія еще подымается и лишь затѣмъ начинаетъ падать. Это кратковременное повышение зависитъ оттого, что легочные сосуды при выдыханіи суживаются; слѣдов., хотя изъ праваго желудочка крови выбрасывается и меньше, тѣмъ не менѣе лѣвое сердце получаетъ (а, слѣдов., и отдаетъ) еще увеличенное количество крови, избытокъ крови отдають сокращающіеся капилляры.

Остается сказать еще нѣсколько словъ о третьемъ родѣ волнъ, наблюдаемыхъ на кривой кровяного давленія—о сосудодвигательныхъ волнахъ. Происхожденіе ихъ станетъ понятно изъ слѣдующаго сравненія. Предположимъ, передъ нами резиновый шаръ, наполненный жидкостью; стѣнка его растянута до средней степени напряженія. Мы можемъ двоякимъ путемъ увеличить напряженіе стѣнки: 1) или вливая въ шаръ новое количество жидкости, или 2) уменьшая полость шарика, напр., сдавливая его рукой. Въ томъ и другомъ случаѣ несоотвѣтствіе между емкостью шарика и количествомъ жидкости, его наполняющей, увеличится, вслѣдствіе чего стѣнка будетъ болѣе напряжена, чѣмъ прежде, т. е. будетъ оказывать на содержащуюся въ шарикѣ жидкость болѣе сильное давленіе. Очевидно, что и кровяное давленіе можетъ быть увеличено двоякимъ манеромъ: 1) увеличивая количество жидкости, содержащейся въ артеріяхъ, т. е. усиливая работу сердца, заставляя сердце выбрасывать въ артеріи большія количества крови, или 2) уменьшая емкость артеріальнаго ложа, путемъ уменьшенія просвѣта

артерій, благодаря сокращенію круговыхъ мышечныхъ волоконъ, заложенныхъ въ стѣнкахъ артерій. Сосудодвигательныя волны, наблюдаемыя на кривой кровяного давленія, происходятъ именно этимъ вторымъ путемъ: при сокращеніи сосудистыхъ стѣнокъ кровяное давленіе повышается, при расслабленіи—падаетъ.

Переходя къ рассмотрѣнію кровяного давленія въ капиллярахъ, невольно задаешь себѣ вопросъ: какимъ образомъ тонкая, какъ паутина, стѣнка капиллярныхъ сосудовъ (извѣстно, что капиллярныя стѣнки состоятъ только изъ одного слоя клѣтокъ, имѣющихъ микроскопически малую толщину), какимъ образомъ эта тоненькая перепонка выдерживаетъ безъ разрыва то довольно порядочное давленіе крови, которое господствуетъ въ капиллярахъ. Вѣдь если бы, напр., на паутину размѣрами въ квадратную четверть положить грузъ въ пудъ вѣсомъ, не можетъ быть и рѣчи о томъ, чтобы паутинка выдержала этотъ грузъ, не разорвавшись; а между тѣмъ именно таково, приблизительно, давленіе въ кровеносныхъ капиллярахъ. Разумѣется, и стѣнка капилляровъ не выдержала бы давленія крови, еслибы она не было подкрѣплено снаружи слоемъ живыхъ клѣтокъ той ткани, среди которой пробѣгаетъ капиллярный сосудъ. Живая ткань обладаетъ, какъ извѣстно, значительной резистентностью, что врачи издавна обозначаютъ словомъ *turgor vitalis*. Слѣдов., если на капиллярную стѣнку производится изнутри давленіе кровью, протекающей внутри капилляра, за то снаружи на стѣнку капилляра давить полужидкая (содержащая въ среднемъ до 75% воды) живая ткань; эти давленія уравниваются другъ друга; благодаря этому, стѣнка капилляра и не разрывается.

Намъ остается еще рассмотретьъ кровяное давленіе въ венозной системѣ. Венозная система имѣетъ одинаковое протяженіе съ артеріальной. Слѣдовательно, еслибы кровь текла по венамъ такъ же энергично, какъ и по артеріямъ, очевидно, всѣ условія кровяного тока должны были-бы быть въ венахъ и артеріяхъ одинаковы. Такъ какъ ближайшей причиною движенія жидкости по кровяному руслу является разница давленій въ различныхъ отдѣлахъ кровеносной системы, то очевидно, что можно составить себѣ понятіе о движущихъ силахъ для кровяного потока въ артеріяхъ и венахъ, взявши разницу давленій въ началѣ артеріальной системы и въ концѣ ея, равно какъ въ началѣ венозной системы и въ концѣ ея. Давленіе въ аортѣ=180 mm., въ капиллярахъ (въ концѣ артерій и въ началѣ венозной системы) оно равно 40 mm; въ концѣ венозной системы кровяное давленіе равна нулю. Слѣдовательно, разница давленій въ началѣ и концѣ артеріальной системы равна 140 mm, для венозной—эта разница составляетъ всего 40 mm. Само собой понятно, что это различіе въ движущихъ силахъ между артеріями и венами не можетъ не отражаться на венозномъ токъ крови: венозный токъ крови слабъ; движущей силы кровяного давленія хватаетъ для передвиженія крови по венамъ при нормальныхъ условіяхъ. Но стоитъ этимъ условіямъ нѣсколько измѣниться, даже не выходя за предѣлы нормы, какъ тотчасъ же обнаруживается недостаточность движущей силы венозной системы.

Напр., когда человекъ долгое время стоитъ неподвижно или ѣдетъ въ экипажѣ, сидя съ опущенными внизъ ногами—въ этихъ случаяхъ, какъ говорятъ, „ноги нѣмѣютъ“. Это ощущеніе служитъ выраженіемъ венознаго застоя, скопленія крови въ венахъ нижнихъ конечностей. Въ описываемомъ случаѣ крови приходится, возвращаясь къ сердцу, двигаться вверхъ, т. е. преодолевать дѣйствіе силы тяжести—въ этомъ случаѣ и сказывается недостаточность движущихъ силы венознаго тока крови.

Эта недостаточность исправляется отчасти тѣмъ, что организмъ можетъ утилизировать въ смыслѣ усиленія венознаго потока всѣ случайныя механическія воздѣйствія, въ родѣ давленія на кожу, мышечныхъ движеній, движеній въ суставахъ и проч. Въ периферическихъ венахъ, какъ извѣстно, имѣется рядъ попарно расположенныхъ клапановъ, допускающихъ токъ крови только въ одномъ направленіи, отъ капилляровъ къ сердцу. Участокъ вены, расположенный между двумя такими парами, можно сравнить съ сердцемъ; подобно сердцу, этотъ участокъ снабженъ рационально устроенными клапанами; еслибы просвѣтъ этого участка вены уменьшился, клапаны направили бы содержащуюся въ этомъ участкѣ кровь въ должную сторону. Но, въ отличіе отъ сердца, венозная стѣнка не содержитъ въ своемъ составѣ такихъ мышцъ, какія находятся въ сердцѣ и какія необходимы для активнаго выбрасыванья крови изъ вены \*). Поэтому то этимъ венознымъ сердцамъ, усѣивающимъ вены конечностей на всемъ ихъ протяженіи, и приходится заимствовать извнѣ то, что не достаетъ имъ, чтобы играть роль истиннаго сердца, т. е. движущую силу. Для передвиженія крови по венамъ, разумѣется, совершенно безразлично, будутъ ли стѣнки венъ активно сокращаться, или же вена будетъ сдавливаться извнѣ давленіемъ на кожу и проч. Всѣ эти случайныя насилія вена, благодаря присутствію въ ней клапановъ, утилизируетъ въ смыслѣ усиленія тока крови.

Къ этимъ случайнымъ источникамъ движущей силы относится, во первыхъ, давленіе, поглаживанье, поколачиванье и прочія механическія воздѣйствія на кожу. Благодаря поверхностному положенію венъ, всѣ эти воздѣйствія сдавливаютъ просвѣтъ вены, изгоняютъ содержащуюся въ ней кровь и, благодаря присутствію клапановъ, изгоняютъ всегда въ опредѣленномъ направленіи—къ сердцу. Далѣе, вены, проходящія около нѣкоторыхъ суставовъ, напр., тазобедреннаго, такъ укрѣплены среди связокъ, окружающихъ суставъ, что каждое движеніе въ суставѣ вызываетъ попеременное спаденіе и разширеніе просвѣта вены. Слѣдов., при ходьбѣ, напр., мы съ каждымъ шагомъ выкачиваемъ венозную кровь, содержащуюся въ венахъ нижней конечности, поэтому то во время ходьбы и не бываетъ такого сильнаго венознаго застоя, какъ при неподвижномъ стояніи на одномъ мѣстѣ. Положеніе тѣла не остается также безъ вліянія на токъ крови въ венахъ, можно различать два крайнихъ положенія тѣла, изъ которыхъ при одномъ просвѣтъ всей венозной системы наибольшій, при другомъ—наименьшій. При первомъ положе-

\* ) Извѣстно, что мышечный слой венъ развитъ очень слабо.



нiя тѣла субъектъ сидитъ, ноги пригнуты къ туловищу, согнуты во всеѣхъ суставахъ, голова опущена на грудь, согнутыя руки приложены ладонями къ вискамъ. Второе положенiе тѣла человекъ принимаетъ, потягиваясь послѣ, напр., продолжительнаго неподвижнаго сидѣнiя: онъ стоитъ при этомъ, разставивши ноги, откинувши туловище и голову назадъ и раскинувши руки въ стороны. Между двумя этими крайними положенiями существуетъ, конечно, дѣльный рядъ промежуточныхъ положенiй; когда человекъ переходитъ изъ положенiя, болѣе соответствующаго первому типу, въ положенiе, приближающееся ко второму типу,—при этомъ онъ уменьшаетъ просвѣтъ венозной системы, т. е. вытѣсняетъ кровь, содержащуюся въ венахъ, по направленiю къ сердцу.

Наконецъ, однимъ изъ существенныхъ факторовъ, усиливающихъ венозный токъ крови, является т. назыв. отрицательное давленiе, или присасывающее дѣйствiе грудной клѣтки.

Какъ извѣстно, легкiя, одѣтыя висцеральнымъ листкомъ плевры, вставлены въ грудную клѣтку, выстланную изнутри парiетальной плеврой, такимъ образомъ, что, нигдѣ не сростаясь со стѣнкой груди, они тѣмъ не менѣе выполняютъ грудную клѣтку дѣликомъ, такъ что между наружной поверхностью легкiхъ и внутренней поверхностью грудной клѣтки остается лишь щелевидное пространство, наполненное небольшимъ количествомъ жидкости. Это щелевидное пространство, называемое плевральнымъ пространствомъ, не содержитъ совершенно воздуха и не сообщается съ наружной атмосферой. Поэтому, если представить себѣ, что легкiя съ силой оттянуты отъ грудной клѣтки—въ этомъ случаѣ въ плевральной полости должна образоваться пустота. Если теперь отпустить оттянутыя легкiя, они вновь плотно прилягутъ къ грудной стѣнкѣ, благодаря тому, что на внутреннюю поверхность легкаго, сообщающуюся съ атмосферой чрезъ трахею, дѣйствуетъ атмосферное давленiе, а снаружи—въ плевральномъ пространствѣ—пустота, т. е. давленiе равно нулю.

Благодаря этимъ условiямъ, легкое и прилегаеть плотно къ грудной стѣнкѣ, выполняя нацѣло всю грудную полость. Но для того, чтобы легкое могло выполнить все пространство грудной полости, оно должно растянуться за предѣлы своего нормальнаго объема. Вынутое изъ трупа легкое замѣтно меньше грудной клѣтки. Поэтому, выполняя на нескрытомъ трупѣ \*) всю полость грудной клѣтки, легкое находится въ растянутомъ состоянiи. Легкiя содержатъ въ себѣ большое количество упругой ткани и вслѣдствiе этого обладаютъ въ высшей степени совершенной эластичностью, т. е., будучи растянуто, легкое тотчасъ же сокращается, какъ только растягивающая его сила перестала дѣйствовать. Силой, растягивающей легкое, является разница воздушнаго давленiя, дѣйствующаго на внутреннюю и на наружную поверхность легкаго. Поэтому, если эту разницу уничтожить, если уравнять давленiе, дѣйствующее на легкое изнутри и снаружи, напр., прорѣзавши грудную стѣнку и впустивши воздухъ въ плевральное

\*) Конечно, то же самое относится и къ живому человекъ.

пространство—въ этомъ случаѣ легкое сжимается до своего нормальнаго объема.

Въ нормальномъ состояніи, при ненарушенной цѣлости грудной стѣнки легкое стремится также сократиться, сжаться, но оно не можетъ этого сдѣлать, потому что отдѣлиться отъ грудной стѣнки оно не въ состояніи, такъ какъ это повлекло бы за собой образование пустоты въ плевральномъ пространствѣ, а потянуть за собой грудную кѣтку легкое не въ силахъ ввиду неподатливости послѣдней. Но въ грудной полости проходятъ большія вены, приносящія кровь къ сердцу. Если эти вены сильно наполнятся кровью, онѣ естественнымъ образомъ уменьшаютъ свободное пространство грудной кѣтки, такъ какъ сами при наполненіи займутъ большій объемъ. Наполненные кровью вены дадутъ возможность легкому спастись: легкое не можетъ спастись потому, что оно помѣщено въ безвоздушную коробку, имѣющую размѣры больше размѣровъ легкаго. Если же размѣры этой коробки уменьшатся, напр., путемъ наполненія грудныхъ венъ кровью, то легкое тотчасъ же спадется.

Такъ какъ растянутое легкое всегда стремится спастись и въ этомъ стремленіи оно тянетъ за собой все, что въ силахъ потянуть, то оно и оказываетъ присасывающее дѣйствіе на кровь, протекающую по крупнымъ венамъ грудной полости. Потянуть за собой грудную стѣнку легкое не можетъ, но присосать кровь въ вены легкое способно. Вотъ въ этомъ то и состоитъ сущность присасывающаго дѣйствія грудной кѣтки.

Поясимъ сказанное сравненіемъ. Положимъ, въ цилиндрѣ (рис. 27), съ одного конца наглухо закрытомъ, вставленъ хорошо пригнанный, не пропускающій воздуха, поршень В, который соединенъ съ сильно растянутой слабой пружиной А. Изъ нижней части цилиндра боковая трубка, закрываемая краномъ Д, ведетъ къ стакану съ ртутью. Предположимъ, что кранъ Д закрытъ. Поршень съ пружиной изображаетъ собой растянутое легкое. Пружина стремится сократиться, но не можетъ, такъ какъ еслибы она сократилась и потянула бы за собой поршень, между поршнемъ и дномъ цилиндра образовалась бы пустота. Поэтому пружина такъ и остается въ натянутомъ состояніи. Но свое стремленіе къ сокращенію пружина сохраняетъ, и сокращается тотчасъ же, лишь только дана будетъ возможность къ сокращенію. Откроемъ кранъ Д; тотчасъ же пружина укоротится и потянетъ за собой столбикъ ртути въ боковую трубку прибора. Такъ какъ наша пружина слабая, она не можетъ втянуть ртуть на большую высоту и сила ея эластической тяги скоро уравнивается не высокимъ, сравнительно, столбикомъ ртути въ трубкѣ.

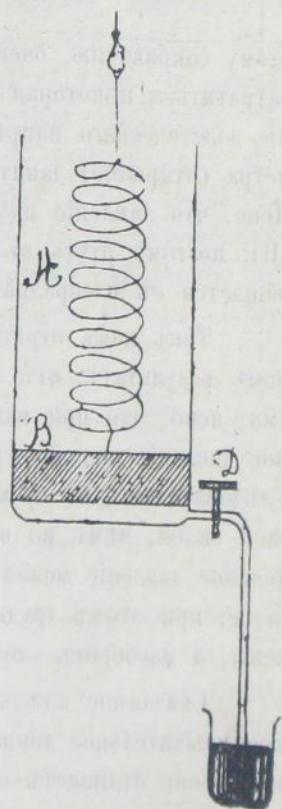


Рис. 27.

Сила эластической тяги легкого и носить название отрицательного давления грудной полости.

Для измерения отрицательного давления грудной полости, съ плевральнымъ пространствомъ, соблюдая извѣстныя предосторожности, соединяють манометръ; ртуть поднимается въ томъ колѣнѣ манометра, которое обращено къ плевральной полости; разница въ высотахъ стоянія ртути въ томъ и другомъ колѣнѣ манометра и служить мѣриломъ отрицательнаго давления въ грудной полости. (рис. 28)

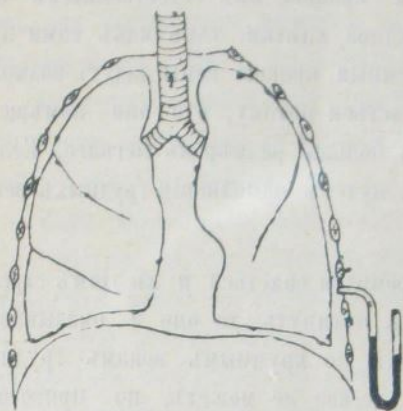


Рис. 28.

Если мы разберемъ силы, дѣйствующія на поверхность ртути въ томъ и другомъ колѣнѣ манометра, для насъ станетъ яснымъ, что другого положенія уровней въ манометрѣ и быть не можетъ. Въ самомъ дѣлѣ, на открытое колѣно манометра давить атмосфера; обозначимъ это давленіе буквой  $H$ . На ртуть въ колѣнѣ манометра, сообщающемся съ плевральнымъ мѣшкомъ, давить также атмосфера, но не непосредственно, а чрезъ посредство легочной ткани. Легочная ткань, какъ пружина, стремится сократиться. Для того чтобы противодействовать

этому сокращенію, очевидно, изъ величины атмосфернаго давленія  $H$  должна затратиться нѣкоторая часть ея (назовемъ ее  $h$ ), которая идетъ на преодоленіе эластическаго напряженія легкихъ. Такимъ образомъ, на одно колѣно манометра (открытое) давить атмосфера съ силой  $H$ , на другое—съ силой  $H-h$ . Ясно, что давленіе внутри плевральной полости ( $H-h$ ) меньше атмосфернаго ( $H$ ); поэтому ртуть въ манометрѣ и поднимается въ томъ колѣнѣ, которое общается съ плевральнымъ пространствомъ.

Такъ какъ отрицательное давленіе грудной кѣтки зависитъ, въ конечномъ результатѣ, отъ того, что легкое растянуто за предѣлы нормальнаго объема, ясно, что при вдыханіи, когда легкое растягивается сильнѣе, отрицательное давленіе должно увеличиваться, при выдыханіи, наоборотъ, уменьшаться. Слѣдовательно, во время вдыханія легкое присасываетъ кровь въ вены съ бѣльшей силой, чѣмъ во время выдыханія. При форсированномъ выдыханіи отрицательное давленіе можетъ дойти до нуля и даже перейти въ положительное давленіе; при этомъ грудная полость не только не будетъ присасывать кровь въ вены, а наоборотъ—будетъ препятствовать крови изливаться въ грудныя вены.

Сказанное каждый легко можетъ провѣрить на себѣ. Если сдѣлать глубокое дыхательное движеніе, закрывши носъ и ротъ, лицо блѣднѣетъ, такъ какъ вся кровь отливаетъ въ грудную полость (опытъ не безопасный, такъ какъ вслѣдствіе анеміи мозга можетъ наступить обморокъ). Наоборотъ, если, также закрывши ротовое и носовое отверстіе, сдѣлать форсированное выдыхательное

движеніе, лицо краснѣетъ, шейныя вены надуваются, словомъ, происходитъ венозный застой въ венахъ головы и лица.

Резюмируемъ все сказанное о венозномъ токъ крови. Кровь движется по венамъ благодаря разницѣ давленій въ началѣ и концѣ венозной системы. Эта разница создается работой сердца; но большая часть сердечной работы тратится на преодоленіе сопротивленія въ капиллярахъ, такъ что на долю венъ приходится очень незначительная часть сердечной работы, настолько незначительная, что венозный токъ крови очень слабъ. Онъ усиливается 1) благодаря тому, что на протяженіи венъ утилизируется всѣ случайные источники силы, вродѣ давленія, мышечныхъ движеній и проч. и 2) благодаря тому, что въ концѣ венозной системы имѣется всасывающій насосъ — грудная полость.

Перейдемъ къ разсматриванію скорости кровяного тока въ различныхъ отдѣлахъ кровеносной системы.

Къ кровеносной системѣ, образующей собой замкнутый кругъ, приложимо то правило скоростей въ трубкахъ, образующихъ одну систему, о которомъ мы говорили въ введеніи и которое гласитъ, что въ такой системѣ скорости обратно пропорціональны площадямъ поперечныхъ сѣченій. Это правило вытекаетъ изъ того соображенія, что черезъ каждый поперечный разрѣзь протекаетъ въ единицу времени одинаковый объемъ жидкости. Въ кровеносной системѣ, въ общемъ, соблюдается то же правило: ни въ одномъ отдѣлѣ ея кровь не можетъ ни скопиться, ни исчезать, такъ какъ еслибы мы допустили на минуту возможность такого скопленія крови въ какомъ либо отдѣлѣ, очевидно, что чрезъ короткое время вся кровь должна была бы собраться здѣсь, а всѣ прочіе отдѣлы кровеносной системы запустѣли бы. Слѣдов., черезъ каждый поперечный разрѣзь кровеносной системы протекаетъ въ единицу времени одинаковые объемы крови. А разъ это такъ, то, очевидно, скорость кровяного тока обратно пропорціонально площади поперечнаго сѣченія.

Общая площадь поперечнаго сѣченія кровеносной системы растетъ по направленію отъ сердца къ капиллярамъ; это зависитъ оттого, что сумма просвѣтовъ тѣхъ двухъ вѣтвей, на которыя дѣлится та или иная артерія всегда больше просвѣта дѣлящейся артеріи. Особенно значительно увеличивается общій просвѣтъ кровеносной системы въ области капилляровъ. Хотя просвѣтъ каждаго капиллярнаго сосуда имѣетъ микроскопическую величину, но если мы вспомнимъ, какое громадное количество капилляровъ образуетъ кровеносная система, легко понять, что общая сумма площадей всѣхъ капиллярныхъ сосудовъ представить собой весьма почтенную величину. Въ венозной системѣ наблюдаются тѣ же самыя отношенія, что и въ артеріальной, только въ обратномъ порядкѣ: широкій у начала венозной системы (около капилляровъ) просвѣтъ постепенно по мѣрѣ приближенія къ сердцу суживается. Однако, даже и въ крупныхъ, ближайшихъ къ сердцу венахъ просвѣтъ венозной системы больше, чѣмъ въ соответственномъ

мѣсть артеріальной системы (въ аортѣ). Скорости распредѣляются обратно пропорціонально ширинѣ просвѣта; слѣдовательно, наибольшая скорость наблюдается въ началѣ аорты; по мѣрѣ развѣтвленія артеріальнаго русла скорость уменьшается; въ капиллярахъ она наименьшая. Въ мелкихъ венахъ скорость вновь начинаетъ возрастать и растетъ все больше по мѣрѣ слиянія венозныхъ стволиковъ въ болѣе крупныя вены. Но и въ венахъ, ближайшихъ къ сердцу, скорость меньше, чѣмъ въ начальной артеріи. Эти отношенія изображены графически на кривой (рис. 29); смыслъ этой кривой послѣ всего сказаннаго ясенъ самъ собою.

Отмѣчу лишь, что при каждой систолѣ скорость кровяного тока въ артеріяхъ на короткое время увеличивается; однако, эти пульсаторныя увеличенія

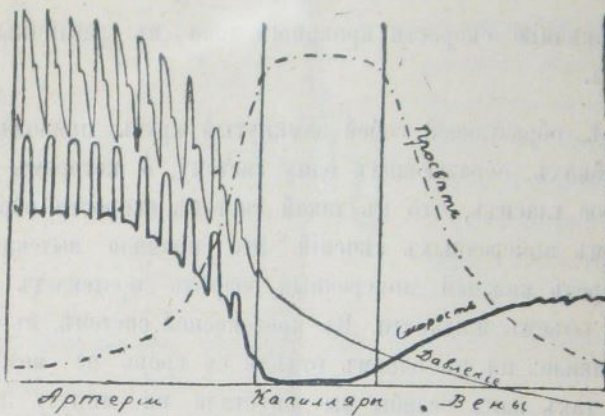


Рис. 29.

скорости настолько незначительны, что на вены не передаются. Тѣ же увеличенія скорости, которыя отмѣчены въ концѣ венозной системы и которыя также совпадаютъ съ ударами сердца, происходятъ вслѣдствіе присасыванья крови изъ венъ предсердіемъ во время его діастолы. На той же кривой нанесено кровяное давленіе, господствующее въ различныхъ отдѣлахъ кровеносной системы.

Скорость кровяного тока въ артеріяхъ (karotis)	=	400	мм	въ	1	сек.
„ „ „ „ капиллярахъ	=	0,5	„	„	„	„
„ „ „ „ венахъ (jugularis)	=	380	„	„	„	„

Изъ этой таблички видно, что скорость кровяного тока въ капиллярахъ, дѣйствительно, очень мало; кровяной шарикъ передвигается въ волосныхъ сосудахъ со скоростью, приблизительно отвѣчающей скорости движенія конца секундной стрѣлки въ карманныхъ часахъ. Это медленное теченіе крови въ волосныхъ сосудахъ имѣетъ физиологическій смыслъ, такъ какъ именно въ капиллярныхъ сосудахъ происходитъ обмѣнъ между кровью и тканями; кровь отдаетъ тканямъ кислородъ и питательныя вещества, воспринимаетъ изъ тканей угольную кислоту и другіе, негазообразныя, продукты обмѣна веществъ. Ясно, что только при медленномъ теченіи крови по капиллярамъ возможно достигнуть сколько нибудь удовлетворительнаго обмѣна между кровью и тканями, такъ какъ длина капиллярныхъ сосудовъ очень не велика и еслибы кровь текла чрезъ капилляры съ большой быстротой, она не успѣла бы ни отдать тканямъ, ни принять отъ нихъ веществъ, участвующихъ въ упомянутомъ обмѣнѣ.

Всматриваясь под микроскопомъ въ детали кровяного тока по капиллярамъ, легко замѣтить, что различные форменные элементы крови движутся въ волосныхъ сосудахъ съ различной скоростью. Красные кровяные шарики несутся въ центральной части кровяной струи; периферическіе слои жидкости, расположенные ближе къ стѣнкѣ капилляра, состоятъ изъ чистой плазмы съ кое гдѣ включенными въ нее бѣлыми кровяными шариками; послѣдніе всегда движутся въ периферическихъ слояхъ жидкости. Такое распредѣленіе зависитъ, какъ показываетъ опытъ, отъ разницы въ удѣльномъ вѣсѣ красныхъ и бѣлыхъ кровяныхъ шариковъ. Такъ какъ центральныя струйки жидкости обладаютъ всегда большей скоростью, чѣмъ периферическія, очевидно, что красные кровяные шарики движутся по волоснымъ сосудамъ быстрее бѣлыхъ.

Бѣлые кровяные шарики могутъ даже совершенно останавливаться, прилипать къ стѣнкѣ и, пробуравливая ее отростками своей протоплазмы, выходить изъ кровяного русла въ ткань. Этотъ процессъ, носящій названіе диапедеза, стоитъ въ связи съ защитной ролью бѣлыхъ кровяныхъ шариковъ, съ ихъ способностью активно бороться съ вѣдряющимися въ организмъ бактеріями.

Чтобы закончить ученіе о механикѣ кровообращенія, намъ остается сказать нѣсколько словъ объ артеріальномъ пульсѣ.

Благодаря тому, что стѣнки артерій эластичны, только часть крови, вытолкнутой желудочкомъ во время систолы, передвигается по длинѣ аорты, другая же часть крови, растягивая стѣнки аорты, находитъ себѣ помѣщеніе въ начальной части ея. Стѣнки аорты, какъ всякое эластическое тѣло, будучи растянуты, стремятся прійти въ свое нормальное положеніе; при этомъ они, сокращаясь, выдавливаютъ содержащуюся въ нихъ кровь, которая переходитъ въ слѣдующій отрѣзокъ аорты, растягивая его въ свою очередь. Здѣсь повторяется то же самое и такимъ образомъ возникаетъ волна, пробѣгающая по эластической трубкѣ артерій отъ начала аорты до мельчайшихъ развѣтвленій артерій. Эта волна и носить названіе пульса. Частицы жидкости, передающей волну отъ одного участка артеріи къ слѣдующему, не совершаютъ поступательнаго движенія: волна бѣжитъ впередъ, а частицы жидкости, продѣлавши круговое движеніе, возвращаются вновь на то мѣсто, на которомъ онѣ были раньше. По длинѣ артерій бѣжитъ только волна, т. е. измѣненіе формы артерій, матеріальныя же частицы, продѣлавъ нѣкоторое колебаніе вокругъ своего положенія равновѣсія, вновь возвращаются въ это положеніе.

Сказанное легко понять изъ слѣдующихъ примѣровъ. Когда вы смотрите на волнующуюся поверхность моря, вы замѣчаете, что, напр., щепка, брошенная въ воду, прыгая вверхъ и внизъ по набѣгающимъ волнамъ, остается, въ сущности, на одномъ и томъ же мѣстѣ; очевидно, что и частицы жидкости, окружающей щепку, дѣлаютъ лишь колебанія вокругъ своего положенія равновѣсія, но не бѣгутъ вмѣстѣ съ волной. Бѣжитъ измѣненіе формы поверхности, а ма-

теріальныя частицы не совершаютъ поступательнаго движенія, а лишь колебательное, маятникообразное. Другой примѣръ. Положимъ, предъ нами длинная веревка, слабо натянутая между двумя кольями. Если мы оттянемъ веревку около одного изъ ея укрѣпленныхъ концовъ кверху и затѣмъ быстро отпустимъ, по веревкѣ до ея другого конца побѣжитъ волна; очевидно, что въ веревкѣ, тѣлѣ твердомъ, частицы ея не могутъ передвигаться вмѣстѣ съ движеніемъ волны. Волна, пробѣгающая по стѣнкѣ артерій, очень сходна съ волной, бѣгущей по этой веревкѣ.

Что пробѣганіе волны по трубкѣ не связано съ движеніемъ впередъ жидкости, заключенной въ трубкѣ, это можно всего яснѣе видѣть на слѣдующемъ опытѣ. Возьмемъ резиновую трубку, наполненную водой и завязанную съ одного конца. Другой конецъ трубки соединимъ съ насосомъ. Если мы сдѣлаемъ движеніе поршнемъ насоса, по трубкѣ побѣжитъ волна. Очевидно, здѣсь не можетъ быть и рѣчи о передвиженіи жидкости впередъ, такъ какъ другой конецъ трубки замкнутъ. Тѣмъ не менѣе, волна бѣжитъ впередъ, т. е. вновь мы убѣждаемся, что передвиженіе волны не связано съ передвиженіемъ впередъ частицъ жидкости.

Для изученія формы того движенія, которое продѣлываютъ артеріальныя стѣнки во время пульсаціи, употребляютъ приборы, называемые сфигмографами.

Одинъ изъ такихъ сфигмографовъ представленъ на рис. 30. Онъ состоитъ изъ пружины, надавливающей своимъ свободнымъ концомъ на артерію. Съ этимъ концомъ пружины при помощи зубчатой передачи соединенъ пишущій рычажокъ, записывающій движенія пружины на закопченной бумагѣ, приводимой въ движеніе часовымъ механизмомъ.

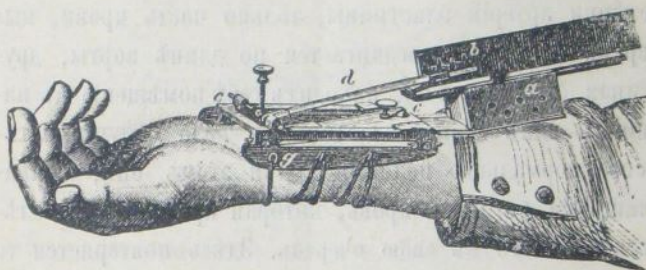


Рис. 30.

Одинъ изъ такихъ сфигмографовъ представленъ на рис. 30. Онъ состоитъ изъ пружины, надавливающей своимъ свободнымъ концомъ на артерію. Съ этимъ концомъ пружины при помощи зубчатой передачи соединенъ пишущій рычажокъ, записывающій движенія пружины на закопченной бумагѣ, приводимой въ движеніе часовымъ механизмомъ.

Кривая, получаемая при помощи этого прибора, изображена на рис. 31. Присматриваясь къ ней, мы видимъ, что на главной волнѣ, обусловливаемой систолой предсердія, замѣчается еще нѣсколько мелкихъ, прибавочныхъ волнъ В С и D, накладывающихся на главную въ ея исходящей части. Спрашивается, какимъ образомъ происходятъ эти добавочныя волны?

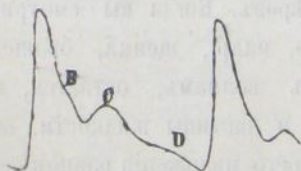


Рис. 31.

Среди этихъ вторичныхъ волнъ особенно выдается одинъ подъемъ, обозначенный буквой (С). Этотъ подъемъ происходитъ отъ т. назыв. обратнаго толчка, отъ удара крови о полудунные (карманные) клапаны аорты. Самый же этотъ обратный толчекъ крови объясняется слѣдующимъ образомъ. Когда кровь

выбрасывается съ силой въ начало аорты, она, по инерціи пролетаетъ по аортѣ настолько далеко, что въ самомъ началѣ аорты, около клапановъ образуется т. назыв. пустота \*). Эта пустота, разумѣется, обладаетъ присасывающими свойствами; благодаря этому, въ слѣдующій моментъ кровь присасывается въ эту пустоту, причемъ она движется обратнымъ токомъ и съ силой ударяетъ въ захлопнутые карманные клапаны. Отражаясь отъ нихъ, кровь и даетъ обратную волну, которая сказывается на пульсовой кривой подъемомъ (С). Что касается другихъ вторичныхъ волнъ, онѣ обуславливаются т. назыв. эластическими колебаніями артеріальной стѣнки. Разъ выведенная изъ положенія равновѣсія, артеріальная стѣнка, какъ всякое упругое тѣло, не сразу возвращается въ покойное положеніе. Растянутыя стѣнки артерій, сокращаясь, проходятъ чрезъ спокойное положеніе, вновь возвращаются назадъ и т. д. Вотъ эти эластическія колебанія и даютъ вторичныя волны.

Пульсовая волна бѣжитъ по артеріальной стѣнкѣ съ большой, сравнительно, скоростью, именно, въ 1 секунду она пробѣгаетъ около 8 метровъ. Сопоставляя эту скорость со скоростью тока крови (0,4 метра въ 1 секунду), мы лишній разъ убѣждаемся въ независимости движенія пульсовой волны отъ движенія крови.

Какова продолжительность кругооборота крови? Сколько времени нужно для того, чтобы частица крови или кровяной шарикъ, объѣжавши весь кругъ кровообращенія, вновь возвратился на то мѣсто, съ котораго онъ началъ кругооборотъ?

Для рѣшенія этого вопроса въ одну изъ парныхъ венъ (напр. въ правую яремную вену) впрыскиваютъ какое либо вещество, которое легко можно было бы затѣмъ найти въ крови, и отмѣчаютъ время (съ этой цѣлью употребляется желѣзистосинеродистый натрій, легко открываемый при помощи полуторохлористаго желѣза, такъ какъ какъ при этомъ образуется синій осадокъ берлинской лазури). Затѣмъ изъ лѣвой яремной вены берутъ послѣдовательно нѣсколько порцій крови для изслѣдованія. Первая порція, въ которой появляется желѣзистосинеродистый натрій, служитъ отмѣткой того момента, въ который кровь объѣжала весь кругъ кровообращенія, такъ какъ какъ впрыснутая соль пришла въ пунктъ, симметричный мѣсту впрыскиванья.

Продолжительность полного кругооборота крови у лошади=31½ секунды, у собаки=16, 7 сек., у кролика=7, 46 сек., у козы=14, 14 сек.

\*) Въ дѣйствительности, здѣсь пустота, конечно, не образуется, такъ какъ податливыя стѣнки аорты сейчасъ же вдавливаются внутрь.



## ИННЕРВАЦІЯ СЕРДЦА.

Человѣкъ издавна относитъ на счетъ сердца цѣлый рядъ душевныхъ движеній, какъ: любовь, ненависть, страхъ и проч. Между тѣмъ мы знаемъ, что сердце представляетъ собой, въ сущности, мышечный органъ, выполняющій лишь механическія задачи, но совершенно не участвующій въ психическихъ явленіяхъ. Вѣковѣчная же ошибка локализациі, которую дѣлаетъ человѣчество, объясняется тѣмъ, что сердце необыкновенно чутко реагируетъ на всѣ симпатическіе и психическіе процессы организма; такимъ образомъ, при всякомъ душевномъ движеніи дѣятельность сердца мѣняется, а это въ свою очередь даетъ поводъ къ появленію тѣхъ смутныхъ ощущеній въ области сердца, которыя сопровождаютъ всякое душевное движеніе и даютъ поводъ считать сердце центральнымъ органомъ дѣятельности чувства. Есть люди, которымъ стоитъ подумать о чемъ либо печальномъ, какъ тотчасъ же въ отвѣтъ на это сердцебиеніе замедляются; наоборотъ, радостныя мысли ускоряютъ сердцебиеніе. Изъ фізіологическихъ явленій въ тѣлѣ сердце особенно тонко реагируетъ на мышечныя движенія. Когда человѣкъ лежитъ, его пульсъ бьется рѣдко; но стоитъ ему подняться и сѣсть, какъ тотчасъ же сердцебиеніе учащается; при стояніи сердце работаетъ еще быстрѣе, еще быстрѣе оно работаетъ при ходьбѣ, и, чѣмъ усиленнѣе ходьба, тѣмъ энергичнѣе работаетъ сердце.

Все это заставляетъ предполагать существованіе сложныхъ и многообразныхъ нервныхъ связей, соединяющихъ сердце съ различными областями и органами тѣла и ставящихъ сердце въ зависимость отъ дѣятельности этихъ органовъ. Однако, всѣ эти нервныя связи способны лишь видоизмѣнять дѣятельность сердца, учащать и замедлять сердцебиеніе, усиливать и ослаблять удары сердца; но они не являются причиной, вызывающей дѣятельность сердца, такъ какъ сердце, отдѣленное отъ всѣхъ нервныхъ связей, даже вырѣзанное изъ организма, способно самопроизвольно, т. е. безъ всякихъ на него воздѣйствій, сокращаться.

Эта способность вырѣзаннаго сердца къ произвольнымъ сокращеніямъ основывается на присутствіи въ сердцѣ нервного прибора, состоящаго не только изъ нервныхъ волоконъ, но и изъ нервныхъ клѣтокъ. Какъ мы увидимъ дальше, въ главѣ о нервной системѣ, нервныя волокна сами не вырабатываютъ возбужденія, а лишь передаютъ то возбужденіе, которое родилось гдѣ либо въ другомъ мѣстѣ. Очагомъ, на которомъ зарождается импульсъ къ сокращенію мышцы, является нервная клѣтка. Отсюда ясна роль нервныхъ клѣтокъ въ иннервациі сердца: отъ нихъ исходитъ то возбужденіе, которое затѣмъ по нервнымъ волокнамъ передается мышцѣ сердца.

Въ сердцѣ (лягушки) извѣстны три скопленія нервныхъ клѣтокъ. Сердце этого животнаго состоитъ изъ 3-хъ этажей: 1) расширенное устье вены, впа-

дающихъ въ сердце, т. назыв. венозная пазуха, 2) 2 предсердія и 3) одинъ желудочекъ; эти три отдѣла сердца сокращаются нормально въ той послѣдовательности, въ которой они перечислены, т. е. сокращеніе сердца начинается съ систолы венозной пазухи, затѣмъ слѣдуетъ сокращеніе предсердій и, наконецъ, сокращеніе желудочка. 3 нервныхъ узла, присутствующіе въ сердцѣ лягушки, распредѣляются въ немъ слѣдующимъ образомъ: первый узелъ (т. наз. узелъ Ремака) лежитъ въ стѣнкѣ венозной пазухи; второй узелъ—Людвига—въ перегородкѣ между предсердіями и, наконецъ, третій узелъ (Биддера) лежитъ въ верхней трети (и отчасти въ средней трети) стѣнки желудочка. Нижняя треть стѣнки желудочка не содержитъ совершенно нервныхъ клѣтокъ: здѣсь среди мышечныхъ элементовъ залегаютъ лишь нервныя волокна. Поэтому то отрѣзанная отъ остального сердца верхушка его не способна къ автоматическому сокращенію; она остается совершенно неподвижной, хотя способность къ сокращенію въ ней и сохранена, такъ какъ на раздраженіе (уколъ, электрической токъ) отрѣзанная верхушка сердца отвѣчаетъ сокращеніемъ; слѣдов., ей лишь недостаетъ раздраженія, т. е. того нервного импульса, который вырабатывается только въ нервныхъ клѣткахъ; а эти послѣдніе отдѣлены разрѣзомъ отъ мышцъ верхушки.

Какъ видно изъ предыдущаго, иннервація сердца лягушки—этого маленькаго органа очень сложна; она состоитъ изъ трехъ отдѣльныхъ нервныхъ центровъ. Спрашивается, какую-же роль играетъ каждое изъ тѣхъ скопленій нервныхъ клѣтокъ, о которыхъ упомянуто выше. Нѣкоторое представленіе о роли отдѣльныхъ нервныхъ узловъ сердца даетъ опытъ Станніуса. Онъ состоитъ изъ двухъ фазъ. 1-я фаза: на вырѣзанномъ сердцѣ отрѣзаютъ венозную пазуху отъ другихъ отдѣловъ сердца; тотчасъ же предсердія и желудочекъ останавливаются въ расслабленномъ состояніи (въ діастолѣ), въ то время какъ венозная пазуха продолжаетъ сокращаться съ прежней частотой. Однако, остановки желудочка не окончательныя. Если во второй фазѣ опыта сдѣлать второй разрѣзъ на границѣ между предсердіями и желудочкомъ, желудочекъ вновь начинаетъ автоматически сокращаться. Среди разнообразныхъ толкованій, которыя даются опыту Станніуса, наиболѣе распространено слѣдующее. Предполагается, что узлы Ремака и Биддера дѣйствуютъ на мышцы сердца возбуждающимъ образомъ; наоборотъ, узелъ Людвига угнетаетъ, останавливаетъ сокращеніе сердца. Притомъ, стимулы, исходящіе изъ узловъ Ремака и Биддера, каждый въ отдѣльности, слабѣе, чѣмъ задержка, исходящая изъ узла Людвига. Поэтому на неповрежденномъ сердцѣ, гдѣ противъ задерживающаго узла Людвига борются два стимулирующихъ узла Ремака и Биддера, побѣда остается за этими послѣдними, и въ результатѣ сердце автоматически сокращается. Отрѣзая венозную пазуху, мы отдѣляемъ ее отъ задерживающаго узла Людвига, но возбуждающій узелъ Ремака остается при ней; поэтому она продолжаетъ сокращаться. Наоборотъ, въ предсердіяхъ и желудочкѣ задержкѣ, исходящей изъ Людвигова узла, противопоставляется возбужденіе, идущее только изъ узла Биддера; послѣдній, какъ сла-

бѣйшій, побѣждается—и въ результатѣ предсердіе и желудочекъ послѣ перваго разрѣза Станніуса остаются въ разслабленномъ состояніи. Второй разрѣзъ ставитъ желудочекъ въ такое же положеніе, въ которое поставлена была венозная пазуха первымъ разрѣзомъ, т. е. онъ отдѣляется отъ задерживающаго Людвигова узла, но остается въ связи съ возбуждающимъ узломъ Биддера; результатъ возобновленіе сокращеній желудочка.

Но кромѣ этихъ внутрисердечныхъ нервныхъ приборовъ, къ сердцу подходятъ нервные стволы, соединяющіе сердце съ центральной нервной системой. Изъ этихъ сердечныхъ нервовъ лучше изучены 3 пары нервныхъ стволовъ; это: 1) блуждающій нервъ, задерживающій дѣятельность сердца, т. е. или замедляющій или совершенно останавливающій сердечныя пульсаціи, 2) вѣтви симпатическаго нерва, ускоряющія сердцебіеніе и 3) т. назыв. *nervus depressor*, который на сердце не дѣйствуетъ, а, наоборотъ, несетъ отъ сердца къ центральной нервной системѣ возбужденіе, которое по рефлексу передается на сосудодвигательный центръ и вызываетъ общее расширеніе сосудовъ тѣла.

При раздраженіи периферическаго конца перерѣзаннаго на шеѣ блуждающаго нерва, удары сердца или замедляются или на время совсѣмъ останавливаются. Кривая кровяного давленія характернымъ образомъ падаетъ, какъ это изображено на рис. 32.

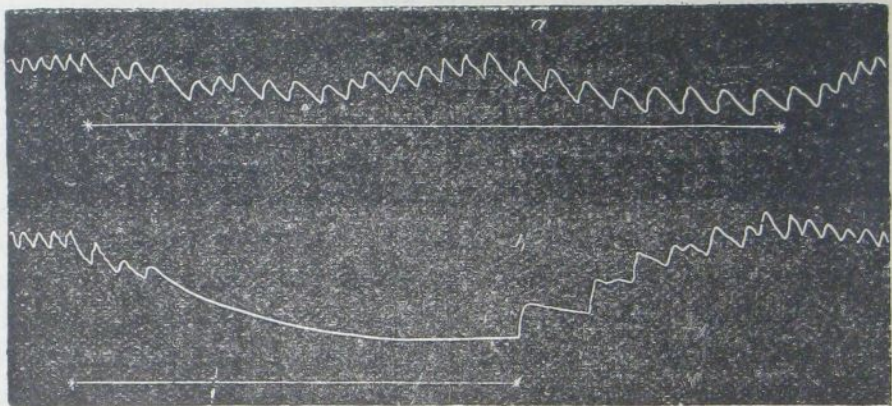


Рис. 32.— а) Крив. арт. давленія у кролика, снятая при слабомъ раздраженіи *n. vagi*  
 б) Крив., снятая при употребленіи болѣе сильныхъ индукціонныхъ токовъ.  
 Время раздраженія нерва показано звѣздочками.

Если на шеѣ перерѣзанъ только одинъ блуждающій нервъ, а другой цѣль, то эффектъ раздраженія—замедленіе сердцебіенія—получается не только съ периферическаго, но и съ центральнаго конца перерѣзаннаго нерва. Въ этомъ случаѣ, очевидно, раздраженіе по рефлексу передается на центръ блуждающихъ нервовъ (въ продолговатомъ мозгу) и отсюда по неповрежденному блуждающему нерву передается на сердце. Если перерѣзать оба блуждающихъ нерва, то, очевидно, описанный рефлексъ уничтожается. Но послѣ перерѣзки обоихъ блуждающихъ нервовъ сердцебіеніе учащается. Это объясняется такимъ образомъ, что блуждающіе нервы (т. е., въ сущности, ихъ центры) находятся въ состояніи нѣкотораго непрерывнаго тоническаго возбужденія, благодаря которому

сердцебиение слегка замедлено. Как только оба *nn. vagi* перерезаются, это тоническое возбуждение исчезает—в результате учащение сердцебиения.

Ускоряющие нервы сердца происходят из нижнего шейного узла симпатического нерва, а к нему подходят в состав Вессеновой петли из верхнего грудного узла *n. sympathicus*; в свою очередь верхний грудной узел получает ускоряющие волокна в вид соединительных ветвей из спинного мозга. При раздражении названных нервных веточек сердцебиение учащается; число ударов сердца в 1 минуту возрастает на 30—70%. Но при этом кровяное давление остается на своей нормальной высоте, как это изображено на прилагаемой кривой (рис. 33). Эта неизменяемость кровяного давления, не смотря на учащение пульса, объясняется тем, что хотя удары сердца и становятся чаще, но сила каждого отдельного сокращения ослабляется.

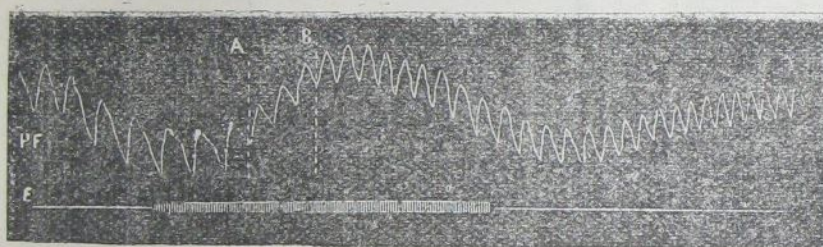


Рис. 33.

Вследствие этого, количество крови, выбрасываемое сердцем в течение, напр., одной минуты, остается тем же, что раньше. Точно также и при слабом раздражении блуждающих нервов, не смотря на замедление сердцебиения, кровяное давление остается на прежней высоте, потому что каждый удар становится энергичнее и при каждой систоле выбрасывается в артериальную систему значительно больше крови. Следовательно, возбуждение как ускоряющих, так и замедляющих нервов сердца не меняет количества работы, производимой сердцем: при этом работа сердца лишь иначе распределяется во времени. Поясним примѣромъ. Въ смыслѣ количества затраченной работы все равно, будемъ ли мы подниматься по лѣстницѣ мелкими шажками, со ступеньки на ступеньку, или будемъ ска-

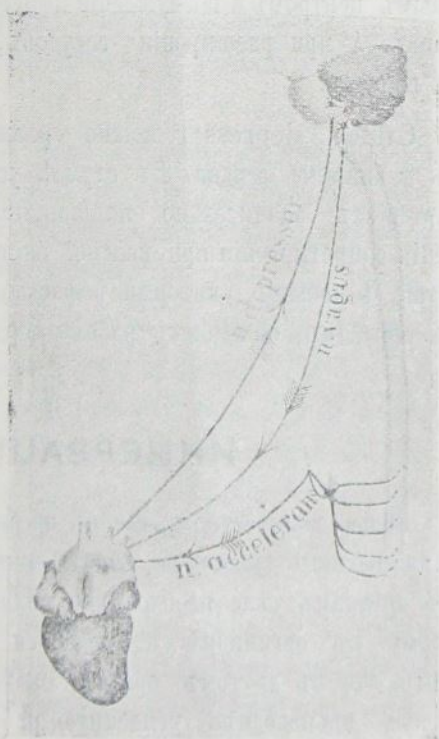


Рис. 34

кать сразу через несколько ступеней; въ томъ и другомъ случаѣ лишь распределение работы будетъ различное.

Третій нервный стволъ сердца, *n. depressor*, несетъ возбужденіе отъ сердца къ центральной нервной системѣ. Если перерѣзать *depressor* на шеѣ и раздражать его периферическій конецъ, никакого эффекта не получится. Наоборотъ, при раздраженіи центрального конца *depressor*'а кровяное давление падаетъ. (Рис. 35) Это зависитъ оттого, что *depressor* связанъ съ сосудодвига-

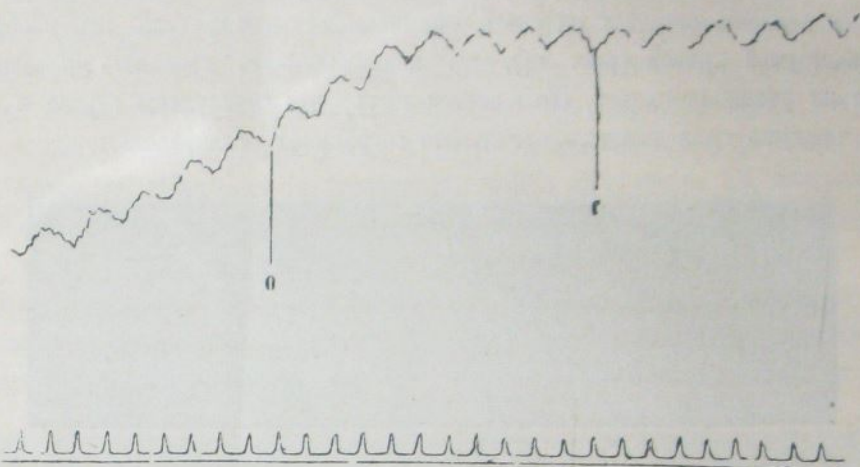


Рис 35.

тельными центромъ и возбужденіе *depressor*'а рефлекторно вызываетъ расширеніе сосудовъ. А при расширеніи сосудовъ, какъ мы видѣли выше, кровяное давление падаетъ.

Слѣдов., *depressor* можно сравнить, какъ говорятъ, съ предохранительнымъ клапаномъ сердца. Въ случаѣ усиленной работы сердца кровяное давление въ артеріяхъ значительно повышается и сердцу приходится преодолевать все большія сопротивленія при каждой систолѣ. Въ эти моменты и проявляетъ свое дѣйствіе *depressor*, который рефлекторно понижаетъ кровяное давление и, такимъ образомъ, облегчаетъ работу сердца.

## ИННЕРВАЦІЯ СОСУДОВЪ.

Общее количество крови въ организмѣ, составляющее всего  $\frac{1}{13}$  часть вѣса тѣла животного далеко не достаточно, чтобы одновременно доставлять различнымъ органамъ тѣла необходимое количество крови во время ихъ дѣятельности. Поэтому въ организмѣ наблюдается поперебнное усиленіе тока крови то въ одномъ, то въ другомъ органѣ, смотря по тому, какая часть тѣла въ данный моментъ производитъ усиленную работу. Такъ, работающая мышца получаетъ во время работы въ 5 разъ больше крови, чѣмъ во время покоя. Во время

пищеваренія большія количества крови приливаютъ къ брюшнымъ внутренностямъ. При всякой мозговой работѣ кровь въ увеличенномъ количествѣ приливаетъ къ мозгу и т. д. Въ то же время другіе, неработающіе органы получаютъ крови меньше и, вслѣдствіе этого, организмъ съ лишь большимъ трудомъ и очень несовершенно можетъ выполнять работу одновременно двумя большими системами органовъ; извѣстно, что во время усиленной мышечной дѣятельности, напр. при ѣздѣ на велосипедѣ, во время пищеваренія и проч. мозгъ не можетъ работать со большою интенсивностью.

Описанныя явленія заставляютъ предполагать существованіе въ организмѣ такихъ приспособленій, которыя позволяли бы направлять кровь то къ одному, то къ другому органу. Эти приспособленія, регулирующія токъ крови по различнымъ органамъ, носятъ названіе сосудодвигательнаго аппарата, такъ какъ сущность ихъ дѣйствія сводится на суженіе и расширеніе, словомъ, на измѣненіе просвѣта артеріальныхъ трубокъ.

Представимъ себѣ артерію, раздѣляющуюся на двѣ вѣтви. Если просвѣты обѣихъ этихъ вѣтвей одинаковые, и токъ крови въ обѣихъ вѣтвяхъ будетъ одинаковый. Если же просвѣтъ одной вѣтви уже, чѣмъ—другой, т. е. сопротивленіе току жидкости въ одной трубкѣ больше, въ этомъ случаѣ кровь распределяется между этими вѣтвями обратно пропорціонально сопротивленіямъ или прямо пропорціонально просвѣту сосуда: чѣмъ сопротивленіе больше, т. е. чѣмъ просвѣтъ меньше, тѣмъ меньшая часть крови придется на долю такого сосуда и наоборотъ. Слѣдов., если дана возможность измѣнять просвѣты этихъ двухъ вѣтвей, мы по произволу можемъ усиливать и ослаблять токъ крови то въ одной, то въ другой вѣтви.

Въ артеріальныхъ стѣнкахъ заложены, какъ извѣстно, мышечныя волокна, которыя, сокращаясь, могутъ суживать просвѣтъ сосудовъ; наоборотъ, когда сокращеніе мышечныхъ клѣтокъ артеріальной стѣнки ослабѣваетъ, сосудъ растягивается господствующимъ въ немъ кровянымъ давленіемъ.

Но, разумѣется, для того, чтобы осуществить то въ высшей степени цѣлесообразное распределеніе крови по органамъ, которое имѣетъ мѣсто въ организмѣ, необходимо координировать дѣятельность мышечнаго аппарата артеріальной стѣнки, т. е. подчинить его нервной системѣ, при помощи которой онъ можетъ быть соединенъ нервной связью съ различными органами и отвѣчать цѣлесообразной реакціей на всѣ перемѣны, происходящія въ этихъ органахъ. Къ разсмотрѣнію перваго механизма, завѣдующаго регуляціей кровяного тока, мы и перейдемъ.

Наблюдая кровеносные сосуды въ прозрачныхъ органахъ, напр., въ ухѣ кролика, въ летательной перепонкѣ летучей мыши, можно замѣтить, что просвѣтъ ихъ не остается неизмѣннымъ; сосуды то расширяются, то суживаются; органъ, въ которомъ они пробѣгаютъ, то краснѣетъ, то блѣднѣетъ. Въ этой игрѣ сосудовъ при измѣняющихся температурныхъ условіяхъ можно замѣтить извѣстную

цѣлесообразность; когда температура окружающаго воздуха падаетъ, сосуды сжимаются (цѣль—уменьшить теплоотдачу); когда температура повышается, кровеносные сосуды расширяются и, такимъ образомъ, теплоотдача увеличивается. Слѣдов., въ игрѣ периферическихъ кровеносныхъ сосудовъ организмъ имѣетъ средство для регуляціи собственной температуры. Подробности объ этомъ мы будемъ говорить впоследствии.

Однако, эта игра кровеносныхъ сосудовъ находится въ зависимости отъ нервной системы. Если у кролика вырвать верхній шейный узелъ симпатическаго нерва, сосуды кроличьяго уха расширяются до *maximum'a* и въ этомъ расширенномъ состояніи остаются, несмотря на перемены въ температурныхъ условіяхъ окружающей среды: сосуды потеряли способность отвѣчать цѣлесообразной реакціей на измѣненія во внешней средѣ, потому что уничтоженъ тотъ рефлекторный центръ (верхній симпатическій узелъ на шеѣ), который завѣдывалъ регуляціей просвѣта сосудовъ. Слѣдовательно, въ периферическихъ нервныхъ узлахъ мы имѣемъ первый извѣстный намъ нервный приборъ, управляющій сосудодвигательными явленіями.

Но периферическими нервными узлами не исчерпывается весь нервный механизмъ, завѣдующій регуляціей просвѣта сосудовъ. Если подвергнуть кролика съ вырѣзаннымъ верхнимъ шейнымъ узломъ *sympathici* болѣе продолжительному наблюденію, оказывается, что черезъ нѣкоторое время нормальная игра сосудовъ восстанавливается и просвѣтъ ихъ вновь начинаетъ регулироваться въ соотвѣтствіи съ внешними условіями. При этомъ регуляцію сосудовъ берутъ на себя центры, заложенные на различныхъ высотахъ спинного мозга, соединяющіеся съ тѣмъ или другимъ отдѣломъ сосудистой системы при помощи т. н. сосудодвигательныхъ нервовъ.

Сосудодвигательные нервы не образуютъ отдѣльных въ анатомическомъ смыслѣ стволонъ. Нервные волокна, принадлежащія къ сосудодвигательному аппарату, пробѣгаютъ въ различныхъ смѣшанныхъ периферическихъ нервахъ, иногда въ секреторныхъ (*chorda tympani*), иногда въ чувствительно-двигательныхъ (*n. ischiadicus*) нервахъ. Открыть присутствіе сосудодвигательныхъ нервовъ въ этихъ смѣшанныхъ нервныхъ стволахъ удастся, конечно, только путемъ фізіологическаго опыта. Раздражая тотъ или иной нервъ электрическимъ токомъ, отмѣчаютъ измѣненія, происходящія при этомъ въ соотвѣтствующихъ сосудахъ. Обычно вслѣдъ за раздраженіемъ смѣшанныхъ нервныхъ стволонъ, содержащихъ въ своемъ составѣ сосудодвигательные волокна, наступаетъ сокращеніе сосудовъ; слѣдов., въ обычныхъ условіяхъ преобладаетъ дѣйствіе сосудосуживающихъ волоконъ. Однако, измѣняя условіе опыта, удастся доказать, что въ организмѣ существуютъ нервныя волокна, раздраженіе которыхъ вызываетъ не сокращеніе, а наоборотъ—расширеніе сосудовъ. Напр., при раздраженіи барабанной струны, сосуды подчелюстной слюнной железы сильно расширяются. Здѣсь въ нервѣ присутствуютъ, очевидно, только сосудорасширяющія волокна. Но въ дру-

гихъ нервахъ, наряду съ сосудосуживающими нервами, пробѣгаютъ и сосудорасширяющіе, только для обнаруженія ихъ присутствія приходится прибѣгать къ особеннымъ приѣмамъ, такъ какъ при обычныхъ приѣмахъ раздраженія нервѣсъ получаютъ нервы сосудосуживающіе. Если же предварительно перерѣзать периферическій нервъ и выждать нѣкоторое время (3—4 дня), то за этотъ періодъ времени сосудосуживающіе нервы успѣваютъ переродиться, омертвѣть, а сосудорасширяющіе остаются еще въ цѣлости. Раздраженіе нерва, подготовленнаго описаннымъ образомъ, вызываетъ не суженіе, а расширеніе сосудовъ.

Нервы—лишь проводники того возбужденія, которое родится въ центрахъ. Поэтому и сосудодвигательные центры представляютъ собой только петли, по которымъ бѣжитъ возбужденіе къ сосудамъ отъ сосудодвигательныхъ центровъ, расположенныхъ на различныхъ высотахъ спинного мозга.

Эти частные сосудодвигательные нервы объединены въ одномъ главномъ сосудодвигательномъ центрѣ, расположенномъ въ продолговатомъ мозгу. При раздраженіи продолговатаго мозга, все сосуды всего тѣла сильно сокращаются. Наоборотъ, перерѣзка спинного мозга подъ продолговатымъ влечетъ за собой паралитическое расширеніе кровеносныхъ сосудовъ и сильное паденіе кровяного давленія.





## ДЫХАНІЕ.

Жизненный процесс у большинства живых существ связанъ съ постояннымъ потребленіемъ кислорода, который окисляетъ, сжигаетъ составныя части живой кѣтки и доставляетъ, такимъ образомъ, организму извѣстный запасъ тепла, освобождающійся при этомъ сгораніи. Такъ какъ въ составъ живой кѣтки входятъ углеродистыя (органическія) вещества, то однимъ изъ продуктовъ горѣнія ихъ является угольная кислота—вещество ядовитое, въ большихъ количествахъ отравляющее организмъ. Въ виду этихъ условій является для организма потребность въ непрерывной доставкѣ кислорода къ тканямъ и непрерывномъ удаленіи угольной кислоты изъ нихъ.

Когда размѣры организма очень невелики (напр., у микроскопическихъ однокѣточныхъ животныхъ), то для удовлетворенія потребностей дыхательнаго газообмѣна оказывается достаточной виѣшняя поверхность тѣла животнаго, чрезъ которую и проходятъ газы—кислородъ изъ окружающей среды въ тѣло животнаго, угольная кислота—въ обратномъ направленіи. Но когда дѣло идетъ о животномъ крупныхъ размѣровъ, напр., человѣкъ, то, благодаря указанному выше неблагоприятному для крупныхъ животныхъ отношенію между поверхностью и объемомъ тѣла (у крупныхъ животныхъ на единицу объема приходится гораздо меньше поверхности, чѣмъ у мелкихъ)—виѣшняя поверхность тѣла не можетъ уже удовлетворить потребностямъ дыхательнаго газообмѣна—она слишкомъ мала для этого. Поэтому крупныя, особенно теплокровныя, животныя (съ оживленными окислительными процессами) совершенно не пользуются кожною поверхностью для дыхательныхъ цѣлей. Взамѣнъ этого виѣшняя поверхность заворачивается внутрь тѣла, образуетъ полость, углубленную внутрь организма и болѣе или мене развѣтвленную (что способствуетъ увеличенію поверхности). Напр., у насѣкомыхъ идутъ внутрь тѣла развѣтвленные трубки, по которымъ наружная атмосфера и доставляется непосредственно къ мѣсту потребленія кислорода и образованія угольной кислоты—къ живой кѣткѣ. У высшихъ животныхъ и человѣка атмосфера не приходитъ въ непосредственное соприкосновеніе съ живыми кѣтками: здѣсь между наружнымъ воздухомъ и тканями является посредникъ—кровь, которая зачерпываетъ въ легкихъ кислородъ, нагруженная кислородомъ течетъ къ тканямъ, гдѣ и отдаетъ запасъ своего кислорода живымъ кѣткамъ, взамѣнъ его получаетъ отъ тканей угольную кислоту, вновь течетъ къ легкимъ, выдѣляетъ ту угольную кислоту, которую она захватила въ тканяхъ, вновь поглощаетъ кислородъ и т. д.

Слѣдовательно, весь процессъ дыхательнаго газообмѣна у человѣка складывается изъ слѣдующихъ фазъ: 1) обмѣнъ воздуха въ легкихъ, т. е. удаленіе ис-

порченного воздуха и замѣна его свѣжимъ (легочная вентиляція) 2) обмѣнъ газовъ между кровью и легочнымъ воздухомъ и 3) обмѣнъ газовъ между кровью и тканями. Въ такомъ порядкѣ мы и рассмотримъ послѣдовательно эти фазы дыхательнаго процесса.

Легкое можно сравнить съ мѣхомъ, вставленнымъ въ коробку съ подвижными стѣнками—въ грудную клѣтку. Притомъ легкое вставлено въ грудную клѣтку совершенно герметически (рис. 36). Благодаря такому анатомическому расположенію, очевидно, что при расширеніи грудной клѣтки, при увеличеніи ея емкости, легкое расширяется, при спаденіи грудной коробки, спадается и легче.

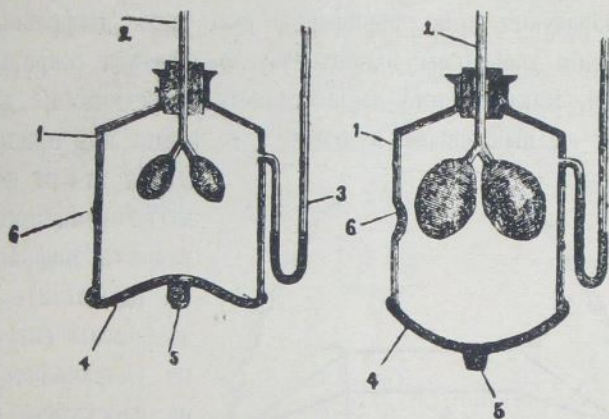


Рис. 36.

Спрашивается, какія же силы заставляютъ грудную клѣтку расширяться и спадаться?

Если мы присмотримся къ положенію грудной клѣтки на трупѣ, не трудно замѣтить, что положеніе ея соотвѣтствуетъ положенію выдыханія, животное умираетъ, сдѣлавши послѣдній выдохъ и въ этомъ положеніи грудная клѣтка и остается послѣ смерти.

Очевидно, что на трупѣ никакихъ активныхъ мышечныхъ движеній, никакихъ произвольныхъ мышечныхъ тягъ, способныхъ измѣнять форму и размѣры грудной клѣтки, не можетъ быть. Слѣдовательно, на трупѣ мы имѣемъ такое положеніе грудной клѣтки, которое соотвѣтствуетъ просто ея анатомическому устройству, направленію костей, упругости хрящей, связокъ и проч. Словомъ, трупное положеніе груди—есть настоящее ея покойное положеніе. Если бы при помощи какихъ либо мышечныхъ тягъ грудная клѣтка была выведена изъ своего покойнаго положенія и затѣмъ внезапно эти тяги перестали бы дѣйствовать, грудная клѣтка, сама собой, въ силу анатомическаго своего устройства, возвратилась бы въ положеніе выдыханія. Поэтому, очевидно, выдыхательная фаза есть фаза пассивная, не требующая никакихъ мышечныхъ движеній; мышцы должны только растянуть грудную клѣтку во время вдыханія, а затѣмъ, во время выдыханія, грудная клѣтка сама собой спадается.

При вдыханіи грудная клѣтка расширяется во всѣхъ своихъ размѣрахъ:

1) сверху внизъ, 2) сзади напередъ и 3) справа на лѣво.

Увеличение размеров грудной клетки в вертикальном направлении (сверху вниз) обуславливается движениями диафрагмы. Диафрагма, как известно, представляет собой выпуклый кверху купол; во время вдыхания, благодаря сокращению мышечных волокон диафрагмы, выпуклость этого купола уменьшается, онъ становится плосче, т. е. его высшая точка подается вниз. Диафрагма в центральной своей части состоит из сухожильных нитей, мышечные пучки образуют лишь периферическую часть диафрагмы. Очевидно, поэтому, что движения диафрагмы должны обуславливаться сокращением ее периферических частей. Как именно осуществляется передвижение диафрагмы вниз при сокращении ее мышечных пучков—это видно из приложенной схемы (рис. 37).

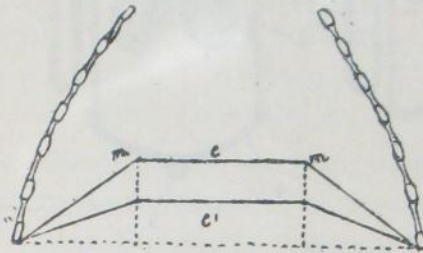


Рис. 37.

Линия  $m\ c\ m$  показывает разрьзъ диафрагмы во время покоя (выдыханія), линия  $m'\ c'\ m'$  разрьзъ диафрагмы при сокращеніи (во время вдыханія). Такъ какъ мышечная часть диафрагмы ( $m$ ) во время сокращенія должна укорачиваться, то, очевидно, она должна переходить въ положеніе  $m'$  на основаніи известной геометрической теоремы, гласящей, что меньшая наклонная ( $m'$ ) долж-

на быть ближе къ перпендикуляру  $xx'$ . Такимъ образомъ мышечная часть диафрагмы во время вдыханія приближается къ горизонтальной линіи  $xx'$ , т. е. опускается вниз и, разумеется, тянетъ за собой сухожильный центръ диафрагмы.

Расширеніе грудной клѣтки въ переднезаднемъ направленіи обуславливается движениями реберъ, а именно—поднятіемъ ихъ вверхъ. Ребра расположены,

какъ известно, такимъ образомъ, что передній ихъ конецъ лежитъ значительно (особенно у нижнихъ реберъ) ниже задняго конца. При поднятіи ребра, оно вращается около своего задняго конца, какъ около центра; при этомъ передній конецъ поднимается вверхъ и, какъ показываетъ приложенный рисунокъ (рис. 38), разстояніе между переднимъ концомъ ребра и позвоночникомъ увеличивается (линія  $a'\ v'$  больше, чѣмъ лінія  $av$ ). Съ переднимъ концомъ ребра неподвижно сочленена грудина, которая, очевидно, слѣдуетъ за движениями передняго ребернаго конца; слѣдовательно, въ результатъ поднятія реберъ грудина отходитъ отъ позвоночника, т. е. переднезадній діаметръ грудной клѣтки увеличивается. Мышцы, поднимающія ребра и, слѣдов., участвующія въ описанномъ увеличеніи переднезадняго діаметра грудной

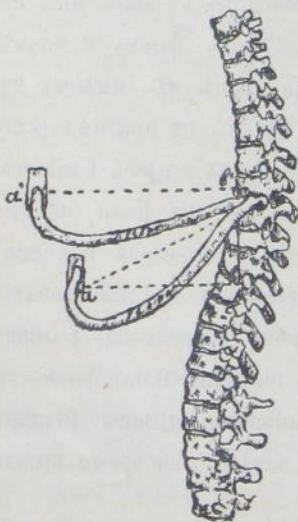


Рис. 38.

клетки, суть: *mm. scaleni, levatores costarum longi et breves* и нѣкоторыя другія.

Наконецъ, подъемъ ребра вызываетъ также и расширение грудной кѣтки въ направленіи справа налево. Это расширение обуславливается тѣмъ, что ребро, какъ извѣстно, не образуетъ прямой линіи, а изогнуто болѣе или менѣе по дугѣ. Вслѣдствіе этого, самый нижній пунктъ ребра представляетъ собою не его передній конецъ (хотя онъ и лежитъ все же ниже, чѣмъ задній конецъ); всего ниже лежитъ середина ребра. Если посмотреть (рис. 39) на пару реберныхъ дугъ сзади со стороны позвоночника и представить себѣ, что ребра поднимаются вверхъ, нетрудно замѣтить, что, при этомъ

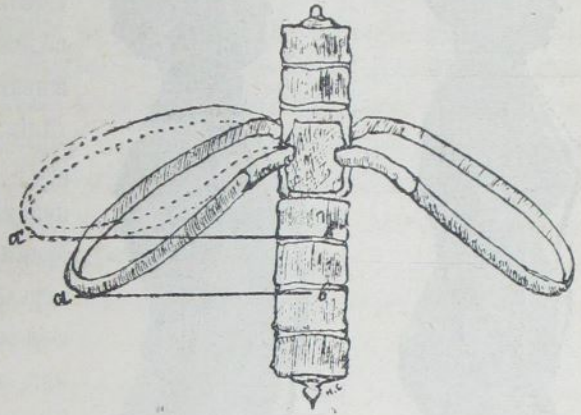


Рис. 39

подъемъ ребра, середина его также поднимается вверхъ и, кромѣ того, отходитъ нѣсколько отъ средней линіи (линіи  $a, b_1$  длиннѣе линіи  $ab$ ). Очевидно, что въ этомъ движеніи, зависящемъ отъ подъема ребра вверхъ, участвуютъ тѣ же мышцы, что и въ только что описанномъ расширеніи грудной кѣтки сзади напередъ.

Поднятіе реберъ при вдыханіи вверхъ, равно какъ и расширение грудной кѣтки въ направленіи спереди назадъ и справа налево, легко замѣтить на самомъ себѣ, если вложить палецъ въ одинъ изъ межреберныхъ промежутковъ и производить глубокой вдохъ.

Послѣ того, какъ дыхательное движеніе произведено при помощи всѣхъ вышеперечисленныхъ мышцъ, тотчасъ же наступаетъ выдыханіе. При этомъ всѣ мышцы грудной кѣтки расслабляются и грудная кѣтка переходитъ сама собою въ выдыхательное положеніе. Выдыханіе обуславливается тѣмъ, что связки, хрящи и прочія эластическія ткани грудной коробки, выведенныя изъ покойнаго положенія дѣйствіемъ дыхательныхъ мышцъ, будучи во время выдоха представлены самимъ себѣ, какъ всякое эластическое тѣло, стремятся принять свою прежнюю форму.

Слѣдов., въ дыханіи участвуютъ главнымъ образомъ 2 процесса: 1) поднятіе реберъ и 2) опусканіе діафрагмы. Любопытно, что у разныхъ половъ дыханіе производится съ преобладаніемъ одного или другого изъ этихъ процессовъ; именно, мужчины дышатъ преимущественно діафрагмой; при этомъ всякое движеніе діафрагмы отбѣняетъ брюшныя внутренности впередъ; поэтому говорятъ, что у мужчины брюшной типъ дыханія. Наоборотъ, у женщинъ преобладаетъ поднятіе реберъ кверху; такъ какъ при этомъ дыхательныя движенія всего замѣтнѣе на верхней и средней части груди и почти не отражаются на животѣ,

говорятъ, что женскій типъ дыханія—грудной. На приведенномъ рисункѣ (рис. 40)

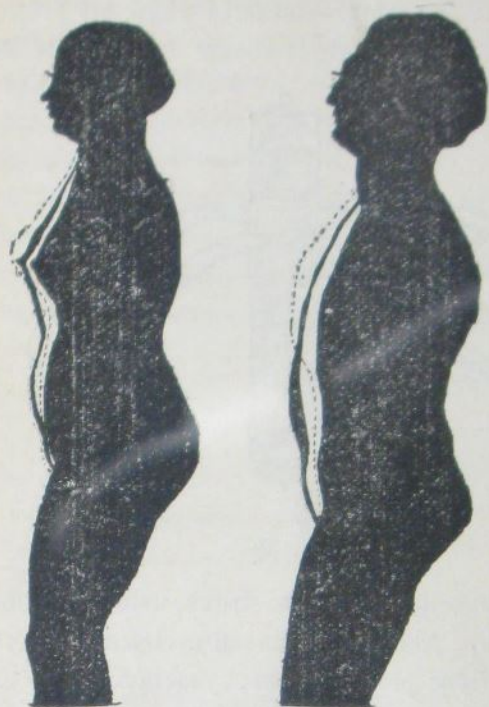


Рис. 40.

схематично изображены эти различия въ типѣ дыханія у мужчинъ и женщинъ. Контуры силуэта показываютъ положеніе передней стѣнки груди и живота при самомъ сильномъ выдыханіи; жирная линия передъ контуромъ силуэта указываетъ границы перемѣщенія передней линии тѣла во время спокойнаго дыханія: при вдохѣ передняя граница тѣла находится на переднемъ контурѣ жирной линіи, при выдохѣ—на заднемъ контурѣ ея. Наконецъ, самая передняя тонкая линія показываетъ положеніе передней стѣнки груди и живота во время самаго глубокаго вдоха.

Благодаря поперебънному расширенію и спаденію легкихъ, то въ легкое входитъ свѣжій атмосфер-

ный воздухъ, то изъ легкаго удаляется испорченный легочный воздухъ. Такимъ путемъ осуществляется обновленіе, освѣженіе воздуха въ легкомъ, или легочная вентиляція.

## ЛЕГОЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦІЯ.

Чтобы судить о величинѣ дыхательнаго обмѣна воздуха въ легкихъ, очевидно, нужно знать: 1) общій объемъ всего воздуха, заключающагося въ легкихъ и 2) тотъ объемъ его, который вдыхается и выдыхается при каждомъ дыхательномъ движеніи.

Еслибы человекъ выдохнулъ со всей возможной для него силой, стараясь вывести изъ легкихъ весь содержащейся въ нихъ воздухъ, то даже при самомъ энергичномъ выдыханіи онъ не въ состояніи былъ бы выдавить изъ легочной ткани весь содержащейся въ ней воздухъ. Даже при самомъ глубокомъ выдыханіи нѣкоторое количество воздуха остается въ легкомъ. Этотъ воздухъ, остающийся въ легкихъ даже на трупѣ, носить названіе „остаточнаго воздуха“. Онъ можетъ быть удаленъ изъ легкаго только тогда, когда уничтожено будетъ присасывающее дѣйствіе грудной кѣтки, благодаря которому даже на трупѣ легкія растянуты за предѣлы ихъ нормальнаго объема. Слѣдов., „остаточный воздухъ“

выходить из легкаго только тогда, когда на трупѣ дѣлають отверстіе въ грудной стѣнкѣ и впускають чрезъ него воздухъ въ плевральную полость; въ этомъ случаѣ легкое спадается и „остаточный“ воздухъ выходитъ чрезъ дыхательное горло. Но и послѣ этого остается нѣкоторое количество воздуха въ легкомъ; вынутое изъ трупа легкое содержитъ въ себѣ воздухъ (т. назыв. „минимальный“ воздухъ), который можетъ быть удаленъ изъ легкаго только путемъ выжиманія легкаго. Этотъ „минимальный“ воздухъ задерживается въ легкихъ, какъ во всякомъ пористомъ тѣлѣ, напр., въ кускѣ ваты. Благодаря присутствію этого воздуха, легкое, брошенное въ воду, не тонетъ. Такъ какъ, очевидно, воздухъ можетъ содержаться въ легкомъ только тогда, когда человекъ дышалъ, то способностью легкаго плавать на водѣ пользуются, между прочимъ, для того, чтобы узнать (въ судебно-медицинскихъ случаяхъ) дышалъ ли ребенокъ, или нѣтъ, т. е. родился ли онъ живымъ или мертвымъ.

Изъ только что описанныхъ отношеній слѣдуетъ, что для опредѣленія общаго количества воздуха, заключающагося въ легкихъ живого человека, приходится прибѣгать къ окольнымъ путямъ—пользоваться просто измѣреніемъ выдохнутаго (хотя бы и съ наибольшей силой) воздуха невозможно.

Принципъ пріема, который употребляется для измѣренія емкости живого легкаго, состоитъ въ слѣдующемъ. Положимъ, у насъ 2 сосуда: одинъ—емкостью въ 1 ведро, другой—въ 2 ведра. Въ первомъ сосудѣ налита вода, подкрашенная синькой, во второмъ—чистая вода. Если мы теперь перемѣшаемъ все содержимое 1-го сосуда со всей водой, содержащейся во 2-мъ сосудѣ, то, очевидно, въ результатѣ получимъ синюю жидкость, окраска которой будетъ въ 3 раза слабѣе, чѣмъ окраска жидкости въ первомъ сосудѣ. Если бы мы не знали емкости второго сосуда, мы легко могли бы ее такимъ путемъ опредѣлить: разъ окраска смѣси стала въ 3 раза слабѣе послѣ смѣшенія съ водой изъ второго сосуда, значить объемъ жидкости, содержащейся въ 1-мъ сосудѣ, увеличился втрое, т. е. къ нему прибавлено еще 2 такихъ объема чистой воды; другими словами, во 2-мъ сосудѣ содержится вдвое больше воды, чѣмъ въ первомъ.

Для опредѣленія емкости легкаго поступаютъ подобнымъ же образомъ. Берутъ сосудъ съ воздухомъ емкостью, напр., въ 2 литра и къ этому воздуху примѣшиваютъ, положимъ, 15% водорода. Заставляютъ субъекта, надъ которымъ производится опытъ, вдохнуть воздухъ съ водородомъ и выдохнуть его обратно въ тотъ же сосудъ 5 разъ подрядъ. При этомъ воздухъ изъ сосуда равномерно смѣшивается [съ легочнымъ воздухомъ, а, слѣдовательно, и примѣшанный къ воздуху водородъ распределяется равномерно какъ въ сосудѣ, такъ и въ легкомъ. Положимъ, что послѣ этого количество водорода въ сосудѣ уменьшилось до 5%; когда окраска въ предыдущемъ примѣрѣ уменьшилась втрое, мы заключили, что краска распредѣлилась при этомъ на тройной объемъ жидкости. Когда количество водорода въ сосудѣ уменьшилось втрое, очевидно, что водородъ распредѣлился на тройной объемъ воздуха, т. е. къ объему воздуха въ сосудѣ при-

бавилось еще 2 такихъ объема, т. е. объемъ воздуха, заключающагося въ легкомъ, вдвое больше емкости сосуда, т. е. равняется 2 литра  $\times 2 = 4$  литра = 4000 куб. сантиметровъ.

При помощи подобныхъ изслѣдованій найдено, что общая емкость легкаго при покойномъ дыханіи (послѣ вдоха) равняется, въ среднемъ, 3500 куб. сант. При покойномъ выдыханіи изъ этого объема уходитъ 500 куб. сант.; столько же вновь вбирается въ легкія при покойномъ вдыханіи. При усиленномъ выдыханіи, сильно напрягая выдыхательныя мышцы, можно вывести изъ легкаго, кромѣ обычныхъ 500 к. с. (т. назыв., „дыхательный воздухъ“) еще 1500 к. с. (т. назыв., „резервный“ воздухъ); остальные

1500 куб. с. представляютъ собой остаточный и минимальный воздухъ. Усиленнымъ напряженіемъ дыхательныхъ мышцъ можно, впрочемъ, увеличить не только объемъ выдыхаемаго, но и объемъ вдыхаемаго воздуха. Воздухъ, который можно, послѣ покойнаго вдыханія, еще вдохнуть при помощи форсированнаго вдыханія, носитъ названіе „дополнительнаго“ воздуха.

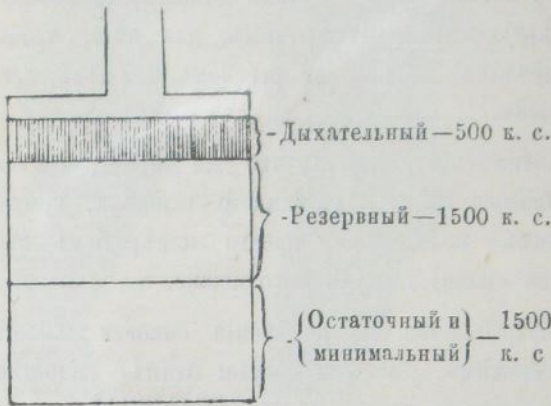


Рис. 41.

Всѣ эти различныя порціи легочнаго воздуха изображены графически на прилагаемой схемѣ (рис. 41).

Оставляя въ сторонѣ дополнительный воздухъ, какъ не принимающій участія при спокойномъ дыханіи, мы видимъ, что, въ сущности, при каждомъ дыханіи (вдохъ, выдохъ) обновляется только  $\frac{1}{7}$  часть заключающагося въ легкіхъ воздуха. Говоря другими словами, обмѣнъ воздуха въ легкіхъ происходитъ по типу вентиляціи, т. е. при каждомъ дыханіи не весь воздухъ, содержащійся въ легкіхъ, удаляется и замѣняется свѣжимъ, а только нѣкоторая его часть. На основаніи предыдущаго разсчета мы нашли, что при каждомъ дыханіи обмѣнивается  $\frac{1}{7}$  часть легочнаго воздуха. На самомъ же дѣлѣ величина легочной вентиляціи еще меньше по слѣдующимъ причинамъ. Когда, послѣ выдоха, человекъ вдыхаетъ 500 к. с. свѣжаго воздуха, то, очевидно, что этотъ воздухъ гонитъ передъ собой испорченный легочный воздухъ и занимаетъ его мѣсто, такъ что по окончаніи вдыханія всѣ воздухоносныя пути (полость носа, глотка, дыхательное горло, бронхи) наполнены чистымъ воздухомъ. Этотъ воздухъ при слѣдующемъ выдыханіи вновь выталкивается наружу. Такъ какъ газообмѣнъ между воздухомъ и кровью происходитъ только въ т. назыв. дыхательной парѣнхимѣ легкіхъ (въ альвеолахъ), то очевидно, что воздухъ, помѣщающійся въ воздухоносныхъ путяхъ, въ дыханіи совершенно не участвуетъ: онъ вдыхается и выдыхается затѣмъ безо всякаго измѣненія въ составѣ. Поэтому то объемъ воздухо-

носныхъ путей и носить названіе „вреднаго пространства“. Это вредное пространство равно 140 куб. сант. Слѣдов., изъ 500 куб. сант. „дыхательнаго“ воздуха 140 куб. сант. не участвуютъ въ дыханіи совершенно. Поэтому, съ каждымъ дыханіемъ обмѣнивается только 360 куб. сант. легочнаго воздуха, т. е. около  $\frac{1}{9}$  всего количества легочнаго воздуха.

Что же происходитъ дальше съ вдохнутымъ воздухомъ? 360 к. с. его, очевидно, входятъ въ легочныя альвеолы и здѣсь перемѣшиваются съ воздухомъ, содержащимся въ альвеолахъ. Этотъ воздухъ „испорченъ“ т. е. въ немъ содержится мало кислорода и много угольной кислоты. Въ каждую альвеолу при каждомъ вдохѣ входитъ  $\frac{1}{9}$  часть „свѣжаго“ воздуха. Этотъ свѣжій воздухъ отчасти улучшаетъ свойство легочнаго воздуха, т. е. увеличиваетъ содержаніе въ немъ кислорода и уменьшаетъ содержаніе угольной кислоты, но далеко не настолько, чтобы сравнять составъ легочнаго воздуха съ составомъ атмосфернаго воздуха. При слѣдующемъ выдыханіи  $\frac{1}{9}$  этого смѣшаннаго воздуха изъ альвеолы удаляется чрезъ бронхи въ атмосферу. Но когда мы собираемъ выдыхательный воздухъ, то въ немъ мы имѣемъ не только тѣ 360 куб. сант., которые происходятъ изъ альвеолъ, а еще и 140 куб. сант. совершенно чистаго воздуха, заключающагося въ воздухоносныхъ путяхъ. Поэтому, очевидно, что выдыхаемый воздухъ по составу будетъ „чище“ чѣмъ альвеолярный воздухъ, т. е. въ альвеолярномъ воздухѣ содержится меньше кислорода и больше угольной кислоты, чѣмъ въ выдыхаемомъ воздухѣ.

	Атмосферный воздухъ.	Выдыхательный в.	Альвеолярный в.
O	21 %	16 %	14%
CO <sub>2</sub>	0,03%	4,4%	5%
N	79 %	79,6%	81%

Наглядно можно представить себѣ обмѣнъ воздуха въ легкомъ въ видѣ слѣдующей схѣмы. Предположимъ, мы имѣемъ спринцовку, наполненную растворомъ синей краски. Если для промыванія спринцовки мы наберемъ  $\frac{1}{9}$  часть ея объема чистой воды, это же количество вытолкнемъ поршнемъ обратно, вновь наберемъ одну девятую объема чистой воды и такъ далѣе,—то мы и приблизимся къ тому способу, которымъ достигается замѣна „испорченнаго“ альвеолярнаго воздуха въ легкихъ чистымъ атмосфернымъ. Разница между легкимъ и спринцовкой состоитъ, однако, въ томъ, что, дѣйствуя спринцовкой, какъ сказано, мы въ концѣ концовъ очистимъ спринцовку и вымоемъ изъ нея всю заключающуюся въ ней краску. „Очистить“ же составъ альвеолярнаго воздуха и сравнять его по составу съ атмосфернымъ воздухомъ мы не въ состояніи и именно потому, что по мѣрѣ того, какъ мы „очищаемъ“ легочный воздухъ, онъ постоянно загрязняется, благодаря обмѣну газами съ протекающей по легочнымъ капиллярамъ кровью. Последняя постоянно поглощаетъ изъ легочнаго воздуха O и постоянно выдѣляетъ въ него CO<sub>2</sub>. Это видно изъ сравненія состава газовъ артеріальной и венозной крови.



Въ венозной крови (притекающей къ легкимъ) на 100 куб. сант. крови содержится въ растворѣ:

8—12 куб. сант. кислорода и  
46 куб. сант. угольной кислоты.

Въ артеріальной же крови на 100 куб. сант. содержится:

20 куб. сант. кислорода и  
39 куб. сант. угольной кислоты.

Состояніе газовъ въ крови. Чтобы понять, какимъ образомъ происходитъ газообмѣнъ между легочнымъ воздухомъ и кровью, какія силы заставляютъ кислородъ переходить изъ воздуха въ кровь, а угольную кислоту обратно—изъ крови въ легочный воздухъ, необходимо разсмотрѣть форму той связи, которая удерживаетъ газы растворенными въ крови.

Газы могутъ, во первыхъ, быть просто растворенными въ жидкости. Такое раствореніе, поглощеніе газовъ жидкостью представляетъ собой явленіе чисто физическое, никакой химической связи, химическаго соединенія между газомъ и составными частями жидкости при этомъ не происходитъ. Если, напр., прокипяченную, т. е. не содержащую въ растворѣ газовъ, воду взболтать съ воздухомъ, то вода поглощаетъ нѣкоторое количество воздуха, растворяетъ его. Если теперь такую жидкость прокипятить въ теченіе, положимъ,  $\frac{1}{2}$  часа, то весь газъ, растворенный въ жидкости, выдѣляется изъ нея. Того же выдѣленія раствореннаго въ жидкости газа можно достигнуть и при обыкновенной температурѣ, если помѣстить насыщенную воздухомъ воду въ безвоздушное пространство. При этомъ весь газъ, растворенный въ жидкости, выдѣляется въ пустоту. Если же помѣстить воду, насыщенную воздухомъ, въ пространство не вполнѣ безвоздушное, а лишь съ разрѣженнымъ, напр., вдвое воздухомъ, то жидкость выдѣляетъ при этомъ ровно половину растворенныхъ въ ней газовъ. Всѣ эти опыты показываютъ, что количество газа, растворенаго въ жидкости, зависитъ отъ: 1) температуры и 2) давленія газа. Чѣмъ выше температура жидкости, тѣмъ меньше газовъ поглощается ею; при кипѣнн жидкость выдѣляетъ всѣ растворенные въ ней газы. Чѣмъ больше давленіе газа, приходящаго въ соприкосновеніе съ жидкостью, тѣмъ большее количество газа растворяется въ жидкости. При каждой опредѣленной температурѣ и опредѣленномъ давленіи газа данная жидкость поглощаетъ совершенно опредѣленное количество газа. Поэтому, когда вода насыщена воздухомъ при атмосферномъ давленіи, то при помѣщеніи этой воды въ воздухъ, сжатомъ до 2-хъ атмосферъ давленія, вода поглощаетъ еще столько же газа, сколько ею было поглощено, при давленіи=1 атмосферѣ. Наоборотъ, насыщенная при 1-й атмосферѣ давленія вода, при помѣщеніи въ воздухъ разрѣженный, обладающій давленіемъ только въ  $\frac{1}{2}$  атмосферы,—выдѣляетъ при этомъ ровно половину поглощеннаго ею газа.

Различные газы при одномъ и томъ же давленіи и температурѣ поглощаются водой въ различныхъ количествахъ. Эта разница зависитъ уже отъ различной природы газа. Напримѣръ,

	При температурѣ:	100 к. с. воды поглощаютъ:
Кислородъ	20 °	2,8 куб. сант.
Азотъ	20 °	1,4 » »
Угльная кислота	19,1°	89,6 » »

Измѣненія поглощенія тѣхъ же газовъ въ зависимости отъ температуры видны изъ слѣдующей таблицы:

Кислородъ	15 °	3, 0 куб. сант.
Азотъ	15 °	1, 5 » »
Угльная кислота	4,4°	147 » »
»	37 °	56, 9 » »
»	39,2°	52, 15 » »

Что касается измѣненій поглощенія тѣхъ же газовъ въ зависимости отъ давленія газа, то этотъ случай не требуетъ числового примѣра. Количество поглощенного газа, при прочихъ равныхъ условіяхъ, обратно пропорціонально давленію. Такимъ образомъ, чтобы найти, напр., количество  $\text{CO}_2$ , поглощаемой 100 куб. сант. воды при давленіи  $= \frac{1}{2}$  атмосферы при 4,4°, дѣлимъ  $\frac{147}{2} = 73,5$  куб. сан. Для физиологіи дыханія важна именно эта зависимость поглощенія газа жидкостью отъ давленія газа. Температура крови и газовыхъ смѣсей, съ которыми кровь приходитъ въ соприкосновеніе, остается приблизительно постоянной. Давленіе же газовъ, съ которыми кровь приходитъ въ соприкосновеніе въ различныхъ пунктахъ кровеноснаго пути, весьма различно.

Когда жидкость приходитъ въ соприкосновеніе съ однимъ какимъ нибудь газомъ, то зависимость поглощенія газа отъ давленія легко можетъ быть высчитана, такъ какъ все давленіе газа здѣсь приходится на одинъ единственный газъ. Дѣло нѣсколько усложняется въ томъ случаѣ, когда жидкость поглощаетъ газы изъ газовой смѣси. Положимъ, вода приведена въ соприкосновеніе со смѣсью равныхъ объемовъ азота, кислорода и угльной кислоты, причемъ давленіе этой смѣси равно атмосферному (760 mm ртуті). Количество отдѣльныхъ газовъ, растворяющихся въ жидкости, пропорціонально давленію этихъ газовъ. Но что считать давленіемъ кислорода и угльной кислоты, и азота въ нашемъ случаѣ? Вѣдь давленіе газа представляетъ собой не что иное, какъ сумму тѣхъ ударовъ, которые получаетъ стѣнка сосуда, въ которомъ заключенъ газъ, ударовъ отъ газовыхъ частицъ, находящихся, какъ извѣстно, въ постоянномъ оживленномъ движеніи. Ясно, что если 3 газа, смѣшанные по ровну, всѣ вмѣстѣ оказываютъ давленіе, равное атмосферѣ, то на долю каждаго отдѣльнаго газа этой смѣси приходится лишь  $\frac{1}{3}$  атмосферы давленія. Удары частицъ всѣхъ 3 газовъ даютъ въ суммѣ давленіе, равное атмосферѣ; удары частицъ одного газа этой смѣси даютъ, слѣдов., давленіе  $= \frac{1}{3}$  атмосферы.

Далѣ. Газъ поглощается жидкостью пропорціонально давлению, но именно пропорціонально своему собственному давлению, т. е. пропорціонально долѣ своего участія въ общемъ давлении газовой смѣси. Эта доля участія носить название парціального или частичнаго давления газа. Она пропорціональна количеству данного газа въ газовой смѣси. Когда въ нашей смѣси содержались поровну кислородъ, азотъ и угольная кислота, то парціальное давление каждаго этого газа равно общему давлению газовой смѣси, раздѣленному на 3, т. е.  $\frac{760}{3} = 253,33\dots$  мм ртутн. Поглощеніе каждаго газа жидкостью и будетъ пропорціонально парціальному давлению этого газа, т. е. угольная кислота, напр., изъ такой смѣси при  $4,4^\circ$  поглотится въ количествѣ не 147 куб. сант. (на 100 куб. сант. жидкости), какъ бы она поглощалась при давлении чистой  $\text{CO}_2$ , равномъ 760 мм, а только въ количествѣ  $\frac{147}{3} = 49$  куб. сант. Если угольная кислота содержится въ смѣси въ количествѣ, напр., 5%, то ея парціальное давление также равно будетъ 5% общаго давления газовой смѣси.

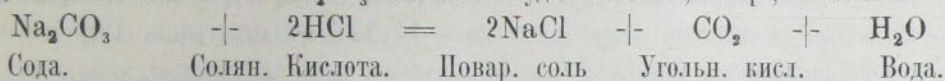
Для наглядности приведу грубое сравненіе. Положимъ, мы забиваемъ въ стѣнку 3 гвоздя рядомъ, колотя по шляпкѣ всѣхъ 3 гвоздей одновременно и съ равной силой 3 молотками. Сила, которую мы употребляемъ, чтобы вколотить одинъ изъ этихъ гвоздей, втрое меньше силы, употребляемой на вколачиванье всѣхъ 3 гвоздей. Но каждый гвоздь будетъ входить въ стѣнку на такую глубину, которая соотвѣтствуетъ удару по его шляпкѣ. Удары по шляпкамъ сосѣднихъ гвоздей на него, разумѣется, совершенно не дѣйствуютъ и для вбиванія этого гвоздя совершенно безразлично, вбиваются ли рядомъ съ нимъ другіе гвозди, или нѣтъ.

Поэтому, во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда говорится о зависимости поглощенія жидкости отъ давления газа, нужно понимать давленіе этого же самаго газа. Слѣдовательно, если, напр. говорятъ, что жидкость насыщена угольной кислотой при давлении 1 атмосферы, это значить, что угольная кислота надъ жидкостью имѣла давленіе, равное 1 атмосферѣ. Если такую жидкость помѣстить въ водородъ, имѣющій тоже давленіе  $= 760$  мм, то для угольной кислоты, растворенной въ водѣ, эта водородная атмосфера будетъ равняться пустотѣ, такъ какъ въ ней отсутствуетъ  $\text{CO}_2$ , или, другими словами, парціальное давленіе  $\text{CO}_2 =$  нулю. Поэтому жидкость выдѣлитъ въ атмосферу водорода всю содержащуюся въ ней угольную кислоту такъ, какъ она выдѣляла бы ее въ пустоту.

Таковы законы, управляющіе простымъ физическимъ положеніемъ газовъ жидкостями.

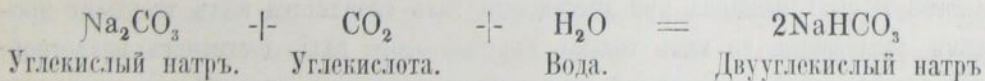
Но газъ можетъ находиться въ жидкости и въ другой формѣ. Положимъ, мы пропускаемъ черезъ растворъ ѣдкой щелочи струю углекислаго газа. Газъ поглощается при этомъ жидкостью, но онъ не просто растворяется въ ней, а даетъ съ ѣдкимъ натромъ прочное химическое соединеніе: углекислый натръ, или соду. Здѣсь устанавливаются новыя болѣе прочныя связи, связи, которыхъ нельзя

разорвать ни кипяченіемъ жидкости, ни помѣщеніемъ ея въ пустоту. Здѣсь вода не играетъ никакой роли; если, послѣ пропусканія газа, удалить всю воду выпариваніемъ, то и въ этомъ случаѣ газъ не выдѣлится, онъ останется въ соединеніи съ сухимъ остаткомъ, потому что онъ и соединился то не съ водой, а съ раствореннымъ въ водѣ твердымъ тѣломъ—ѣдкимъ натромъ. Углекислота будетъ поглощаться ѣдкимъ натромъ и въ томъ случаѣ, когда этотъ послѣдній не растворенъ въ жидкости, а находится въ сухомъ видѣ. Для того, чтобы выдѣлить газъ изъ такого прочнаго химическаго соединенія, необходимо разрушить это химическое соединеніе. Напр., въ нашемъ случаѣ, можно выдѣлить  $\text{CO}_2$ , подѣйствовавши на  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  какой нибудь кислотой, напр., соляной:



Физическое поглощеніе газовъ и химическое соединеніе ихъ представляютъ собой двѣ крайнія формы, наиболѣе различающіяся другъ отъ друга. Промежуточной формой между этими двумя крайностями является то состояніе газа, когда послѣдній образуетъ съ составными частями жидкости непрочныя химическія соединенія, которыя могутъ [быть разложены не только при помощи химическихъ дѣтелей (какъ соляная кислота въ вышеприведенномъ примѣрѣ), но и при помощи физическихъ факторовъ, напр., поднятіемъ температуры или уменьшеніемъ давленія газа.

Предположимъ, что мы имѣемъ растворъ ѣдкаго натра определенной крѣпости. Зная содержаніе  $\text{NaOH}$  въ растворѣ, мы безъ труда можемъ вычислить по уравненію реакціи, сколько угольной кислоты требуется для превращенія  $\text{NaOH}$  въ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Расчетъ показываетъ, что для этого требуется на 80 частей  $\text{NaOH}$  44 части  $\text{CO}_2$ ; согласно этому расчету мы и пропустимъ въ нашъ растворъ ѣдкаго натра столько  $\text{CO}_2$ , сколько нужно для того, чтобы превратить  $\text{NaOH}$  въ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Но если мы будемъ продолжать пропускать газъ въ нашъ растворъ далѣе, то мы замѣтимъ, что жидкость поглощаетъ еще столько же  $\text{CO}_2$ , сколько она поглотила его раньше. При этомъ углекислый натръ ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) превращается въ т. назыв. двууглекислый натръ ( $\text{NaHCO}_3$ ) по уравненію:



Это послѣднее соединеніе ( $\text{NaHCO}_3$ ) и представляетъ собой примѣръ непрочнаго химическаго соединенія, легко отдающаго  $\text{CO}_2$  и вновь превращающагося въ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Стоитъ, напр., нагрѣть растворъ двууглекислаго натра, чтобы задолго еще до температуры кипѣнія началось выдѣленіе углекислаго газа. То же самое происходитъ и въ томъ случаѣ, если помѣстить этотъ растворъ въ безвоздушное пространство.

Диссоціація. Существуетъ цѣлый рядъ химическихъ соединеній, легко разлагающихся на свои составныя части уже при одномъ поднятіи температуры.

Въ томъ случаѣ, когда одинъ изъ продуктовъ разложенія газообразенъ, описываемый процессъ носить названіе диссоціаціи; законы, согласно которымъ происходитъ диссоціація химическихъ соединений, имѣютъ большое сходство съ условіями испаренія жидкостей, напр., воды.

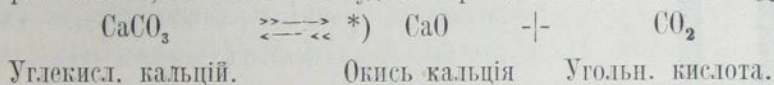
Извѣстно, что вода испаряется при данной температурѣ только до тѣхъ поръ, пока давленіе паровъ ея надъ жидкостью не достигло извѣстной, строго опредѣленной для данной температуры, величины. Когда, напр., при  $15^{\circ}$  давленіе водяныхъ паровъ сравнялось 12,677 миллиметрамъ ртутнаго столба, дальнѣйшее испареніе воды прекращается. Но стоитъ поднять температуру выше, напр., до  $20^{\circ}$ , чтобы испареніе началось вновь; при этой температурѣ оно прекратится лишь тогда, когда давленіе пара достигнетъ 17,396 миллиметровъ. Того же самаго можно достигнуть, понижая давленіе паровъ надъ жидкостью, напр., выкачивая образующіеся пары при помощи воздушнаго насоса. Какъ только, благодаря выкачиванью, давленіе пара понизится, тотчасъ же новое количество жидкости перейдетъ въ паръ, пока давленіе его не достигнетъ вновь предѣльной для данной температуры величины; продолжая выкачивать, т. е. вновь понижая давленіе пара, можно превратить въ паръ новыя порціи жидкости и т. д. Словомъ, для каждой данной температуры существуетъ нѣкоторое опредѣленное давленіе пара, при которомъ между жидкостью и паромъ устанавливается равновѣсіе, т. е. сколько жидкости превращается при этомъ въ паръ, столько же пара сгущается обратно въ жидкость и, слѣдовательно, увеличенія количества паровъ при этомъ предѣльномъ давленіи не можетъ быть. Говоря другими словами, количество жидкости, превращающейся въ паръ, зависитъ отъ температуры и давленія.

При диссоціаціи сложное химическое соединеніе разлагается на свои составныя части также не все сразу: разложенію подвергается только нѣкоторая часть взятаго для опыта вещества. Какая именно часть подвергается разложенію и сколько вещества останется неразложеннымъ—это зависитъ такъ же, какъ и въ случаѣ испаренія воды, 1) отъ температуры и 2) отъ давленія газа, выдѣляющагося при диссоціаціи. Диссоціація начинается лишь при нѣкоторомъ повышеніи температуры. При этомъ, если разложеніе идетъ въ замкнутомъ пространствѣ и выдѣляющийся при диссоціаціи газъ скопляется надъ твердыми продуктами разложенія, то какъ только давленіе этого газа достигнетъ извѣстной, строго опредѣленной для данной температуры величины, дальнѣйшее разложеніе вещества прекращается. Для того, чтобы разложить новую порцію вещества, т. е. выдѣлить новое количество газа, требуется или повысить температуру, или уменьшить давленіе выдѣляющагося газа, напр., выкачиваньемъ его.

Слѣдовательно, и при диссоціаціи количество выдѣляющагося газа зависитъ отъ температуры и давленія. При данной температурѣ всегда есть извѣстное предѣльное давленіе выдѣляющагося газа, при которомъ диссоціація останавливается, потому что сколько вещества при этомъ давленіи разлагается на свои

составныя части, столько же сложнаго вещества образуется вновь путем соединенія продуктов распада между собой. Приведемъ примѣръ диссоціаціи.

Всѣмъ извѣстно, что жженая известь (т. е. окись кальція  $\text{CaO}$ ) добывается пережиганіемъ мѣла, или углекислой извести ( $\text{CaCO}_3$ ), причѣмъ эта послѣдняя подъ вліяніемъ высокой температуры распадается на свои составныя части, выдѣляя газообразную угольную кислоту и оставляя окись кальція. Если производить накачиванье углекислой извести въ плотно закрытомъ сосудѣ, полнаго разложенія углекислаго кальція не удастся достигнуть, потому что при этихъ условіяхъ выдѣляющаяся угольная кислота будетъ скопляться въ сосудѣ и мало по малу достигнетъ такого давленія, при которомъ дальнѣйшее разложеніе углекислострой соли станетъ невозможнымъ, такъ какъ при этомъ давленіи сколько соли будетъ разлагаться, столько же ея будетъ образовываться вновь по уравненію:



Стоить, однако, уменьшить давленіе угольной кислоты надъ твердымъ веществомъ, напримѣръ, выкачивая ее, или просто производя обжиганіе не въ закрытомъ пространствѣ, а прямо на воздухѣ, чтобы разложеніе углекальціевой соли началось снова. Выдѣляющаяся углекислота будетъ постоянно удаляться въ атмосферу и давленіе ея никогда не достигнетъ того предѣла, при которомъ наступаетъ равновѣсіе между прямой и обратной реакціей.

Познакомившись съ вышеизложенными физико-химическими понятіями, перейдемъ къ разсмотрѣнію газовъ крови.

Основной фактъ, который и выясняетъ то состояніе, въ которомъ газы находятся въ крови, и даетъ понятіе о газообмѣнѣ между кровью и легочнымъ воздухомъ, состоитъ въ томъ, что газы крови нацѣло выдѣляются изъ нея въ томъ случаѣ, когда кровь помещена въ безвоздушное пространство. Этимъ фактомъ пользуются, между прочимъ, и для добыванія газовъ изъ крови. Для этой цѣли употребляютъ т. назыв. ртутные газовые насосы; въ этихъ аппаратахъ образуютъ т. назыв. Торричелліеву пустоту, помещая ртуть въ трубку, имѣющую длину большую, чѣмъ барометрическая трубка, напр., длиной въ  $1\frac{1}{2}$  метра. Такъ какъ ртуть въ трубкѣ поднимается только на 740—780 мм, то, очевидно, въ верхней части длинной трубки образуется безвоздушное пространство. Если теперь сообщить съ этимъ безвоздушнымъ пространствомъ кровь, послѣдняя залипаетъ, т. е. изъ нея выдѣляются газы, которые и переходятъ въ Торричелліеву пустоту. Чтобы дать понятіе о деталяхъ инструмента, я опишу газовый насосъ наиболѣе простой конструкціи, принадлежащій Гельмгольцу (рис. 42).

Знакъ  $\rightleftharpoons$  показываетъ, что смотря по условіямъ давленія реакція идетъ или въ прямомъ, или въ обратномъ направленіи.

Существенная часть аппарата—2 стеклянных сосуда (А и В), соединенные резиновой трубкой (Е); одинъ сосудъ (В) подвижной, другой (А)—неподвижный.

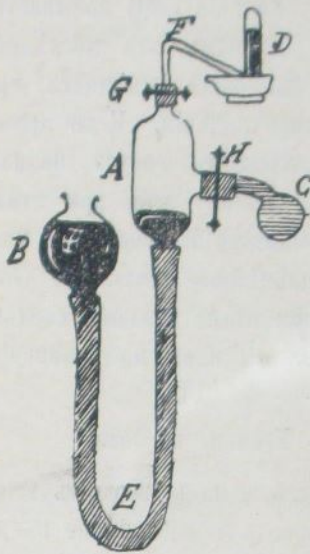


Рис. 42.

Послѣдній своимъ верхнимъ отверстіемъ соединенъ съ газоотводной трубкой (F), на которую наложенъ зажимъ (G), ведущей къ запаянной съ одного конца, наполненной ртутью и опрокинутой надъ ртутною ванной трубкой D (эвдиометръ). Боковое отверстіе сосуда (А) сообщается резиновой трубкой, на которую наложенъ зажимъ (H), съ сосудомъ для крови (С). Открывая зажимъ (G) и выводя газоотводную трубку (F) изъ подъ отверстія эвдиометра, поднимаютъ сосудъ (В) и наполняютъ, такимъ образомъ, сосудъ (А) сплозна ртутью. Накладываютъ зажимъ (G) и опускаютъ сосудъ (В) книзу. Какъ только разстояніе между зажимомъ G и уровнемъ ртути въ сосудѣ В станетъ больше атмосфернаго давленія, въ верхней части сосуда А образуется Торричелліева пустота. Опускаютъ В такъ низко, чтобы пустота занима-

ла все пространство сосуда А. Тогда снимаютъ зажимъ H и сообщаютъ, такимъ образомъ, кровь съ безвоздушнымъ пространствомъ. Изъ крови выдѣляются газы, которые и могутъ быть переведены въ эвдиометръ, а здѣсь измѣрены и анализированы. Съ этой цѣлью накладываютъ зажимъ H, снимаютъ зажимъ G и поднимаютъ сосудъ В. Ртуть, поднимаясь въ сосудѣ А, гонитъ предъ собой газы и переводитъ ихъ въ эвдиометръ. При помощи такихъ опытовъ найдено, что въ 100 куб. сант. крови содержится (въ среднемъ, для артер. крови):

- 22 куб. сант. кислорода,
- 40 куб. сант. углекислоты и
- 1, 8 куб. сант. азота.

Если бы вмѣсто крови мы имѣли передъ собой простую воду, то анализъ содержащихся въ ней газовъ безо всякихъ дальнѣйшихъ изслѣдованій показалъ бы намъ, при какомъ давленіи вода насыщена газами, а, слѣдов., при какомъ давленіи и температурѣ эта вода будетъ отдавать содержащіеся въ ней газы, при какихъ условіяхъ она будетъ поглощать новыя количества газовъ. Словомъ, анализъ газоваго запаса чистой воды даетъ намъ прямо въ руки всю, такъ сказать, естественную исторію газовъ этой жидкости, и это потому, что въ чистой водѣ газы поглощаются по сравнительно простымъ физическимъ законамъ. Не то нужно сказать о крови. Единственный газъ, растворяющійся въ крови, какъ и въ водѣ, безъ образованія химическихъ соединеній, есть азотъ. Онъ просто растворяется въ крови такъ же, какъ растворяется онъ и въ другихъ водныхъ жидкостяхъ. Кровь, приходя въ легкихъ въ соприкосновеніе съ воздухомъ, поглоща-

еть изъ него азотъ такъ же, какъ поглощала бы его въ этихъ условіяхъ и вода. Такъ какъ азотъ въ дальнѣйшемъ не потребляется въ органахъ нашего тѣла и не выдѣляется ими, то очевидно, что запасъ азота въ крови остается постояннымъ и венозная кровь притекаетъ къ легкимъ съ тѣмъ же самымъ запасомъ азота, съ которымъ артеріальная кровь оттекла отъ легкихъ. Слѣдов., въ сущности, газообмѣна азота при обыкновенныхъ условіяхъ не существуетъ. А потому этотъ газъ и не имѣетъ почти никакого физиологическаго значенія. Говорю „почти“, такъ какъ въ нѣкоторыхъ особенныхъ условіяхъ и этотъ газъ пріобрѣтаетъ выдающійся интересъ, а именно въ тѣхъ случаяхъ, когда организмъ переходитъ быстро изъ атмосферы съ высокимъ давленіемъ въ обыкновенную атмосферу. Это наблюдается при работахъ на днѣ моря или рѣки въ т. назыв. водолазныхъ колоколахъ и кессонахъ. Въ этихъ помѣщеніяхъ воздухъ, которымъ дышать рабочіе, находится подъ очень большимъ давленіемъ. Такъ какъ поглощеніе азота кровью повинуется, какъ сказано, общимъ законамъ физическаго поглощенія газовъ жидкостями, очевидно, что при этомъ повышенномъ давленіи кровь поглощаетъ больше азота, чѣмъ при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи. Когда же рабочий быстро переходитъ изъ кессона на воздухъ, онъ сразу попадаетъ въ условія болѣе низкаго давленія и азотъ, растворенный въ большомъ количествѣ въ крови, быстро выдѣляется изъ нея, образуя въ кровеносныхъ сосудахъ пузырьки газа, закупоривающіе капилляры и разрывающіе нѣжныя ткани, напр., мозговую ткань. Въ этомъ и заключается главная опасность при работахъ въ кессонахъ.

Два остальные газа \*) , кислородъ и угольная кислота, находятся въ крови въ видѣ рыхлыхъ, легко диссоціирующихъ соединеній. Начнемъ съ кислорода.

Количество кислорода въ крови настолько велико, что не можетъ быть и рѣчи о простомъ физическомъ поглощеніи этого газа кровью. Кислородъ поглощается водою физически въ количествѣ въ 2 раза большемъ, сравнительно съ азотомъ. Принимая во вниманіе парціальное давленіе кислорода въ легочномъ воздухѣ (въ 6 разъ меньше парціального давленія азота), вычисляемъ, что количество физически поглощеннаго кислорода въ крови не должно превышать  $\frac{1}{2}$  куб. сант. на 100 куб. сант. крови. На самомъ дѣлѣ, благодаря присутствію солей въ плазмѣ, это количество = 0,2 куб. сант. Слѣдов., изъ 16,9 куб. сант. кислорода только 0,2 куб. сант. могутъ находиться въ состояніи простаго физическаго поглощенія. Остальные 16,7 куб. сант., очевидно, химически соединены съ составными частями крови. Такъ оно и есть въ дѣйствительности: кислородъ соединенъ съ гѣмоглобиномъ красныхъ кровяныхъ шариковъ.

Гѣмоглобинъ чрезвычайно жадно соединяется съ кислородомъ воздуха, образуя т. назыв. оксигѣмоглобинъ. Выставленный на воздухъ растворъ оксигѣмо-

\*) Аргонъ также лишь физически поглощенъ кровью. Но количество этого газа настолько незначительно, что я о немъ предпочитаю лишь упомянуть.



глобулина не отдасть связаннаго съ нимъ кислорода. Но подъ колокольомъ воздушнаго насоса растворъ оксигемоглобина выдѣляетъ связанный кислородъ и притомъ въ тѣмъ большемъ количествѣ, чѣмъ болѣе понижается давленіе. Приведенная кривая (рис. 43) показываетъ графически разложеніе оксигемоглобина

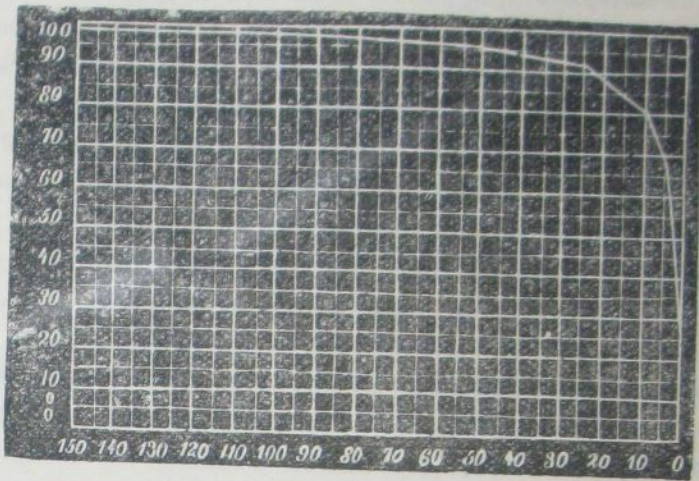


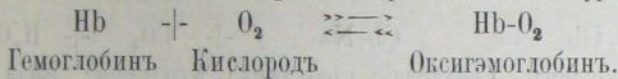
Рис. 43.

при пониженіи давленія кислорода. На абсциссѣ кривой показаны цифры парціального давленія кислорода. На ординатѣ нанесены дѣленія, соответствующія % неразложеннаго оксигемоглобина при различномъ давленіи. Такимъ образомъ, при парціальномъ давленіи 150 mm (таково парціальное давленіе кислорода въ атмосферномъ воздухѣ) растворъ оксигемоглобина почти не разлагается; 98% красящаго вещества крови при этомъ давленіи соединено съ кислородомъ и лишь 2% находятся въ видѣ чистаго, несодержащаго кислорода, гемоглобина. При давленіи кислорода = 110 mm (а это давленіе соответствуетъ парціальному давленію кислорода въ легочномъ воздухѣ) почти весь гемоглобинъ все еще остается въ соединеніи съ кислородомъ. Отсюда слѣдуетъ, что кровь, оттекающая отъ легкаго, при нормальныхъ условіяхъ должна быть почти насыщена кислородомъ, т. е. почти все красящее вещество ея должно находиться въ ней. Такъ оно, повидимому, и есть на дѣлѣ.

Съ другой стороны, та же кривая показываетъ, что сколько бы мы не увеличивали парціальное давленіе кислорода (напр., увеличивая атмосферное давленіе, или давая вдыхать чистый кислородъ)—все равно, кровь не обогащается кислородомъ.

Наоборотъ, при пониженіи парціального давленія кислорода, напр., до 10 mm, 20% оксигемоглобина распадается на гемоглобинъ и кислородъ; при 0 mm давленія, т. е. въ средѣ, не содержащей совершенно свободнаго кислорода, оксигемоглобинъ можетъ отдать 70% содержащагося въ немъ кислорода. Такимъ образомъ, мы видимъ, что кровь, въ зависимости отъ давленія кислорода, можетъ

то отдавать, то поглощать кислородъ. Она поглощаетъ  $O$  въ средѣ, богатой имъ, и отдасть этотъ газъ обратно въ средѣ, бѣдной кислородомъ. Слѣдов., реакція  $Hb$  (гемоглобина) съ кислородомъ происходитъ по уравненію:

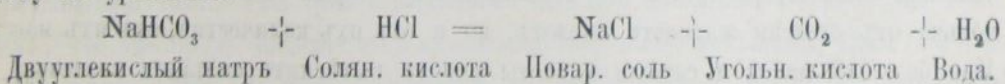


Ясно, что, благодаря этимъ свойствамъ гемоглобина, кровь можетъ зачерпывать кислородъ въ легкихъ и переносить его къ тканямъ, гдѣ, какъ мы увидимъ дальше, давленіе кислорода равно нулю. Подробности этотъ процессъ мы разберемъ ниже.

Углекислота крови находится отчасти физически поглощенной въ этой жидкости. Но количество угольной кислоты, находящейся въ состояніи простого физическаго поглощенія, незначительно. Оно равняется только  $\frac{1}{10}$  части всего содержащагося въ крови количества. Угольная кислота въ венозной крови находится, главнымъ образомъ, въ видѣ двууглекислаго натра;  $\frac{2}{3}$  угольной кислоты крови содержится въ плазмѣ,  $\frac{1}{3}$ —въ тѣлцахъ.

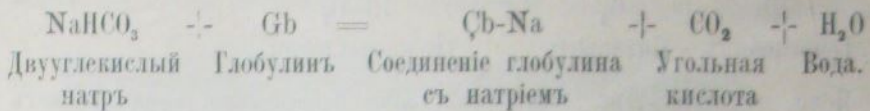
Можно было бы думать, что поглощеніе углекислоты въ тканяхъ и выдѣленіе ея въ легкихъ основывается на способности двууглекислаго натра отдавать половину содержащейся въ немъ угольной кислоты при уменьшеніи парціального давленія (слѣдов., въ легкихъ) и вновь поглощать угольную кислоту въ тканяхъ, гдѣ давленіе  $CO_2$  значительно выше. Опыты показываютъ, однако, что при физиологическихъ условіяхъ давленія угольной кислоты въ легочномъ воздухѣ двууглекислый натръ не могъ бы отдавать содержащейся въ немъ угольной кислоты. Эта соль не разлагается уже въ томъ случаѣ, когда давленіе  $CO_2$  достигаетъ 10 миллиметровъ. Слѣдов., для того, чтобы образовавшійся въ тканяхъ двууглекислый натръ могъ разложиться въ легкихъ съ выдѣленіемъ угольной кислоты, необходимо, чтобы давленіе  $CO_2$  въ легочномъ воздухѣ было ниже 10 мм, такъ какъ только при этомъ условіи  $NaHCO_3$  отчасти превращается въ  $Na_2CO_3$  и  $CO_2$ . А давленіе  $CO_2$  въ легочномъ воздухѣ равно около 40 мм; ясно, что двууглекислый натръ крови не можетъ выдѣлять въ легкихъ угольной кислоты безъ помощи какихъ либо другихъ дѣятелей:

Если на двууглекислый натръ подѣйствовать какой либо кислотой, то эта соль отдастъ не только половину, а всю содержащуюся въ ней угольную кислоту по уравненію:



Слѣдов., еслибы въ крови содержались какія либо кислоты, то онѣ могли бы въ легкихъ разлагать двууглекислый натръ, выдѣляя  $CO_2$  даже и при томъ давленіи угольной кислоты, которое эта послѣдняя имѣетъ въ легочномъ воздухѣ. На дѣлѣ такія кислоты и дѣйствительно присутствуютъ въ крови. Это—бѣлки кровяной плазмы, именно тѣ бѣлки, которые носятъ названіе глобулиновъ. Гло-

булины представляют собой слабыя кислоты и способны образовать съ металлами соли; слѣдов., они способны вытѣснять угольную кислоту изъ двууглекислаго натра по уравненію:



Такимъ образомъ, въ венозной крови, подходящей къ легкимъ, содержатся (главнымъ образомъ): 1) двууглекислый натръ и 2) свободный глобулинъ—кислота. Въ легкомъ изъ этихъ соединеній образуется натріевая соль глобулина и свободная угольная кислота, которая и удаляется въ легочный воздухъ. Въ артеріальной крови, оттекающей отъ легкихъ, натрій находится, такимъ образомъ, въ соединеніи съ глобулиномъ. Когда кровь подходит къ органамъ тѣла, то скопляющаяся здѣсь угольная кислота въ свою очередь овладѣваетъ натріемъ и вытѣсняетъ глобулинъ изъ его соединенія съ натріемъ, такъ что вновь образуется свободный глобулинъ и  $\text{NaHCO}_3$ .

Остается еще объяснить, благодаря какимъ условіямъ реакція между глобулиномъ и угольной кислотой въ легкихъ идетъ въ одномъ направленіи (глобулинъ вытѣсняетъ угольную кислоту), а въ тканяхъ въ противоположномъ направленіи (углекислота вытѣсняетъ глобулинъ).

Когда мы прильемъ къ раствору ѣдкаго натра двухъ какихъ нибудь кислотъ, напр. соляной и молочной кислоты, въ эквивалентныхъ количествахъ (т. е. такъ, чтобы въ растворѣ содержалось равное число молекулъ одной и другой кислоты), то большая часть ѣдкаго натра соединится съ соляной кислотой въ хлористый натрій и лишь небольшое количество ѣдкаго натра пойдетъ на соединеніе съ молочной кислотой, образуя молочнокислый натръ. Такое распредѣленіе ѣдкаго натра между двумя этими кислотами зависитъ оттого, что, какъ говорятъ, соляная кислота „жаднѣе“ молочной, т. е. она обладаетъ большимъ химическимъ сродствомъ. Поэтому то сильныя, жадныя кислоты и вытѣсняютъ слабыя кислоты изъ ихъ солей. Такъ происходитъ дѣло въ томъ случаѣ, если смѣшаны эквивалентныя количества кислотъ. Но если мы прибавимъ къ жидкости молочной кислоты значительно больше, чѣмъ соляной, то оказывается, что теперь большая часть натрія соединится съ молочной кислотой, а меньшая съ соляной. Слѣдов., распредѣленіе металла между двумя кислотами зависитъ не только отъ степени жадности кислотъ, но и отъ ихъ количества, отъ ихъ массы. При большой массѣ и слабыя кислоты могутъ вытѣснять сильныя кислоты.

Въ органахъ тѣла угольная кислота вытѣсняетъ глобулинъ изъ его соединенія со щелочью потому, что  $\text{CO}_2$  находится здѣсь въ большой массѣ: кровь приходитъ въ капиллярахъ тѣла въ соприкосновеніе съ самымъ источникомъ угольной кислоты—живой кѣткой. Наоборотъ, въ легкихъ угольная кислота можетъ удаляться изъ крови въ легочный воздухъ и поэтому кровь постоянно осво-

бождается отъ угольной кислоты; слѣдов., масса свободной угольной кислоты въ крови очень не велика, поэтому глобулинъ и можетъ вытѣснять угольную кислоту въ легкиѣ.

Благодаря зависимости реакціи между глобулиномъ и угольной кислотой отъ массы (или отъ давленія) угольной кислоты, ясно, что дается возможность переноса съ кровью угольной кислоты изъ тканей, гдѣ давленіе угольной кислоты высокое, къ легкимъ, гдѣ давленіе угольной кислоты значительно ниже.

Благодаря вышензложеннымъ условіямъ, есть возможность осуществить переносъ кислорода изъ легкиѣ къ тканямъ, а угольной кислоты отъ тканей къ легкимъ, пользуясь простыми физическими силами. Опытъ показываеъ, что это и дѣйствительно происходитъ такимъ образомъ. Для того, чтобы подтвердить на опытѣ ту мысль, что въ дыхательномъ газообмѣнѣ между кровью и легочнымъ воздухомъ и тканями не участвуютъ никакія другія силы, кромѣ физическихъ, очевидно, необходимо показать, что: 1) давленіе, подъ которымъ находится угольная кислота въ тканяхъ, больше, чѣмъ давленіе этого газа въ венозной крови, 2) давленіе  $\text{CO}_2$  въ легочномъ воздухѣ меньше, чѣмъ въ артеріальной крови, 3) давленіе кислорода въ легочномъ воздухѣ больше, чѣмъ то давленіе, подъ которымъ этотъ газъ содержится въ крови и 4) давленіе кислорода въ крови больше, чѣмъ въ тканяхъ. Чтобы понять значеніе этихъ положеній, замѣчу, что подъ давленіемъ газа (угольной кислоты, кислорода) въ крови подразумѣвается то давленіе газа надъ кровью, которое должно существовать, чтобы кровь поглотила какъ разъ то количество газа, которое она содержитъ. Положимъ, когда кислородъ содержится въ крови въ количествѣ 20 куб. сант. на 100 куб. сант. крови, для этого нужно, чтобы давленіе кислорода, приходящаго въ соприкосновеніе съ кровью, равнялось 100 мм. Въ этихъ случаяхъ и говорятъ, что давленіе кислорода въ крови равно 100 мм. Если такую кровь привести въ соприкосновеніе съ кислородомъ, имѣющимъ меньшее давленіе, напр., 80 мм, то кислородъ будетъ переходить изъ крови въ атмосферу, наоборотъ, если такая кровь соприкасается съ кислородомъ, имѣющимъ большее давленіе, напр. 120 мм, въ этомъ случаѣ кровь будетъ поглощать кислородъ изъ газовой атмосферы. Вотъ этимъ фактомъ и пользуются для того, чтобы измѣрить давленіе газовъ въ крови при помощи т. назыв. аэреотометра.

Если, напр., въ вышеприведенномъ примѣрѣ, кровь поглощаетъ кислородъ при давленіи газа=120 мм и выдѣляетъ его при давленіи=80 мм, мы говоримъ, что кислородъ находится въ крови подъ давленіемъ меньшимъ, чѣмъ 120 мм и большимъ, чѣмъ 80 мм. Разумѣется, въ этомъ случаѣ, мы опредѣляемъ еще давленіе 0 очень неточно, въ очень широкихъ предѣлахъ. Но если мы сузимъ эти предѣлы, напр. будемъ приводить кровь въ соприкосновеніе съ кислородомъ, имѣющимъ давленіе 90 мм и 110 мм, то мы можемъ опредѣлить давленіе кислорода въ крови уже точно: оно должно заключаться между 90 и 110 мм.

Еще болѣе суживая предѣлы, мы можемъ уже съ достаточной точностью опредѣлить давленіе кислорода (и другихъ газовъ) въ крови. Въ аэротомерѣ (въ переводѣ значить „измѣритель давленія газовъ“) кровь приводится въ соприкосновеніе съ 2-мя газовыми смѣсями: въ одной давленіе газовъ немного больше, чѣмъ въ крови, въ другой—немного меньше. Если наблюдается, что послѣ соприкосновенія крови съ этими смѣсями кровь поглощаетъ газы изъ первой смѣси и выдѣляетъ ихъ во вторую, это значить, что давленіе газовъ въ крови находится гдѣ то посрединѣ между давленіями газовъ въ этихъ смѣсяхъ. Такъ какъ эти смѣси составляются такимъ образомъ, чтобы давленіе газовъ въ нихъ лишь незначительно отличалось отъ давленія газовъ въ крови, легко понять, что при помощи аэротомера удастся довольно точно опредѣлить давленіе газовъ въ крови.

Такимъ образомъ опредѣляется напряженіе газовъ въ крови; но для того, чтобы имѣть представленіе о силахъ, благодаря которымъ газы переходятъ изъ легочнаго воздуха въ кровь и обратно,—изъ тканей въ кровь и обратно, необходимо еще измѣрить напряженіе газовъ въ легочномъ воздухѣ и тканяхъ.

Для измѣренія напряженія газовъ въ легочномъ воздухѣ необходимо добыть пробу альвеолярнаго воздуха. Путемъ нормальнаго дыханія сдѣлать этого невозможно, такъ какъ выдыхаемый воздухъ, какъ показано выше, состоитъ изъ смѣси альвеолярнаго воздуха съ бронхиальнымъ. Поэтому съ этой цѣлью употребляется особый экспериментальный приѣмъ, извѣстный подъ названіемъ „катетеризаціи легкаго“. Легочный катетеръ (рис. 44) состоитъ изъ тонкой резиновой

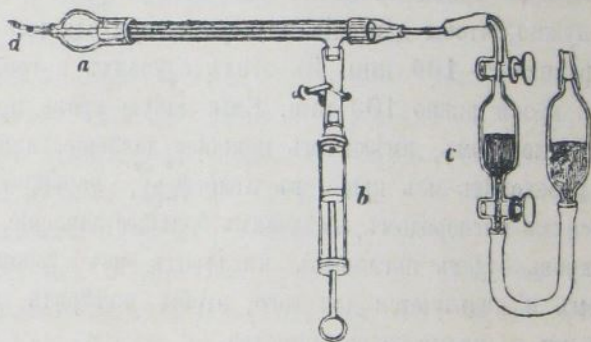


Рис. 44.

трубки d, вставленной въ другую, болѣе широкую, резиновую трубку. Широкая трубка съ коновъ герметически закрыта и соединена на одномъ своемъ концѣ съ насосомъ b, а на другомъ—имѣетъ резиновый шарикъ съ тонкими стѣнками (a). Накачивая воздухъ въ широкую трубку, можно раздуть шарикъ (a) до значительныхъ размѣровъ. Катетеръ вводится собацѣ чрезъ дыхательное горло и бронхи до какого либо бронха средней величины. Когда катетеръ введенъ въ бронхъ, накачиваютъ насосомъ воздухъ и раздуваютъ шарикъ (a). Послѣдній, раздуваясь, плотно прилегаетъ къ стѣнкамъ бронха, закупориваетъ его и отдѣляетъ

всю полость легкаго, сообщающуюся съ этимъ бронхомъ, отъ атмосферы, такъ что данный участокъ легкаго не участвуетъ уже въ легочной вентиляціи, и воздухъ, заключенный въ альвеолахъ этого участка, имѣетъ возможность въ совершенствѣ обмѣняться газами съ протекающей по легочнымъ капиллярамъ кровью.

Черезъ нѣкоторое время при помощи маленькаго ртутнаго насоса (с) вытягиваютъ пробу воздуха изъ закупоренной части легкаго, подвергаютъ ее анализу и, такимъ образомъ, узнаютъ напряженія содержащихся въ ней газовъ.

Чтобы судить о напряженіи газовъ въ тканяхъ, пользуются тѣми жидкостями (моча, слюна и проч.), которыя образуются внутри тканей и газовый составъ которыхъ, очевидно, долженъ быть такой же, какъ и газовый составъ тѣхъ клѣтокъ, внутри которыхъ онѣ вырабатываются.

Путемъ такихъ излѣдованій получены, между прочимъ, слѣдующія цифры:

	Напряженіе CO <sub>2</sub>	Напряженіе O <sub>2</sub>
Въ альвеол. воздухѣ	3,6% атмосферы.	14% атмосферы.
Въ крови	3,8% „	10% „
Въ тканяхъ	7% „	0 „

Такимъ образомъ, напряженіе CO<sub>2</sub> въ тканяхъ выше, чѣмъ въ крови, а въ крови выше, чѣмъ въ легочномъ воздухѣ. Слѣдов., на основаніи простыхъ физическихъ законовъ, согласно которымъ жидкость, насыщенная газомъ при высокомъ давленіи, отдаетъ этотъ газъ атмосферѣ или жидкости, въ которой этотъ находится подъ меньшимъ давленіемъ,—долженъ существовать въ организмѣ токъ угольной кислоты отъ тканей черезъ кровь въ легочный воздухъ.

Въ противоположномъ направленіи, т. е. изъ легочнаго воздуха черезъ кровь къ тканямъ, течетъ, повинуваясь тому же закону, кислородъ, такъ какъ давленіе этого газа въ легочномъ воздухѣ наибольшее, въ крови оно меньше, а въ тканяхъ равно нулю.

## ВНУТРИТКАНЕВОЕ ДЫХАНІЕ.

Мы видѣли, какимъ путемъ доставляется кислородъ къ очагу физиологическаго сгорания—живой клѣткѣ и какимъ путемъ удаляется отсюда угольная кислота. Намъ остается еще рассмотреть условія этого физиологическаго сгорания, которое носитъ названіе „внутриклеточнаго дыханія“ и составляетъ, въ сущности, центральный пунктъ дыхательнаго процесса.

Лавуазье, впервые открывшій участіе атмосфернаго кислорода въ явленіяхъ окисленія и показавшій, что и живой организмъ, подобно горящей свѣчѣ, потребляетъ кислородъ и выдѣляетъ угольную кислоту, впервые сопоставилъ жизненный процессъ съ горѣніемъ органическихъ веществъ.

Но очагомъ физиологическаго сгоранія Лавуазье считалъ легкія, какъ органъ, въ которомъ происходитъ поглощеніе кислорода и выдѣленіе угольной кислоты.

Дальнѣйшіе опыты показали, однако, что въ легкихъ происходитъ лишь обмѣнъ газовъ между организмомъ и средой и, если уже сопоставлять легкія съ какой либо частью печнаго очага, всего правильнѣе сравнить ихъ съ поддувалою и дымогарной трубой, такъ какъ черезъ нихъ доставляется въ организмъ необходимый для горѣнія кислородъ, черезъ нихъ же выдѣляются въ атмосферу и продукты горѣнія—углекислота и вода.

Очагъ же физиологическаго сгоранія находится дальше, внутри самаго организма.

Теорія, смѣшившая ученіе Лавуазье, предполагала, что окислительные процессы организма происходятъ въ крови. Однако, при тщательномъ изслѣдованіи фактовъ, и это воззрѣніе оказалось не вѣрнымъ, и мѣсто физиологическаго окисленія пришлось отодвинуть еще далѣе—въ живой элементъ тканей, клѣтку.

Точные опыты показали, что въ жидкой части крови, какъ во всякомъ бѣлковомъ растворѣ, не замѣчается никакихъ окислительныхъ процессовъ. Тѣ же ничтожныя по размѣру окисленія, которыя были констатированы на цѣльной крови, обязаны своимъ происхожденіемъ присутствію въ крови живыхъ элементовъ—бѣлыхъ кровяныхъ клѣтокъ, которыя, подобно всѣмъ живымъ клѣткамъ, конечно, поглощаютъ кислородъ и выдѣляютъ углекислоту.

Такимъ образомъ, въ настоящее время очагомъ физиологическаго сгоранія считается живая клѣтка нашихъ органовъ.

Основной вопросъ, на которомъ прежде всего приходится остановиться, заключается въ томъ, нуженъ ли дѣйствительно кислородъ для всякаго жизненнаго процесса, или существованіе живыхъ организмовъ возможно и въ отсутствіи кислорода?

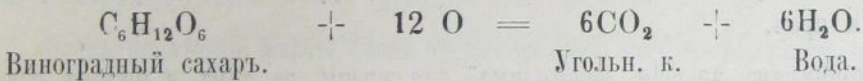
Опытъ показываетъ, что для большинства живыхъ существъ кислородъ, дѣйствительно, составляетъ одно изъ главныхъ условій жизни; существуютъ, однако, другіе организмы, которые могутъ жить какъ въ присутствіи, такъ и въ отсутствіи кислорода и, наконецъ, есть организмы, для которыхъ свободный кислородъ представляетъ собой сильнѣйшій ядъ, и которые могутъ свободно развиваться лишь при полномъ отсутствіи кислорода. Приведемъ нѣсколько примѣровъ.

Обыкновенныя пивныя дрожжи, какъ давно замѣчено пивоварами, встрѣчаются въ двухъ разновидностяхъ: одни располагаются во время броженія на поверхности жидкости и отличаются буйнымъ ростомъ; однако, броженіе съ этими дрожжами не выгодно и потому избѣгается; другія, наоборотъ, погружаются на дно жидкости и, размножаясь значительно медленнѣе первыхъ, вырабатываютъ гораздо болѣе спирта, чѣмъ верхнія дрожжи.

Смотря по условіямъ, въ которыя поставлено броженіе, дрожжи располагаются или въ верхнихъ, или въ нижнихъ слояхъ жидкости. Въ случаѣ недостаточнаго доступа кислорода, онѣ опускаются на дно; въ случаѣ хорошей вентиляціи бродящей жидкости, дрожжи растутъ, главнымъ образомъ, на поверхности. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ дрожжи въ широкихъ размѣрахъ пользуются атмосфернымъ кислородомъ для дыханія, ихъ жизнедѣятельность усиливается, онѣ ассимилируютъ виноградный сахаръ, содержащійся въ жидкости, превращая его въ составныя части своей протоплазмы и, отчасти, накопляя вещество здѣсь, отчасти разлагая и окисляя питательный матеріалъ, съ образованіемъ углекислоты и воды.

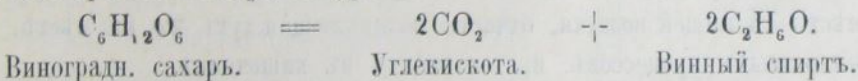
На 1000 грам. винограднаго сахара при верхнемъ броженіи образуется до 250 грам. протоплазмы дрожжей.

Такимъ образомъ, 25% винограднаго сахара употребляется на построеніе дрожжевыхъ клѣтокъ. Остальное количество (до 75%) винограднаго сахара служитъ питательнымъ матеріаломъ; дрожжи сжигаютъ декстрозу, превращая ее при помощи атмосфернаго кислорода въ углекислоту и воду по уравненію:



Такимъ образомъ, благодаря доступу кислорода, броженіе не достигаетъ поставленной ему производствомъ цѣли—образованія виннаго спирта; виноградный сахаръ сгораетъ въ угольную кислоту и воду. При этомъ сгораніи освобождается большое количество энергіи; сжигая 1 грам. винограднаго сахара, мы получаемъ 3939 малыхъ калорій. Эта то освобождающаяся при сгораніи сахара теплота и служитъ источникомъ жизненной энергіи дрожжей, она и поддерживаетъ ихъ жизнь.

Если тѣ же дрожжи поставить въ условія затрудненнаго доступа воздуха, напр., производить броженіе въ закрытомъ сосудѣ, положимъ, въ опрокинутой вверхъ дномъ пробиркѣ, дрожжи не могутъ разлагать сахаръ по вышеприведенному уравненію. Не получая кислорода, необходимаго для сгоранія сахара, онѣ начинаютъ разлагать его на спиртъ и углекислоту, т. е. вызываютъ настоящее спиртовое броженіе сахара по уравненію:



Разлагаясь на спиртъ и угольную кислоту, виноградный сахаръ также освобождаетъ тепло, какъ при всякомъ распаденіи сложныхъ веществъ на болѣе простыя тѣла. Но теплота, выдѣляющаяся при этой второй реакціи, значительно меньше, чѣмъ при полномъ сгораніи сахара до углекислоты и воды. На 1 грам. сахара здѣсь выдѣляется всего 304 калорій, т. е. почти въ 13 разъ меньше. Разложеніе сахара на спиртъ и углекислоту служитъ для нижнихъ дрожжей такимъ же источникомъ жизнедѣятельности, какимъ для верхнихъ яв-



ляется сгорание сахара в углекислоту и воду. Но в виду того, что из этого источника нижнія дрожжи получают гораздо меньше энергии, развитие их значительно отстает от верхних и на 1000 грам. потраченного виноградного сахара образуется всего лишь 15 грам. протоплазмы дрожжевых клеток.

Жизнь при доступе кислорода носить название аэробіоза, жизнь в отсутствии кислорода называется анаэробіозомъ. В дрожжахъ мы имѣемъ любопытный примѣръ организма, который можетъ жить какъ в условіяхъ аэробіоза, такъ и в обратныхъ условіяхъ.

Существуютъ другіе организмы, которые способны жить исключительно в отсутствии кислорода; къ такимъ существамъ принадлежитъ, напр., бактерія, превращающая молочную кислоту в масляную; она способна развиваться только в бескислородной средѣ; малѣйшаго доступа кислорода достаточно, чтобы вызываемое ею броженіе остановилось.

Другимъ примѣромъ анаэробіозныхъ организмовъ можетъ служить tyrothrix proserpalum, который разлагаетъ бѣлокъ, превращая его сперва в пептоны, а затѣмъ разлагая пептоны на лейцины, другія амидокислоты, тирозинъ, мочевую и проч.

Источникомъ энергии, необходимой для жизни, в томъ и другомъ случаѣ, служить та энергія, которая получается при разложеніи сложныхъ веществъ на болѣе простыя тѣла. Но в случаѣ анаэробіоза продукты расщепленія заключаютъ в себѣ еще очень большой запасъ химической энергии, т. е. не вся энергія, заключенная в питательномъ веществѣ, при анаэробіозныхъ условіяхъ выдѣляется; запасъ силы, таящейся в пищѣ, утилизируется организмомъ не нацѣло; большая часть энергии ускользаетъ отъ живого существа в видѣ сложныхъ продуктовъ распадѣнія; такъ, нижнія дрожжи не могутъ воспользоваться очень еще большимъ запасомъ энергии, заключенномъ в винномъ спиртѣ. Поэтому то и ихъ жизнѣдѣтельность слабѣе, чѣмъ—верхнихъ дрожжей.

Въ отсутствіи кислорода способны жить не только низшіе, одноклѣточные организмы, но и нѣкоторыя болѣе высоко-организованныя существа; сюда относятся, напр., кишечные паразиты-черви (различные виды аскаридъ). В кишечномъ каналѣ содержится газовая смѣсь, происходящая отчасти изъ проглоченнаго вмѣстѣ съ пищей воздуха, отчасти возникающая тутъ же, на мѣстѣ, вслѣдствіе гнилостныхъ процессовъ, протекающихъ в кишечникѣ.

Однако, свободного кислорода эта газовая смѣсь не содержитъ ни слѣда. Проглоченный съ воздухомъ кислородъ отчасти поглощается гемоглобиномъ крови, циркулирующей в волосныхъ сосудахъ очень близко къ внутренней поверхности кишечной стѣнки, отчасти же образуетъ химическія соединенія съ продуктами кишечнаго гніенія; благодаря этому, в кишечникѣ находится совершенно лишенная кислорода атмосфера. Такъ, в кишкахъ казеннаго черезъ полчаса послѣ смерти найдено:

	Толстая кишка.	Прямая кишка.
Кислорода . . . . .	0	0
Водорода . . . . .	0,46	0
Азота . . . . .	7,46	62,76
Болотного газа . . . . .	0,06	0,90
Угольной кислоты . . . . .	91,92	36,40

И тѣмъ не менѣе при полномъ отсутствіи кислорода кишечные паразиты могутъ жить, двигаться и размножаться.

Бунге помѣщала аскариду, живущую въ кишкахъ кошки, въ среду, совершенно лишенную кислорода; животныя жили здѣсь въ теченіи 4—5 сутокъ и все это время довольно оживленно двигались.

Наконецъ, есть факты, говорящіе за то, что и позвоночныя животныя нѣкоторое время могутъ жить въ атмосферѣ, лишенной кислорода. Такъ, въ опытахъ Пфлюгера, лягушки при низкой температурѣ оставались въ живыхъ въ отсутствіи кислорода въ теченіе около сутокъ и при этомъ выдыхали угольную кислоту.

Этотъ послѣдній фактъ очень знаменателенъ. Онъ показываетъ, что угольная кислота, выдыхаемая животнымъ, по крайней мѣрѣ, отчасти происходитъ не вслѣдствіе прямого окисленія живого вещества, а какимъ то другимъ путемъ. Въ пользу того же взгляда говорить слѣдующій опытъ, впервые поставленный Г. Либихомъ.

Въ широкогорлую склянку на металлическомъ крючкѣ, проходящемъ черезъ пробку, подвѣшиваются заднія конечности лягушки. Крючекъ соединяется съ однимъ полюсомъ (В) электрической машины; другой полюсъ (С) ея опускается въ ртуть, налитую на дно банки и достающую своей поверхностью до нижняго конца лапокъ. Черезъ склянку пропускается токъ водорода, который предварительно проходитъ черезъ шариковый приборъ М, гдѣ освобождается отъ примѣсей, и выходитъ черезъ налитый въ пробиркѣ N прозрачный растворъ ѣдкаго барита.

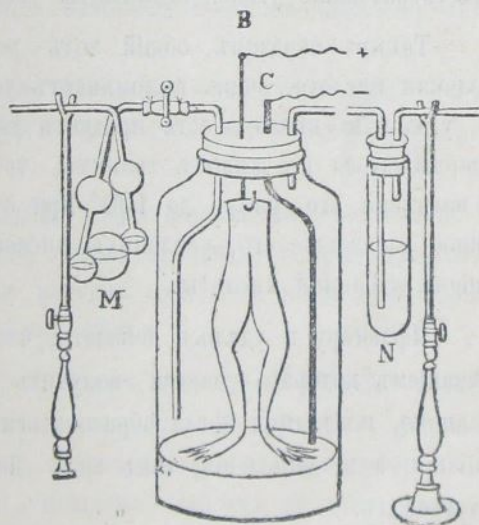


Рис. 45.

Послѣ того какъ склянка наполнена водородомъ, пропускаютъ электрическій токъ черезъ лапки и одновременно съ этимъ прогоняютъ слабой струей во-

дородъ черезъ весь аппаратъ. Черезъ нѣкоторое время растворъ въ пробиркѣ N замутился, что указываетъ на выдѣленіе угольной кислоты; послѣдняя съ гидратомъ барія и даетъ нерастворимый углекислый баритъ. Такимъ образомъ, въ этомъ опытѣ, мышечное вещество, при полномъ отсутствіи кислорода, развиваетъ замѣтныя количества угольной кислоты; опытъ показываетъ, слѣдовательно, что что и здѣсь угольная кислота образуется не вслѣдствіе окисленія живой матеріи, а вслѣдствіе какихъ то другихъ реакцій.

Пфлюгеръ стремится путемъ многочисленныхъ опытовъ доказать, что угольная кислота, образующаяся при всякомъ жизненномъ процессѣ, представляетъ собой продуктъ диссоціаціи живой матеріи, а не окисленія ея.

Припомнимъ, что подъ именемъ диссоціаціи разумѣется распаденіе сложнаго вещества на болѣе простыя тѣла, причемъ, по крайней мѣрѣ, одинъ продуктъ разложенія газообразенъ. Диссоціація обусловливается дѣйствіемъ тепла; она начинается только при нѣкоторой опредѣленной температурѣ и усиливается параллельно съ повышеніемъ температуры, что, между прочимъ, сказывается тѣмъ, что и количество выдѣляемаго при диссоціаціи газа съ температурой увеличивается. Въ жизненномъ процессѣ также однимъ изъ продуктовъ разложенія является газъ—угольная кислота.

Пфлюгеръ показалъ, что образованіе угольной кислоты въ живомъ организмѣ также стоитъ въ зависимости отъ температуры. При температурѣ, близкой къ  $0^{\circ}$ , оно прекращается совершенно, а затѣмъ при повышеніи температуры образованіе угольной кислоты увеличивается болѣе и болѣе.

Такимъ образомъ, общій ходъ реакціи, результатомъ которой является угольная кислота, очень напоминаетъ условія диссоціаціи. Но если, дѣйствительно, угольная кислота есть продуктъ диссоціаціи какого то сложнаго вещества, содержащагося въ живыхъ тканяхъ, то очевидно, можно добыть это вещество и, нагревая его, напр., до  $100^{\circ}$  при отсутствіи кислорода, также вызвать усиленное распаденіе его, усиленную диссоціацію, связанную съ усиленнымъ выдѣленіемъ угольной кислоты.

Пфлюгеру и удалось доказать, что въ мышцахъ содержится вещество, нагреваніемъ котораго удастся получить очень большія количества углекислоты; очевидно, послѣдняя могла образоваться въ этихъ условіяхъ только путемъ диссоціаціи, а не окисленія, такъ какъ необходимый для окисленія кислородъ отсутствовалъ.

Однако, если угольная кислота происходитъ не вслѣдствіе окисленія живой матеріи, то къ чему же сводится роль кислорода въ жизненныхъ явленіяхъ? Объясняя эту сторону вопроса, Пфлюгеръ обращаетъ вниманіе на слѣдующій фактъ.

Изслѣдуя содержаніе кислорода и угольной кислоты въ крови, притекающей къ мышцамъ и оттекающей отъ нихъ, можно замѣтить, что въ покойной мышцѣ не весь поглощаемый изъ крови кислородъ идетъ на процессы окисленія.

Такъ какъ молекула кислорода стоитъ изъ двухъ атомовъ ( $O_2$ ), а въ частицѣ угольной кислоты ( $CO_2$ ) содержится также 2 атома кислорода, то, согласно закону Авогадро-Жерара \*), если бы весь потребленный кислородъ шелъ на сгораніе углерода, мы получили бы объемъ угольной кислоты, равный объему потраченного кислорода.

Если бы, напр., въ замкнутомъ пространствѣ мы собрали опредѣленный объемъ кислорода и сожгли въ этомъ кислородѣ углеродъ, напр. алмазь, то послѣ полного потребленія кислорода объемъ газа не измѣнился бы, потому что сколько молекулъ кислорода исчезаетъ, столько же молекулъ угольной кислоты появляется.

Сравнивая же объемы кислорода, поглощенного покойной мышцей, и угольной кислоты, выдѣленной ею, можно замѣтить, что покойная мышца потребляетъ больше кислорода, чѣмъ выдѣляетъ угольной кислоты; слѣдовательно, часть кислорода задерживается въ мышцѣ, накапливается въ ней въ видѣ какихъ то неизвѣстныхъ химическихъ соединеній. Во время работы этотъ кислородъ мышца выдѣляетъ въ видѣ  $CO_2$ .

Пфлюгеръ дѣлаетъ предположеніе, что этотъ кислородъ воспринимаетъ въ свою молекулу живой бѣлокъ тканей; этой то способностью воспринимать внутримолекулярно кислородъ и отличается живой бѣлокъ отъ мертвого. Входя въ частицу живого бѣлка, кислородъ еще болѣе расслабляетъ ея атомныя связи и дѣлаетъ его склоннымъ къ распаду подъ вліяніемъ простаго повышенія температуры, т. е. къ диссоціаціи.

Диссоціація живого бѣлка, вызываемая теплотой, вырабатываемой живыми организмами—такова, по Пфлюгеру, схема жизненнаго процесса.

Нѣсколько отлична отъ предыдущей теорія жизненнаго процесса А. Готье, хотя и эта теорія, подобно предыдущей, кислороду отводитъ лишь второстепенную роль, первичной же реакціей, на которой основанъ жизненный процессъ, считаетъ бескислородное распаденіе живого бѣлка.

Теорія Готье опирается, между прочимъ, на опыты Эрлиха, касающіеся распредѣленія въ организмъ свободнаго кислорода. Въ качествѣ реактива на кислородъ Эрлихъ примѣнилъ 2 краски, ализариновую и церулеиновую синьку; эти краски въ присутствіи кислорода обладаютъ синимъ цвѣтомъ, попадая же въ среду, не содержащую свободнаго кислорода, особенно, въ присутствіи веществъ, жадно соединяющихся съ послѣднимъ, обѣ эти краски обезцвѣчиваются.

---

\*) Равные объемы газовъ при одинаковомъ давленіи и температурѣ содержатъ одинаковое число молекулъ.

Эрлихъ вспрыскивалъ эти краски въ кровь живому животному и, выждавъ въ которое время, когда онѣ перейдутъ въ ткани, убивалъ животное и, подвергнувъ его вскрытію, осматривалъ окраску различныхъ органовъ.

Эти опыты дали слѣдующіе результаты.

«Послѣ инъекцій сыворотка крови, лимфа и синовиальная жидкость становятся синими.

Бѣлое вещество мозга обезцвѣчивается и совершенно лишается синей окраски. Эта ткань, слѣдовательно, обладаетъ рѣзкой восстанавливающей способностью. Сѣрое вещество, наоборотъ, остается рѣзко окрашеннымъ церулеяновой синькой. Периферическіе нервы слегка синеваты.

Гладкія и поперечнополосатыя мышцы обезцвѣчены почти совершенно. Синовиальныя оболочки остаются синими.

Хрящи обезцвѣчиваются.

Кости мѣстами обезцвѣчиваются, мѣстами остаются окрашенными въ синій цвѣтъ.

Лимфатическія и зубная железы окрашены въ синій цвѣтъ.

Эпителий и слизистая обочка слабо окрашиваются.

Изъ железъ не восстанавливаютъ при жизни этого красящаго вещества: слюнные железы, поджелудочная, грудныя и слизистыя железы.

Рѣзко восстанавливающей способностью обладаетъ, прежде всего, печень: на разрѣзахъ ея подъ микроскопомъ нельзя нигдѣ замѣтить синей окраски, исключая развѣ просвѣта желчныхъ канальцевъ. Печеночныя клѣтки представляютъ, слѣдовательно, рѣзко восстанавливающую среду.

Медулярное вещество почекъ остается рѣзко синимъ, тогда какъ корковое вещество обезцвѣчивается вполне.

Ткань легкихъ и плевра имѣютъ нормальный розовый цвѣтъ. Они, слѣдовательно, обладаютъ восстанавливающей способностью.

«Итакъ, бѣлое вещество головного и спинного мозга, нервы, мышцы, хрящи, печень, кортикальный слой почекъ и паренхима легкихъ въ теченіе жизни являются рѣзко восстанавливающей средою» (А. Готье, химія живущей клѣтки).

Такимъ образомъ, въ большинствѣ тканей и органовъ свободного кислорода нѣтъ. Слѣдов., жизнь элементарныхъ единицъ, составляющихъ наше тѣло—клѣтокъ, протекаетъ въ бескислородной средѣ; распаденіе живого бѣлка не представляетъ собой процесса окисленія; первоначальную реакцію жизненнаго процесса всего правильнѣе сравнить съ анаэробіозомъ.

Бѣлокъ клѣтокъ, по Готье, распадается (вѣроятно, подъ влияніемъ вырабатываемыхъ клѣтками ферментовъ) на рядъ продуктовъ гораздо болѣе простого

состава; лишь на периферіи кліточного тѣла, въ ближайшемъ соприкосновеніи съ кровью, эти продукты первоначальнаго распада бѣлка подвергаются окисленію. Такимъ образомъ, окисленіе является лишь послѣдующимъ актомъ, лишь вторичной реакціей жизненнаго процесса.

За эту теорію говоритъ также тотъ фактъ, что въ крови задушенныхъ животныхъ накапливаются вещества, жадно соединяющіяся съ кислородомъ. Еслибы жизненный процессъ состоялъ въ прямомъ окисленіи живого бѣлка тканей, въ такомъ случаѣ, вслѣдъ за прекращеніемъ подвоза кислорода (при задушеніи), прекратились бы и всѣ химическія реакціи въ протоплазмѣ и кромѣ индифферентнаго къ кислороду мертваго бѣлка послѣ смерти ни въ крови, ни въ тканяхъ никакихъ другихъ веществъ нельзя было бы ожидать. Накопленіе же въ крови во время задушенія упомянутыхъ веществъ показываетъ, что, несмотря на отсутствіе кислорода, распаденіе бѣлка протоплазмы продолжается, а, слѣдовательно, это распаденіе не зависитъ отъ кислорода, т. е. не представляетъ собой окислительнаго процесса; лишь въ результатъ этого безкислороднаго распада живого бѣлка появляются вещества, жадно соединяющіяся съ кислородомъ, т. е. лишь продукты первичнаго распада бѣлка, а не самъ бѣлокъ, подвергаются окисленію.

Къ тому же выводу приходитъ и Гоппе-Зейлеръ на основаніи изученія обмѣна веществъ гнилостныхъ микроорганизмовъ при доступѣ и безъ доступа воздуха.

Безъ доступа воздуха гнилостные микроорганизмы разлагаютъ бѣлковыя вещества, образуя цѣлый рядъ веществъ, способныхъ соединяться съ кислородомъ, окисляться. Таковы водородъ, болотный газъ, сѣрководородъ и проч. Если же гніеніе происходитъ при достаточномъ доступѣ воздуха, гнилостныя бактеріи этихъ недоокисленныхъ веществъ не даютъ, а выдѣляютъ тѣ же продукты, какъ и высшія животныя.

Высшее животное, поставленное въ условія такъ назыв. кислороднаго голоданія, т. е. при уменьшенной доставкѣ кислорода тканямъ, также выдѣляетъ вмѣсто обычныхъ своихъ продуктовъ обмѣна веществъ нѣкоторыя промежуточные, недоокисленные вещества. Отсюда Гоппе-Зейлеръ заключаетъ, что, по существу, механизмъ обмѣна веществъ у высшихъ животныхъ сходенъ съ обмѣномъ веществъ бактерій. Онъ основанъ на первоначальномъ распадѣ бѣлковой молекулы на рядъ простыхъ продуктовъ, которые лишь въ дальнѣйшей стадіи подвергаются окисленію.

Каковы же эти первоначальные продукты, на которые распадается, согласно гипотезѣ А. Готье, живой бѣлокъ кліточной протоплазмы? Для рѣшенія этого вопроса А. Готье подвергалъ вырѣзанные органы анаэробной жизни и изслѣдовалъ затѣмъ ихъ химически. Оказалось, что въ отсутствіи кислорода ткани вырабатываютъ соединенія, которыя составляютъ одну общую группу не столько

на основаніи сходства химическихъ свойствъ, сколько вслѣдствіе одинаковаго ихъ отношенія къ организму. Эти вещества получили названіе лейкомаиновъ; многія изъ нихъ обладаютъ довольно рѣзко выраженнымъ ядовитымъ дѣйствіемъ на животный организмъ.

Въ 1873 году Сельми, занимаясь вопросомъ объ открытіи въ трунахъ растительныхъ алкалоидовъ, что имѣеть значеніе для судебно-медицинскихъ цѣлей, натолкнулся на органическія основанія, которыя по своимъ свойствамъ и реакціямъ напоминаютъ алкалоиды, но встрѣчались въ трунахъ животныхъ, въ организмъ которыхъ не было введено вовсе растительныхъ ядовъ.

Это было первое открытіе животныхъ ядовъ, которые были названы Сельми *птомаинами* (отъ *птома*—трупъ).

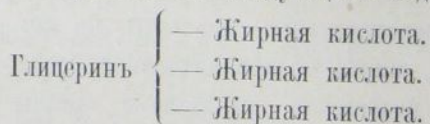
Почти одновременно съ Сельми А. Готье доказалъ, что *птомаины* образуются при всякомъ анаэробномъ развитіи бактерій въ бѣлковой средѣ; слѣдов., они вырабатываются изъ бѣлковой молекулы расщепленіемъ ея при участіи бактерій.

Подобно растительнымъ алкалоидамъ, *птомаины* даютъ съ кислотами кристаллическія соли; нѣкоторые изъ нихъ настолько жадно соединяются съ кислотами, что, подобно, напр., ѣдкому натру, поглощаютъ улекислоту изъ воздуха.

Они осаждаются тѣми же самыми реактивами, даютъ почти тѣ же цвѣтныя реакціи, какъ и алкалоиды, что сильно затрудняетъ отличіе *птомаиновъ* отъ алкалоидовъ, напр. въ трупѣ. Наконецъ, многіе изъ *птомаиновъ* очень ядовиты и вызываютъ, напр., повышеніе температуры тѣла, замедленіе дыханія, сонливость, судороги и смерть.

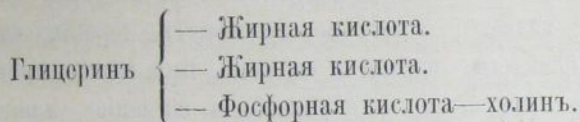
Готье показалъ, что и въ нормальномъ организмѣ вырабатываются подобныя же органическія основанія, многія изъ которыхъ также ядовиты, какъ и *птомаины*. Въ отличіе отъ послѣднихъ, эти яды нормальнаго человѣческаго организма названы имъ лейкомаинами; названіе указываетъ происхожденіе описываемыхъ веществъ изъ бѣлка (лейкома—бѣлокъ). Въ качествѣ примѣра лейкомаиновъ я опишу рядъ веществъ, получающихся при разложеніи особаго фосфористаго жира лецитина, съ которымъ мы еще встрѣтимся ниже, въ главѣ о «пищевареніи».

При изложеніи той же главы мы увидимъ, что жиры состоятъ изъ соединенія 3 молекулъ жирныхъ кислотъ съ 1 молекулой глицерина, т. е. представляютъ собой такъ назыв. сложные эфиры глицерина  $[C_2H_5(OH)_3]$  и схематически могутъ быть изображены въ слѣдующемъ видѣ:



Лецитинъ представляетъ собой также сложный эфиръ глицерина; но въ немъ глицеринъ соединенъ только съ двумя молекулами жирныхъ кислотъ;

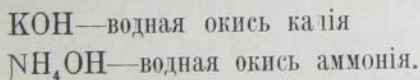
третье же сродство глицерина насыщается фосфорной кислотой, которая, въ свою очередь, соединена съ азотистымъ органическимъ основаніемъ, такъ назыв. холиномъ, такъ что строеніе лецитина можно схематически изобразить въ такомъ видѣ:



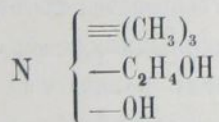
При дѣйствіи гидrolитическихъ агентовъ связи, соединяющія между собой составныя части лецитиновой частицы, разрываются, и при полномъ разложеніи лецитина изъ него получаютъ глицеринъ, жирныя кислоты, фосфорная кислота и свободное основаніе—холинъ, который и принадлежитъ къ лейкомаинамъ и который встрѣчается, между прочимъ, въ нормальной мозговой ткани.

Формула холина  $C_5H_{15}NO_2$ ; онъ представляетъ собой производное амміака.

Изъ химіи извѣстно, что амміакъ, присоединяя водородъ, даетъ такъ назыв. радикалъ аммоній ( $NH_4$ ), который играетъ роль щелочнаго металла, даетъ соли съ кислотами и даже, подобно металламъ, образуетъ со ртутью амальгаму. Если сравнить аммоній съ щелочными металлами, напр. съ калиемъ, то нужно допустить, что онъ способенъ давать, подобно калию, и водную окись, которая должна быть построена такъ же, какъ водная окись калия, т. е.

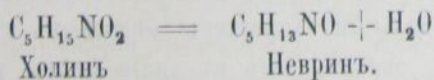


Эта водная окись аммонія въ свободномъ состояніи неизвѣстна, но извѣстны вещества, происходящія изъ нея путемъ замѣщенія водорода углеводородными, органическими радикалами. Къ такимъ производнымъ амміака относится и холинъ; молекула холина получается въ томъ случаѣ, если 3 водорода въ водной окиси аммонія замѣтитъ метиломъ ( $CH_3$ , радикалъ метиловаго спирта), а четвертый—группой— $C_2H_4OH$ , т. е. остаткомъ этиловаго спирта ( $C_2H_5OH$ ). Такимъ образомъ, подробная формула холина можетъ быть изображена въ видѣ:



Благодаря тому, что холинъ является, согласно сказанному, производнымъ амміака, такъ сказ., сложнымъ амміакомъ, онъ способенъ соединяться съ кислотами, т. е. обладаетъ свойствами органическаго основанія, такъ какъ всѣ замѣщенные амміаки реагируютъ, подобно самому амміаку, какъ щелочи.

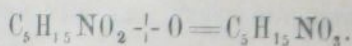
Холинъ не обладаетъ ядовитыми свойствами, но подъ вліяніемъ нѣкоторыхъ условій холинъ легко переходитъ въ невринъ по уравненію





Этот лейкоманнъ уже очень ядовитъ. При вспрыскиваньи кролику подъ кожу 4 миллиграммовъ неврина у животного появляется слезотеченіе, усиливается выдѣленіе носовой слизи, тягучей слюны и пота; одновременно съ этимъ дыханіе затрудняется и дѣлается неправильнымъ, пульсъ сильно учащается, кровяное давленіе падаетъ; животное не можетъ держать головы; скоро наступаетъ смерть, вслѣдствіе паралича сердца... При менѣе сильномъ отравленіи походка животного становится неуравновѣнной, и внезапно животное, какъ оглушенное, падаетъ и погружается въ коллапсъ (глубокій упадокъ силъ).

Другое производное холина—мускаринъ образуется при окисленіи холина:



Мускаринъ представляетъ собой страшный ядъ; онъ, между прочимъ, является дѣйственнымъ ядовитымъ веществомъ обыкновеннаго мухомора.

Мускаринъ по своимъ химическимъ свойствамъ очень напоминаетъ амміакъ, отъ котораго онъ и производится. Онъ окрашиваетъ въ рѣзко синій цвѣтъ лакмусовую бумажку, притягиваетъ угольную кислоту изъ воздуха, соединяясь съ ней въ углекислую соль.

Мускаринъ вызываетъ сильныя боли въ кишкахъ, неудержимый поносъ и смерть отъ паралича сердца.

На приведенныхъ примѣрахъ лейкоманновъ невриновой группы можно видѣть, во-первыхъ, сильно ядовитыя свойства нѣкоторыхъ изъ нихъ и образование страшныхъ ядовъ, напримѣръ, неврина и мускарина, изъ совершенно неядовитаго холина путемъ самыхъ простыхъ реакцій.

Отсюда же видно, что основной характеръ лейкоманновъ, алкалоидныя ихъ свойства зависятъ отъ того, что всѣ они являются производными амміака и, подобно самому амміаку, относятся къ кислотамъ, какъ щелочь.

Но и эти тѣла не представляютъ собой ближайшихъ продуктовъ распада бѣлковой молекулы.

Согласно гипотезѣ Готье первоначально бѣлки протоплазмы даютъ вещества съ еще болѣе рѣзко выраженными ядовитыми свойствами, близкія къ природнымъ бѣлкамъ, ферменты и такъ назыв. токсины.

Токсинами называются ядовитыя бѣлковыя тѣла, содержащіяся, напр., въ зѣбномъ ядѣ, въ крови нѣкоторыхъ ядовитыхъ рыбъ и проч. Подвергаясь дальнѣйшему распаду, токсины и ферменты превращаются въ лейкоманны и, наконецъ, эти послѣдніе подвергаются уже окисленію.

Токсины по своимъ химическимъ свойствамъ стоятъ на границѣ между истинными бѣлковыми тѣлами и лейкоманнами, такъ какъ многіе изъ нихъ обладаютъ общимъ характеромъ бѣлковъ, т. е. имѣютъ составъ, свойственный бѣлкамъ, носятъ коллоидальный характеръ бѣлковыхъ тѣлъ и въ то же время, подобно лейкоманнамъ, окрашиваютъ въ синій цвѣтъ красную лакмусовую бу-

мажку и даютъ соединенія съ кислотами, т. е. обладаютъ свойствомъ органическихъ основаній.

Образованіе въ живомъ организмѣ ядовитыхъ бѣлковыхъ тѣлъ впервые было открыто въ 1843 г. Люсьеномъ Бонапартомъ, который показалъ, что ядовитыя начала зѣснаго яда принадлежатъ къ бѣлковымъ веществамъ. Затѣмъ Моссо открылъ въ крови угря и муреновыхъ рыбъ свертывающійся отъ тепла бѣлокъ, который отличается отъ обычнаго бѣлка кровяной сыворотки лишь своей сильной ядовитостью. При вспрыскиваньи 2 миллиграммовъ вещества на одинъ килограммъ тѣла животнаго наступаетъ моментальная смерть.

Далѣе, въ нѣкоторыхъ растеніяхъ, напр., въ сѣменахъ клещевины и въ корѣ акаціи, были найдены также въ высшей степени ядовитыя бѣлки; напр., рицинъ (изъ сѣмянъ клещевины) убиваетъ кролика въ количествѣ трехъ сотыхъ миллиграмма.

Различныя вредоносныя бактеріи вырабатываютъ, размножаясь въ тѣлѣ больного, также ядовитыя бѣлковыя вещества, отравленіе которыми и вызываетъ картину данной болѣзни. Таково, напр., дѣйствіе бактерій туберкулеза (чахотки), холеры, дифтеріи.

Эти токсины въ высшей степени ядовиты. Такъ напр., 2 капли стерилизованной, т. е. не содержащей живыхъ бактерій, а лишь вырабатываемые ими токсины, разводки бациллы столбняка убиваютъ при подкожномъ вспрыскиваньи крупную лошадь. Въ 2-хъ капляхъ жидкости содержится не больше 1 миллиграмма токсина; и этимъ количествомъ можно убить лошадь, вѣсящую 600 килограммовъ; т. е. единица вѣса токсина убиваетъ 600,000,000 такихъ же единицъ живого вещества.

Высокая ядовитость токсиновъ заставляетъ предполагать, что они дѣйствуютъ на организмъ не сами по себѣ, а вызываютъ въ организмѣ какія то гибельныя измѣненія, которыя уже и ведутъ къ смерти.

Повидимому, нужно думать, что токсины обладаютъ ферментативными свойствами; подобно ферментамъ, вспрыснутые даже въ очень небольшихъ дозахъ, токсины способны вызывать химическія измѣненія въ большомъ количествѣ химическаго матеріала и ядовитыми для организма являются не сами токсины, а продукты своеобразнаго броженія, вызываемаго ими въ живомъ организмѣ. Только при этомъ предположеніи становится понятной страшная ядовитость токсиновъ, такъ какъ, если, дѣйствительно, ядовитое дѣйствіе токсиновъ можно сопоставить съ ферментаціей, отравленіе организма не зависитъ отъ количества введеннаго токсина, а отъ количества ядовитыхъ продуктовъ ферментаціи. А мы знаемъ, что и очень небольшое количество фермента мало по малу вызываетъ разложеніе въ очень большомъ количествѣ матеріала, т. е. токсина, введенный въ ничтожномъ количествѣ, можетъ выработать большое количество продуктовъ ферментаціи, которые, въ сущности, уже и являются ядовитыми веществами.

Въ пользу этого предположенія говорить также и тотъ фактъ, что большинство токсиновъ вызываетъ отравленіе не тотчасъ послѣ вспрыскиванья, а

лишь спустя некоторое, болѣе или менѣе продолжительное время. Это опять же можетъ быть объяснено только тѣмъ, что самъ по себѣ токсинъ не ядовитъ, а ядовиты тѣ продукты ферментаціи, которые онъ съ теченіемъ времени вырабатываетъ внутри живого организма.

Подобно ферментамъ, многіе токсины теряютъ свою ядовитость при кипяченіи; нѣкоторые изъ нихъ дѣйствуютъ только при определенной реакціи среды; наконецъ, подобно ферментамъ, токсины имѣютъ характеръ бѣлковыхъ тѣлъ.

Все это даетъ поводъ предположить, что токсины—своеобразные ферменты, вызывающіе въ организмѣ броженіе, продукты котораго и отравляютъ организмъ.

«Между первоначальными бѣлковыми веществами и мочевиной, этимъ бездѣйтельнымъ веществомъ, окончательнымъ продуктомъ разложенія, въ формѣ котораго выдѣляется  $\frac{14}{15}$  всего освобожденнаго дезассимиляціей \*) азота, лежитъ длинная цѣль промежуточныхъ азотистыхъ производныхъ. Наболѣе сложными являются ферменты, которые обладаютъ еще бѣлковымъ характеромъ и одарены могучей специфической функціей, затѣмъ—амидныя производныя, все менѣе и менѣе сложныя, различные лейкомаины и, наконецъ, уреиды, предшествующія мочевины». (Готье, Химія живущей кѣтки, пер. Линдемана).

«Повидимому, токсины образуются путемъ гидролитическаго расщепленія бѣлковъ и нуклеопротеидовъ и стоятъ посрединѣ между бѣлковыми веществами, общій химическій характеръ которыхъ еще ясно замѣтенъ въ токсинахъ, и животными алколоидами, въ собственномъ смыслѣ слова, или лейкомаинами, съ которыми у нихъ также есть сходство какъ въ химическомъ, такъ и физиологическомъ отношеніи». (Готье, Les toxines).

---

## ИННЕРВАЦІЯ ДЫХАНІЯ.

Мы видѣли, что при вдыханіи участвуютъ цѣлыя группы мышцъ, какъ: гѣстничныя, подниматели реберъ, діафрагма; при каждомъ вдыханіи производится расширеніе носовыхъ отверстій и гортани. При усиленномъ вдыханіи къ поименованнымъ мышцамъ присоединяются еще другія мышечныя группы; участіе мышцъ замѣчается и при усиленномъ выдыханіи.

Ясно, что для того, чтобы дыхательныя движенія достигли своей цѣли, необходимо, чтобы всѣ заинтересованныя въ этихъ движеніяхъ мышцы сокращались въ правильной послѣдовательности и съ надлежащей силой. Импульсъ къ сокращенію каждой отдѣльной мышцы посылается по нерву, подходящему къ этой мышцѣ, изъ т. назыв. двигательнаго ядра этого нерва. Но для правильной координаціи дыхательныхъ движеній необходимо, чтобы эти двигательныя ядра

---

\*) Т. е. процессомъ физиологическаго разложенія.

вырабатывали импульсы къ движенію въ опредѣленной послѣдовательности, т. е. необходимо, чтобы двигательныя ядра нервовъ, подходящихъ къ дыхательнымъ мышцамъ, были объединены въ центрѣ высшаго порядка, завѣдующемъ регуляціей дыхательныхъ движеній.

Такой центръ, носящій названіе „дыхательнаго“ центра, находится въ продолговатомъ мозгу. Указать точно участокъ продолговатаго мозга, въ которомъ лежитъ дыхательный центръ, до сихъ поръ не удалось, такъ какъ мнѣнія различныхъ авторовъ сильно расходятся по этому вопросу. Во всякомъ случаѣ, опытъ, на которомъ основывается заключеніе о расположеніи дыхательнаго центра въ продолговатомъ мозгу, состоитъ въ слѣдующемъ. Если отдѣлить продолговатый мозгъ разрѣзомъ отъ спинного мозга, въ этомъ случаѣ дыхательныя движенія въ грудной клѣткѣ (ребро, діафрагма) прекращаются, въ то время какъ дыхательныя движенія лицевыхъ мышцъ продолжаютъ по прежнему. Слѣдов., несмотря на то, что діафрагма и прочія вдыхательныя мышцы сохранили въ полной мѣрѣ свою способность къ сокращенію, несмотря на то, что нервы, подходящіе къ этимъ мышцамъ, неповреждены, какъ неповреждены и двигательныя ядра этихъ нервовъ,—дыхательныя движенія прекращаются именно потому, что къ двигательнымъ ядрамъ теперь не приносится возбужденія, исходившаго прежде изъ общаго регулятора дыхательныхъ движеній—центра въ продолговатомъ мозгу. Наоборотъ, лицевыя дыхательныя мышцы, двигательныя ядра которыхъ остались въ соединеніи съ дыхательнымъ центромъ, продолжаютъ свою обычную дыхательную дѣятельность.

Разумѣется, если теперь животное будетъ предоставлено самому себѣ, оно неминуемо умретъ, умретъ отъ задушенія. Поэтому то область дыхательнаго центра и названа „жизненнымъ узломъ“. Но если поддерживать искусственное дыханіе, т. е. дувать періодически воздухъ въ легкія при помощи мѣха, то можно въ теченіе довольно долгаго времени поддержать жизнь животнаго. Мало того, если послѣ нѣсколькихъ часовъ искусственнаго дыханія, прекратить теперь вдываніе воздуха, оказывается, что животное, несмотря на перерѣзку спинного мозга, вновь начинаетъ самостоятельно и правильно дышать; правда, эти дыханія непродолжительны—черезъ  $\frac{1}{2}$  часа, часъ они прекращаются. Но, во всякомъ случаѣ, этотъ опытъ показываетъ, что, кромѣ главнаго дыхательнаго центра въ продолговатомъ мозгу, въ организмѣ имѣются еще другіе, вспомогательные, подчиненные дыхательные центры, заложенные въ спинномъ мозгу. Функціональная способность спинно-мозговыхъ центровъ, несомнѣнно, слабѣ способности дыхательнаго центра въ продолговатомъ мозгу и нужно искусственно усилить возбудимость спинномозговыхъ центровъ, чтобы обнаружить ихъ дѣйствіе. Поэтому, по всей вѣроятности, у нормальнаго животнаго эти центры въ спинномъ мозгу и не играютъ самостоятельной роли при дыханіи, а лишь служатъ передаточными станціями возбужденія, получаемаго изъ главнаго дыхательнаго

центра, и передаваемого дальше къ двигательнымъ ядрамъ дыхательныхъ мышцъ. Въ схемѣ это можно изобразить слѣдующимъ образомъ (рис. 46).

Главный дыхательный центръ въ продолговатомъ мозгу двусторонній, т. е. для каждой половины тѣла существуетъ свой дыхательный центръ. Если пере-

рѣзать продолговатый мозгъ продольнымъ разрѣзомъ на двѣ половины, въ этомъ случаѣ дыхательныя движения продолжаются съ одинаковой частотой и силой на обѣихъ сторонахъ. Если же теперь перерѣзать, напр., на правой сторонѣ блуждающій нервъ, который, какъ увидимъ ниже, является регуляторомъ дыхательныхъ движений, то дыханія на правой сторонѣ становятся гораздо рѣже и глубже. Вотъ этотъ

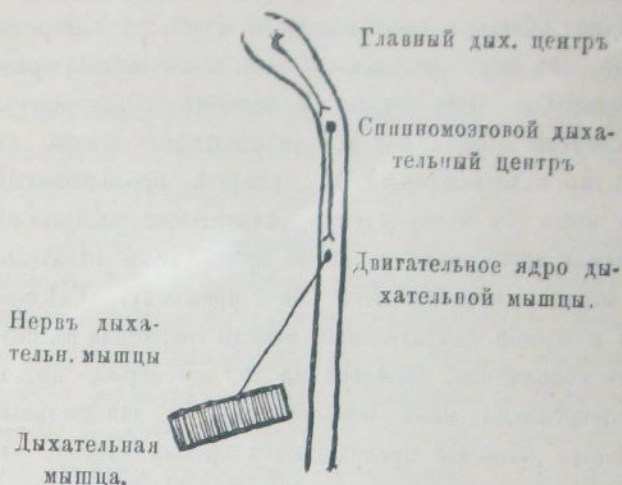


Рис. 46.

опытъ и доказываетъ, что въ продолговатомъ мозгу существуютъ два дыхательныхъ центра—одинъ для правой, другой для лѣвой половины тѣла и что эти оба центра могутъ дѣйствовать независимо одинъ отъ другого; однако, въ нормѣ оба эти центра дѣйствуютъ согласно другъ съ другомъ, потому что между ними существуютъ нервные связи, соединяющія центръ одной стороны съ центромъ другой. Но при существованіи болѣзненныхъ измѣненій, напр., при воспаленіи плевры (плевритъ), когда всякое дыхательное движеніе очень болѣзненно, пораженная сторона производитъ менѣе глубокія вдыханія и выдыханія; очевидно, это возможно только въ томъ случаѣ, когда существуютъ 2 дыхательныхъ центра для каждой половины тѣла.

Далѣе, каждая половина (правая и лѣвая) дыхательнаго центра состоитъ въ свою очередь изъ двухъ центровъ—вдыхательнаго и выдыхательнаго. Такое раздѣленіе подтверждается цѣлымъ рядомъ фактовъ, наиболѣе наглядный изъ которыхъ состоитъ въ слѣдующемъ. Если раздражить электрическимъ токомъ область дыхательнаго центра, то, смотря по фазѣ дыханія, на которую падаетъ моментъ раздраженія, получаютъ различные эффекты: когда раздражаютъ во время вдыханія, отвѣтомъ на раздраженіе является выдыхательное движеніе; когда раздраженіе производится во время выдыханія, это раздраженіе вызываетъ вдыхательное движеніе. Опытъ объясняется слѣдующимъ образомъ. Существуютъ въ каждой половинѣ 2 центра, вдыхательный и выдыхательный; эти центры во время дыханія мѣняютъ свою раздражимость такимъ образомъ, что къ концу выдыханія вдыхательный центръ раздражается съ трудомъ, а выдыхательный раздра-

зается очень легко; къ концу выдыханія наблюдаются какъ разъ обратныя условія раздражимости.

Какъ и чѣмъ регулируется дѣятельность дыхательнаго центра въ нормѣ?

Можно представить себѣ два способа возбужденія дыхательнаго центра: или 1) посредствомъ возбужденія периферическихъ нервовъ, подходящихъ къ продолговатому мозгу, или 2) посредствомъ измѣненія въ составѣ крови, именно такимъ образомъ, что накопленіе  $\text{CO}_2$  и недостатокъ  $\text{O}_2$  въ крови должны вызывать дыхательныя движенія. Опытъ показываетъ, что дыхательныя движенія регулируются на оба манера, но что главной причиной, вызывающей дыхательныя движенія, является, во всякомъ случаѣ, измѣненный составъ крови.

Если перерѣзать спинной мозгъ въ грудной его части, то при этомъ всѣ нервныя связи, идущія отъ нижнихъ конечностей къ продолговатому мозгу, будутъ прерваны. И если теперь раздражать электрическимъ токомъ мышцы нижнихъ конечностей, то оказывается, что дыханіе при этомъ значительно усиливается: у животнаго появляется одышка, соотвѣтствующая одышкѣ, наблюдающейся у нормальнаго животнаго во время работы. Эта одышка можетъ обуславливаться или 1) раздраженіемъ чувствительныхъ нервовъ мышцы, которые при всякомъ сокращеніи мышцы тотчасъ же даютъ мозгу, т. сказать, вѣсть объ этомъ и вызываютъ усиленную работу дыхательнаго аппарата; но въ нашемъ случаѣ всѣ нервныя связи, соединяющія работающія мышцы съ мозгомъ, прерваны; слѣдов., остается 2) другая связь—черезъ кровь; работающая мышца выделяетъ въ кровь много угольной кислоты и поглощаетъ много кислорода. Эти измѣненія крови и вызываютъ усиленныя дыхательныя движенія.

Другое доказательство въ пользу того, что нормальнымъ возбудителемъ дыхательнаго центра являются газы крови (недостатокъ кислорода и избытокъ угольной кислоты), представляетъ собой явленіе т. назыв. арпоё. Если нормальному животному производить усиленное искусственное дыханіе при помощи мѣха, т. е. усиленно вентилировать легочный воздухъ, то при этомъ, какъ показываетъ непосредственный анализъ газовъ крови, содержаніе угольной кислоты въ крови уменьшается. Послѣ такой усиленной вентиляціи, если внезапно прекратить искусственное дыханіе, животное въ теченіе нѣкотораго времени не производитъ дыхательныхъ движеній. Это отсутствіе потребности въ дыханіи—благодаря тому, что кровь содержитъ въ себѣ мало  $\text{CO}_2$ , и носитъ названіе арпоё. Въ нормальныхъ условіяхъ оно существуетъ у плода въ утробѣ матери, плодъ черезъ пупочные сосуды получаетъ настолько артеріализованную кровь, что у него не можетъ быть потребности въ легочномъ дыханіи: его кровь содержитъ настолько мало  $\text{CO}_2$ , что дыхательный центръ не раздражается—отсюда вытекаетъ и отсутствіе дыхательныхъ движеній. Если же, какъ это бываетъ при трудныхъ родахъ, пупочные сосуды сдавливаются, въ этомъ случаѣ въ организмъ плода накапливается такое количество  $\text{CO}_2$ , которое достаточно для раздраженія дыхательнаго центра—въ результатѣ плодъ дѣлаетъ дыхательное дви-

женіе, находясь еще въ маткѣ и, конечно, втягиваетъ себя въ легкія не воздухъ, а жидкость, въ которой онъ плаваетъ.

Наглядный опытъ, доказывающій зависимость раздраженія дыхательнаго центра отъ газоваго состава крови, произведенъ Фредерикомъ. Онъ носитъ названіе перекрестнаго кровообращенія и производится слѣдующимъ образомъ. Берутъ двухъ кроликовъ и отпрепарировываютъ у обоихъ сонныя артеріи и яремныя вены. Перерѣзавши соответствующимъ образомъ артеріи, направляютъ при помощи соединительныхъ стеклянныхъ и резиновыхъ трубокъ кровь изъ центральнаго отрѣзка артеріи одного кролика въ периферическій отрѣзокъ артеріи другого; тоже дѣлаютъ и съ венами (рис. 47)). Благодаря такой постановкѣ опыта, къ головному мозгу (а, слѣдов., и къ дыхательному центру) перваго кро-

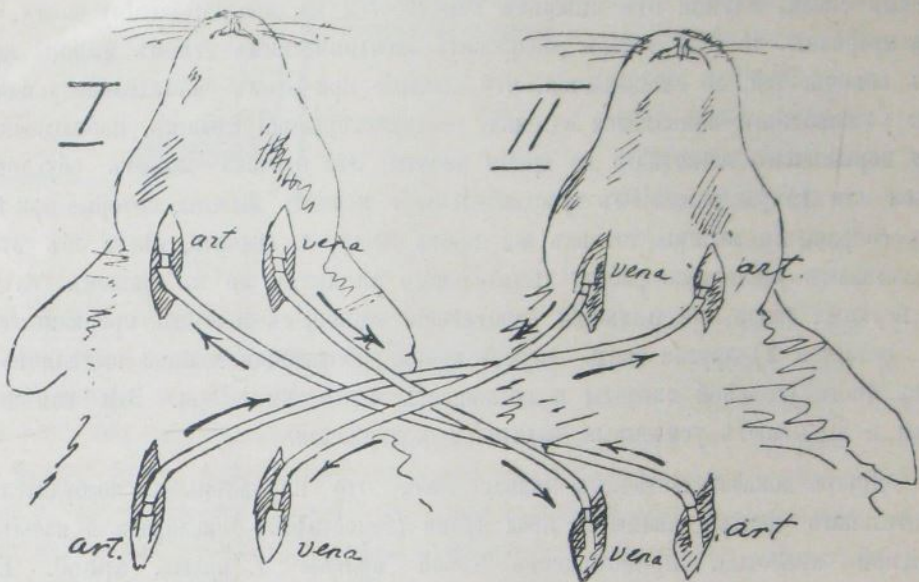


Рис. 47.

лика притекаетъ кровь второго, къ мозгу второго—кровь перваго. Подготовивъ, такимъ образомъ, животныхъ, суживаютъ дыхательное горло у перваго кролика. Это затрудняетъ, разумѣется, легочную вентиляцію этого кролика, содержаніе  $\text{CO}_2$  въ его крови увеличивается и—нормально—тотчасъ же вслѣдъ за этимъ наступаютъ усиленные дыхательныя движенія—одышка. Но въ нормѣ эта одышка происходитъ вслѣдствіе раздраженія дыхательнаго центра избыткомъ угольной кислоты въ крови. Теперь же эту измѣненную кровь перваго кролика получаетъ мозгъ второго кролика; къ мозгу же и дыхательному центру перваго кролика притекаетъ вполне артериализованная кровь второго кролика; наоборотъ, къ мозгу второго притекаетъ сильно венозная кровь перваго. Вслѣдствіе такихъ условій первый кроликъ, несмотря на значительное накопленіе въ его крови угольной кислоты и недостатокъ кислорода, дышитъ спокойно и правильно, какъ нормальный кроликъ. Наоборотъ, второй кроликъ начинаетъ усиленно дышать и

явно находится въ состояніи аефиксіи, хотя его кровь содержитъ нормальное количество обоихъ газовъ. Опытъ показываетъ, такимъ образомъ, что дыхательный центръ представляетъ собой настоящій регуляторъ газоваго состава крови. Когда связи, идущія къ регулятору, перепутаны, то и регуляція разстраивается.

Но что именно регулируетъ собой дыхательный центръ—содержаніе кислорода или угольной кислоты? Другими словами, что является раздражителемъ дыхательнаго центра: недостатокъ кислорода или избытокъ угольной кислоты? Чтобы рѣшить этотъ вопросъ, очевидно, нужно продѣлать два опыта: 1) заставлять животное дышать, напр., кислородомъ, къ которому примѣшано много (положимъ, 5%) угольной кислоты и 2) дышать, напр., чистымъ водородомъ. Въ первомъ случаѣ будетъ въ крови накапливаться угольная кислота, во второмъ будетъ ощущаться недостатокъ кислорода. Опытъ показываетъ, что въ томъ и другомъ случаѣ животное впадаетъ въ одышку, т. е. какъ недостатокъ  $O$ , такъ и избытокъ  $CO_2$  раздражаютъ дыхательный центръ.

Выше было указано, что регуляція дыханія происходитъ „преимущественно химическимъ путемъ“. Это значить, когда всѣ нервныя связи, идущія къ мозгу, прерваны, тѣмъ не менѣе животное способно производить цѣлесообразныя дыхательныя движенія. Однако, нервы, несомнѣнно, оказываютъ также могущественное вліяніе на дыхательныя движенія, и прежде всего здѣсь нужно упомянуть о блуждающемъ нервѣ. Если перерѣзать у животнаго оба блуждающихъ нерва, дыханіе сильно затрудняется: животное дышетъ очень медленно; каждое дыханіе очень глубоко и сопровождается рѣзко—выраженными вспомогательными дыхательными движеніями. Между выдыханіемъ и вдыханіемъ появляется пауза. Однако, замедленіе дыханія при перерѣзкѣ блуждающихъ нервовъ вполнѣ компенсируется углубленіемъ дыхательныхъ движеній, такъ что въ результатѣ количество воздуха, обмѣнивающагося въ легкихъ при цѣлости блуждающихъ нервовъ, и послѣ ихъ перерѣзки остается однимъ и тѣмъ же; слѣдов., и количество работы дыхательныхъ мышцъ, поддерживающее вентиляцію легкаго, до и послѣ перерѣзки остается неизмѣннымъ; только распределеніе работы во времени мѣняется. То что раньше достигалось частыми, но поверхностными дыханіями, то теперь выполняется медленными, но глубокими дыхательными движеніями. Въ чемъ же состоитъ, въ такомъ случаѣ, регулирующее дѣйствіе блуждающихъ нервовъ на дыханіе, какъ представить себѣ наглядно это дѣйствіе?

Розенталь предлагаетъ слѣдующее объясненіе. Предположимъ, искусственнымъ дыханіемъ мы довели животное до состоянія арноѣ и прекратили искусственное дыханіе. Проходитъ нѣкоторое время, прежде чѣмъ животное вновь начинаетъ дышать. Въ это время, даже въ самомъ началѣ арноѣ, разумѣется, въ крови присутствуетъ нѣкоторое хотя и небольшое, количество угольной кислоты. И тѣмъ не менѣе, при этомъ небольшомъ содержаніи  $CO_2$ , животное не дышетъ, т. е. это небольшое содержаніе угольной кислоты не раздражаетъ дыхательнаго центра. Значить, для того, чтобы дыхательный центръ пришелъ



въ раздраженное состояніе, необходимо, чтобы содержаніе  $\text{CO}_2$  въ крови достигло нѣкоторой опредѣленной величины. Говоря другими словами, описательно, для того, чтобы преодолѣть инерцію дыхательнаго центра, чтобы привести его въ дѣйствіе, нужно порядочное количество раздражителя. Раздраженіе наступаетъ только при опредѣленномъ содержаніи  $\text{CO}_2$  въ крови. Далѣе. Кровь постоянно циркулируетъ черезъ продолговатый мозгъ, съ кровью приносятся постоянно угольная кислота, слѣдов., раздражитель дѣйствуетъ постоянно, а эффектъ раздраженія—дыхательное движеніе—имѣеть періодическій характеръ. Очевидно, нужно себѣ представить, что нервныя кѣтки дыхательнаго центра, постоянно раздражаясь угольной кислотой крови, способны накоплять въ себѣ это раздраженіе, и только тогда, когда раздраженіе достигло извѣстной величины, дыхательный центръ приходитъ въ дѣйствіе—происходитъ дыханіе; при этомъ нервныя кѣтки дыхательнаго центра освобождаются отъ накопленнаго въ нихъ раздраженія. Но кровь попрежнему циркулируетъ въ сосудахъ продолговатаго мозга, приносить новыя количества угольной кислоты; раздраженіе въ кѣткахъ дыхательнаго центра опять накопляется и, когда накопится до извѣстной величины, вновь разрѣшается дыхательными движеніями. Розенталь сравниваетъ раздраженіе дыхательнаго центра съ токомъ газа черезъ жидкость. Когда газъ вытекаетъ изъ газоотводной трубки прямо въ атмосферу, онъ течетъ непрерывной струей. Когда же газу приходится проходить черезъ столбъ жидкости, газъ вытекаетъ толчками, отдѣльными пузырьками. Для того, чтобы протолкнуться черезъ столбъ жидкости, давленіе газа должно превысить давленіе жидкости. Газъ и накопляется у отверстія трубочки до тѣхъ поръ, пока давленіе его не возрастаетъ до необходимой величины. Когда оно достигло этой величины, пузырекъ проскакиваетъ черезъ жидкость и давленіе газа у конца трубочки вновь уменьшается. Проходитъ опять нѣкоторое время, пока давленіе газа у конца трубочки увеличится настолько, что новый пузырекъ газа получить возможность проскочить черезъ жидкость, и такъ далѣе. Очевидно, что и въ этомъ случаѣ непрерывное движеніе газа превращается въ прерывистое, періодическое. Если увеличить давленіе жидкости, черезъ которую долженъ проходить газъ, то при этомъ пузырьки будутъ проскакивать медленнѣе, но каждый пузырекъ будетъ крупнѣе, объемистѣе. Оно и понятно, такъ какъ для того, чтобы преодолѣть большее давленіе жидкости, давленіе газа должно увеличиться больше, т. е. больше газа должно притечь къ отверстию трубочки. Въ первомъ и во второмъ случаѣ количество газа, протекающее, напр., въ минуту будетъ одно и то же. Но пузырьки будутъ проходить въ первомъ случаѣ чаще, во второмъ рѣже.

Мы видимъ, что нѣкоторая аналогія существуетъ между раздраженіемъ дыхательнаго центра и описанныхъ токомъ газа черезъ жидкости. Раздраженіе должно накопиться до извѣстной величины—и тогда наступаетъ дыханіе, а дыхательный центръ освобождается отъ накопленнаго раздраженія; затѣмъ новое накопленіе раздраженія—новое дыханіе и т. д. Роль блуждающаго нерва состоитъ въ томъ, что онъ уменьшаетъ инерцію дыхательнаго центра. Слѣдов.,

при дѣйствіи блуждающаго нерва требуется меньшее количество раздраженія, чтобы вызвать дыхательное движеніе. Раздраженіе, накапливаемое въ клѣткахъ дыхательнаго центра, достигаетъ въ случаѣ цѣлости блуждающихъ нервовъ меньшей величины и уже вызываетъ дыхательное движеніе; при перерѣзанныхъ же блуждающихъ нервахъ раздраженіе должно накопиться до большей величины, чтобы вызвать дыханіе; но за то и дыханіе, вызываемое этимъ болѣе сильнымъ раздраженіемъ, будетъ глубже. Слѣдов., дѣйствіе блуждающаго нерва на дыханіе можно сравнить съ пониженіемъ давленія столба жидкости, чрезъ которую проходитъ газъ. Въ этомъ смыслѣ и сказано выше, что блуждающій нервъ уменьшаетъ инерцію дыхательнаго центра.

Блуждающій нервъ, т. е. его дыхательныя волокна (т. какъ блуждающій нервъ, въ сущности, есть лишь анатомическое понятіе; съ физиологической же точки зрѣнія въ блуждающемъ нервѣ находится цѣлый рядъ самыхъ разнообразныхъ нервовъ), дыхательныя волокна блуждающаго нерва являются, такимъ образомъ, центростремительными волокнами. Они несутъ возбужденіе отъ периферіи къ центру и этимъ своимъ возбужденіемъ уменьшаютъ инерцію дыхательнаго центра. Но возбужденіе, которое передаютъ блуждающіе нервы, должно, очевидно, родиться гдѣ то на периферіи. Спрашивается, чѣмъ же возбуждаются периферическіе концы блуждающаго нерва, каковъ концевой аппаратъ блуждающаго нерва, гдѣ онъ расположенъ и чѣмъ онъ возбуждается?

Опытъ показываетъ, что волокна блуждающаго нерва, вліяющія на дыханіе, расположены въ легкихъ. При томъ, нормальнымъ возбудителемъ легочныхъ окончаній блуждающихъ нервовъ служитъ растяженіе и спаденіе легкаго при дыханіи. Растяженіе легочной ткани при вдыханіи вызываетъ выдыхательное движеніе, спаденіе легкаго при выдыханіи, наоборотъ, вызываетъ вдыханіе. Эти явленія наблюдаются только при цѣлости блуждающихъ нервовъ. Очевидно, что они и служатъ посредниками между легкимъ и мозгомъ. Такимъ образомъ, не только химическая регуляція, но и нервная регуляція дыхательныхъ движеній устроена по типу самодѣйствующихъ регуляторовъ, приспособленныхъ къ тому, чтобы вся система дѣйствовала цѣлесообразно. Химическая регуляція дыханія имѣетъ цѣлью поддерживать нормальный газовый составъ крови, слѣдов., преслѣдуетъ главную цѣль всего процесса; нервная регуляція завѣдуетъ правильной послѣдовательностью вдыханія и выдыханія, слѣдов., слѣдитъ за правильной координаціей дыхательныхъ движеній.

Кромѣ блуждающаго нерва, цѣлый рядъ другихъ центростремительныхъ нервовъ вліяютъ на дыхательный центръ. Но въ отличіе отъ блуждающаго нерва, всѣ остальные нервы задерживаютъ дыханіе, а не ускоряютъ его. Сюда относятся, напр., произвольная задержка дыханія при сильномъ раздраженіи кожныхъ нервовъ, когда, напр., человѣкъ стоитъ подъ холоднымъ душемъ, задержка дыханія при сильной боли, при раздраженіи верхнегортаннаго нерва и проч.

## П И Щ А.

Химическія соединенія, входящія въ составъ человѣческой пищи, весьма многочисленны и разнообразны. Такъ, одна изъ наиболѣе употребительныхъ составныхъ частей различныхъ кушаній—мясо содержитъ: 3 различныхъ бѣлковыхъ тѣла (мускулинъ, миозинъ, миопроteidъ), креатинъ, креатининъ, крузкреатининъ, ксантокреатининъ, ксантинъ, гипоксантинъ, гуанинъ, карнинъ, мочевую кислоту, мочевицу, фосфоромясную кислоту, инозиновую кислоту, инозитъ, гликогенъ, сахаръ, молочную кислоту и различныя минеральныя соли.

Если мы вспомнимъ разнообразіе продуктовъ, употребляемыхъ для приготовленія самаго скромнаго обѣда и примемъ во вниманіе, что и каждый изъ этихъ продуктовъ имѣетъ такой же приблизительно сложный составъ, какъ и мясо, мы легко поймемъ, что говорить о всѣхъ составныхъ частяхъ пищи и ихъ измѣненіи въ пищеварительномъ каналѣ было бы весьма затруднительно.

Но большинство веществъ, входящихъ въ составъ различныхъ пищевыхъ продуктовъ, не играютъ вовсе никакой роли въ процессѣ питанія организма и притомъ по различнымъ причинамъ. Вѣзмъ извѣстно, что пища не цѣликомъ переходитъ въ составъ соковъ и тканей организма; часть пищи, какъ говорятъ, не переваривается и не служитъ цѣлямъ питанія. Такія вещества проходятъ безъ всякаго измѣненія всю длину пищеварительной трубки и выбрасываются вонъ; сюда принадлежитъ, напр., такъ называемая клѣтчатка и древесина растеній, сюда же относится роговая ткань (ногти, волосы, верхніе слои кожи) животныхъ. Другія составныя части пищи, хотя и подвергаются отчасти различнымъ химическимъ превращеніямъ внутри пищеварительнаго тракта и всасываются изъ кишечника въ кровь, тѣмъ не менѣе также не удовлетворяютъ понятію объ истинномъ питательномъ веществѣ, потому что, подобно первымъ, они также выбрасываются организмомъ въ неизмѣненномъ, или почти неизмѣненномъ видѣ. Единственное отличіе судьбы этихъ веществъ въ организмѣ отъ веществъ первой группы состоитъ въ томъ, что они всасываются изъ кишечника въ кровь, но изъ крови не передаются составнымъ частямъ органовъ—клѣткамъ, а выбрасываются черезъ почки съ мочей. Къ этого рода веществамъ принадлежатъ, напр., креатининъ мяса, бензойная кислота нѣкоторыхъ растеній и проч.

Что же назвать истинно питательнымъ веществомъ, каковы его признаки химическіе, каково его отношеніе къ организму?

Для опредѣленія понятія питательнаго вещества воспользуемся извѣстнымъ сравненіемъ организма съ паровой машиной. Машина-организмъ способна производить работу, превращая въ живыя силы тотъ запасъ энергіи, который доставляется ему въ видѣ сложныхъ химическихъ соединений, входящихъ въ составъ пищи. Другими словами, источникомъ работы организма является такъ называемая химическая энергія. Отсюда вытекаетъ, что истинно питательнымъ веществомъ должно считать такое химическое соединеніе, которое 1) содержитъ большой запасъ химической энергіи и 2) способно, превращаясь въ другія, болѣе простыя вещества, отдать этотъ запасъ организму, а послѣдній перерабатываетъ его сообразно своимъ цѣлямъ и нуждамъ, превращая въ различные другіе виды энергіи.

Такимъ образомъ, для рѣшенія вопроса о томъ, представляетъ ли данное химическое соединеніе, входящее въ составъ пищи, истинно питательное вещество, требуется прежде всего измѣрить количество содержащейся въ немъ химической энергіи. Однако, даже самое понятіе химической энергіи въ настоящее время еще мало опредѣленно, и всѣ наши представленія объ этомъ видѣ энергіи носятъ, большею частью, гипотетическій, предположительный характеръ. «Химическая энергія», говоритъ Оствальдъ: «наименѣе извѣстна изъ всѣхъ видовъ энергіи, и мы не можемъ измѣрить непосредственно ни ее самое, ни какой либо изъ ея факторовъ. Поэтому, единственный способъ приблизиться къ пониманію ея состоитъ въ превращеніи ея въ другую форму энергіи. Всего легче и наиболѣе совершенно удастся превратить ее въ тепло». Измѣряя количество тепла, образующагося при полномъ сгораніи даннаго химическаго соединенія, мы получаемъ возможность судить о количествѣ химической энергіи, послужившей источникомъ тепла въ нашемъ опытѣ, т. е. о количествѣ химической энергіи, заключающейся въ изслѣдуемомъ веществѣ.

Трудами многихъ ученыхъ довольно точно опредѣлены тѣ количества тепла, которыя развиваются при сгораніи различныхъ веществъ, входящихъ въ составъ пищи. Ниже приведены нѣкоторыя изъ этихъ данныхъ.

**Количество тепла (въ калоріяхъ), освобождающееся при сжиганіи 1 грм. вещества:**

Бѣлокъ . . . . .	5711	Молочный сахаръ . . . . .	3951,5
Жиръ . . . . .	9372	Солодовый . . . . .	3949,3
Крахмалъ . . . . .	4182,5	Гуанинъ . . . . .	3892
Клѣтчатка . . . . .	4185,4	Креатинъ . . . . .	3714
Виноградный сахаръ . . . . .	3742,6	Мочевина . . . . .	2542
Тростниковый » . . . . .	3955,2	Мочевая кислота . . . . .	2750

Изъ приведенной таблицы видно, что первому требованію, предъявляемому къ питательному веществу, наиболѣе удовлетворяютъ 3 соединенія: 1) бѣлокъ, 2) сахаръ и крахмалъ и 3) жиръ; эти вещества при своемъ стораеніи освобождаютъ наибольшее количество тепла, т. е. содержатъ наибольшій запасъ химической энергіи. Такимъ образомъ, изъ всей суммы веществъ, входящихъ въ составъ пищи, истинно-питательнымъ матеріаломъ могутъ быть названы лишь 3 группы веществъ: 1) бѣлки, 2) углеводы, (сюда относятся, между прочимъ, крахмалъ и сахаръ и 3) жиры.

Не всякое, однако, соединеніе, обладающее большимъ запасомъ химической энергіи, можетъ служить питательнымъ веществомъ. Для этого, какъ мы уже упоминали, необходимо, чтобы данное вещество удовлетворяло второму условію, т. е. было бы способно отдать организму содержащуюся въ немъ энергію. Такъ, напр., въ растительной клѣтчаткѣ мы имѣемъ тѣло, обладающее большимъ запасомъ энергіи. Но такъ какъ клѣтчатка неспособна перевариваться и всасываться въ кровь, очевидно, что клѣтчатка не можетъ считаться питательнымъ веществомъ.

Если данное соединеніе и переваривается, и всасывается въ кровь, но не подвергается въ тканяхъ процессу физиологическаго разрушенія, не стораецъ, оно точно также не можетъ служить источникомъ живыхъ силъ для организма, т. е. какъ питательное вещество для него пропадаетъ. Сахаръ, принятый въ пищу, переваривается, всасывается въ кровь и (въ здоровомъ организмѣ) разрушается, превращаясь въ воду и угольную кислоту. Но нерѣдко встрѣчается особаго рода заболѣваніе, такъ называемая сахарная болѣзнь, при которой перевариваніе и всасываніе сахара остаются нормальными, теряется лишь способность окислять поступающій въ кровь сахаръ; послѣдній при сахарной болѣзни проходитъ чрезъ организмъ, не перетерпѣвая никакого измѣненія, и цѣликомъ выбрасывается почками. Въ такихъ случаяхъ, сахаръ не отдаетъ организму своего запаса химической энергіи и, слѣд., для больныхъ сахарною болѣзнию сахаръ не можетъ считаться питательнымъ веществомъ.

Путемъ приспособленія и выбора, продолжавшихся въ теченіе многихъ и многихъ поколѣній, животное въ концѣ концовъ составило себѣ такую діету, въ составъ которой входятъ продукты, содержащіе въ большомъ количествѣ ту или иную группу питательныхъ веществъ, т. е. или бѣлки, или углеводы, или жиры, или всѣ эти три группы питательныхъ веществъ вмѣстѣ.

Въ различныхъ пищевыхъ продуктахъ содержаніе питательныхъ веществъ, разумѣется, также различно; а вмѣстѣ съ этимъ мѣняется и питательное значеніе даннаго продукта. Но, кромѣ количественнаго богатства той или иной группой питательныхъ веществъ, пищевой продуктъ долженъ имѣть еще и извѣстный качественный составъ, для того чтобы онъ могъ служить одинъ, безъ примѣси другихъ продуктовъ, достаточной пищей для животнаго организма:

онъ долженъ содержать въ своемъ составѣ бѣлки. Это требованіе станетъ понятнымъ послѣ разсмотрѣнія химическихъ свойствъ и физиологической роли 3-хъ главныхъ группъ питательныхъ веществъ; къ этому мы и переходимъ.

## Б ъ л к и.

Начнемъ съ бѣлковъ. Примѣромъ бѣлковаго тѣла можетъ служить бѣлокъ куриного яйца. Вскрывши яичную скорлупу, выпустимъ на тарелку одинъ бѣлокъ, безъ желтка; мы получимъ какъ бы студенистую, густую массу, которая не производитъ впечатлѣнія истинной жидкости, а всего болѣе напоминаетъ студень: она не такъ легко распредѣляется по тарелкѣ, какъ, напр., вода, и до нѣкоторой степени сохраняетъ свою форму. Этотъ студневидный характеръ яичнаго бѣлка зависитъ, однако, не отъ свойствъ самого бѣлковаго тѣла, а просто оттого, что вся масса куриного бѣлка пронизана цѣлой сѣтью очень тонкихъ переплетающихся между собой перепонокъ, образующихъ замкнутыя кругомъ пространства, въ которыхъ, какъ въ мѣшочкахъ, и содержится жидкая часть бѣлка, подобно тому, какъ жидкій сокъ апельсина заключенъ въ оболочки въ мякоти этого плода. Стоитъ такъ или иначе разрушить эти оболочки (напримѣръ, растираніемъ бѣлка съ битымъ стекломъ въ ступѣ), чтобы получить бѣлокъ, имѣющій всѣ свойства истинной жидкости — онъ такъ же текучъ, такимъ же равномернымъ слоемъ распредѣляется по горизонтальной плоскости и даетъ совершенно плоскій уровень.

Продѣлаемъ съ этимъ бѣлковымъ растворомъ нѣсколько опытовъ, изъ которыхъ можно было бы видѣть отличительныя свойства бѣлковыхъ тѣлъ; <sup>1)</sup> для сравненія, тѣ же опыты продѣлаемъ съ растворомъ какой либо соли, напр., такъ называемой горькой соли, или сернокислой магнезіи.

Нагрѣемъ растворъ бѣлка до кипѣнія—онъ цѣликомъ застынетъ въ непрозрачную бѣлую массу. Очевидно, подъ вліяніемъ нагрѣванія растворъ выдѣлилъ растворенное вещество въ твердомъ видѣ. Если предварительно развести нашъ бѣлковый растворъ водой, то при кипяченіи бѣлокъ также выдѣляется въ твердомъ видѣ, но здѣсь свертокъ меньше и образуетъ плавающіе въ жидкости хлопья.

Если же кипяченію мы подвергнемъ растворъ горькой соли, то не только не послѣдуетъ никакого выдѣленія раствореннаго вещества изъ раствора, а, напротивъ, насыщенный на холоду растворъ при нагрѣваніи способенъ раство-

<sup>1)</sup> Нижеприведенные опыты излагаются въ такой постановкѣ, что каждый можетъ продѣлать ихъ самъ, даже при полномъ отсутствіи всякихъ лабораторныхъ приспособленій.

рять еще нѣкоторое количество соли. Бѣлокъ при кипяченіи становится нерастворимымъ въ водѣ; соль, наоборотъ, растворяется при кипяченіи въ большемъ количествѣ.

Приготовимъ насыщенный при кипяченіи растворъ горькой соли; для этого къ кипячей водѣ будемъ прибавлять соль до тѣхъ поръ, пока она будетъ еще растворяться въ водѣ; послѣднюю все время будемъ поддерживать въ кипѣніи. Затѣмъ, снявши растворъ съ огня, какъ только избыточные кристаллы соли отседутъ на дно, сольемъ прозрачный растворъ съ осадка, или, еще лучше, профильтруемъ чрезъ бумагу и предоставимъ ему медленно охлаждаться до комнатной температуры.

Черезъ нѣкоторое время растворъ выдѣлитъ часть раствореннаго вещества въ видѣ легко различимыхъ простымъ глазомъ довольно крупныхъ кристалловъ. При сравненіи этого кристаллическаго выдѣленія соли съ осадкомъ бѣлка, полученнымъ при нагрѣваніи, прежде всего бросается въ глаза отсутствіе кристалличности у бѣлковаго осадка—ни простымъ глазомъ, ни при помощи сколь угодно сильныхъ увеличеній въ бѣлковомъ осадкѣ не удается открыть ни слѣда кристаллическаго строенія; при разсматриваніи простымъ глазомъ свертокъ бѣлка представляется въ видѣ рыхлыхъ, аморфныхъ хлопьевъ, разбивающихся подъ микроскопомъ на отдѣльныя крупинки и зернышки безо всякаго намека на кристаллическіе углы и плоскости.

Таково физическое различіе между выдѣленнымъ изъ раствора бѣлкомъ и солью. Но кромѣ этой физической разницы процессы выдѣленія бѣлка тепловымъ свертываньемъ и выдѣленія соли кристаллизацией различаются между собой еще и съ химической стороны. Кристаллы соли, выдѣляющіеся при охлажденіи насыщеннаго при нагрѣваніи раствора представляютъ собой то самое вещество, ту же горькую соль, которую мы употребляли для растворенія. Они кристаллизуются въ тѣхъ же самыхъ формахъ, содержатъ то же количество кристаллизационной воды, обладаютъ такой же растворимостью, имѣютъ тотъ же составъ, что и взятая первоначально для опыта соль. Не то съ бѣлкомъ. Вначалѣ мы имѣли водный растворъ бѣлка; слѣдов., нашъ первоначальный бѣлокъ представлялъ собой вещество, въ водѣ растворимое. При нагрѣваніи все это вещество выдѣлилось изъ раствора. Если при этомъ бѣлокъ не измѣнился химически, то и всѣ его свойства должны остаться безъ измѣненія; слѣдовательно, между прочимъ, онъ долженъ при обыкновенной комнатной температурѣ растворяться въ водѣ въ томъ же количествѣ, какъ и до кипяченія его раствора; другими словами, если съ бѣлкомъ въ этомъ случаѣ не произошло химическаго измѣненія, то, охлаждая прокипяченный растворъ до комнатной температуры, мы должны получить раствореніе хлопьевъ свертка въ стоящей надъ ними жидкости. Однако, этого не происходитъ. Бѣлокъ, разъ свернутый кипяченіемъ, теряетъ совершенно свою растворимость въ водѣ. Это значить,

что бѣлокъ измѣнился химически, перешелъ въ новое тѣло, также бѣлковое, но по свойствамъ отличающееся отъ первоначальнаго.

Однако, отсюда не слѣдуетъ, что бѣлокъ, разъ выдѣленный изъ раствора, теряетъ свою растворимость въ водѣ. Если оставить фильтрованный куриный бѣлокъ на долгое время (въ холодномъ мѣстѣ), разливши его тонкимъ слоемъ по тарелкѣ, то черезъ нѣкоторое время вода испарится и въ остаткѣ получится сухой бѣлокъ, который, однако, въ этомъ случаѣ растворяется въ водѣ такъ же хорошо, какъ и первоначально взятое вещество. Слѣдовательно, въ предыдущемъ опытѣ, измѣняющимъ образомъ на бѣлокъ дѣйствовало не выдѣленіе его изъ раствора, а нагрѣваніе.

Наконецъ, подвергнемъ оба наши раствора, соляной и бѣлковый, діализу чрезъ животную перепонку. Для діализаціонныхъ опытовъ обыкновенно употребляется приборъ, называемый діализаторомъ и представляющій собой отрѣзокъ цилиндра, съ открытыми обоими концами (напримѣръ, стаканъ съ отбитымъ дномъ). Одно отверстіе діализатора закрывается или сухимъ коровьимъ пузыремъ, или такъ называемой пергаментной бумагой, плотно привязываемыми къ стѣнкамъ діализатора нѣсколькими оборотами нитокъ.

Два приготовленныхъ такимъ образомъ діализатора опустимъ въ широкія чашки съ водою, нальемъ въ одинъ діализаторъ бѣлковый растворъ, въ другой—растворъ соли и оставимъ все стоять на сутки. Если черезъ сутки изслѣдовать воду въ чашкахъ, въ которую погружены оба діализатора, легко можно доказать, что соль прошла чрезъ перепонку въ окружающую воду, такъ какъ вода въ чашкѣ приобрѣла характерный горькій вкусъ соли, въ то время какъ изъ діализатора, содержащаго бѣлковый растворъ, ни слѣда бѣлка не перешло въ окружающую діализаторъ воду, такъ какъ эта послѣдняя при кипяченіи не даетъ ни слѣда осадка.

Приведенные опыты характеризуютъ бѣлковыя тѣла, указывая на отличіе ихъ физическихъ свойствъ отъ большинства другихъ химическихъ соединеній. Неспособность бѣлковъ проходить чрезъ животную перепонку въ связи съ отсутствіемъ кристалличности настолько рѣзко отличаетъ бѣлковыя тѣла отъ другихъ извѣстныхъ соединеній, что эти ихъ свойства дали поводъ выдѣлить бѣлки въ особый классъ такъ называемый коллоидовъ (т. е. сходныхъ съ клеемъ веществъ) въ отличіе отъ большинства другихъ химическихъ соединеній, которыя способны кристаллизоваться и диффундируютъ чрезъ животную перепонку. Эти послѣднія называются кристаллоидами.

Признаки, на основаніи которыхъ отличаются кристаллоиды отъ коллоидовъ, т. е. отсутствіе кристаллической формы и отношеніе къ диффузіи на первый взглядъ кажутся несущественными и какъ будто случайными. Но, на самомъ дѣлѣ, эти признаки являются лишь наиболѣе легко наблюдаемыми изъ цѣ-



лаго ряда других свойств коллоидовъ, свойствъ, дающихъ въ общемъ довольно опредѣленную характеристику этихъ веществъ и зависящихъ отъ строения молекулы коллоидовъ.

Коллоидальныя вещества встрѣчаются какъ среди минеральныхъ, такъ и среди органическихъ соединений. Такъ изъ минеральныхъ веществъ въ коллоидальномъ состояннн извѣстны: золото, серебро, кремневая кислота, глиноземъ, окись железа и проч., изъ органическихъ: дубильная кислота, арабийская камедь, декстрины, клей, бѣлокъ и проч.

Наиболѣе характерныя свойства коллоидовъ наблюдаются на ихъ растворахъ. Прежде всего, самый процессъ раствореннн коллоидовъ требуетъ довольно значительнаго времени; въ то время какъ соль, напримѣръ, растворяется въ теченнн нѣсколькихъ минутъ, коллоидъ, напр., сухой бѣлокъ, переходитъ въ растворъ лишь черезъ сутки и болѣе, причеиъ прежде всего сухне куски вещества сильно набухаютъ, увеличиваются въ объемъ лишь мало по малу какъ бы таютъ въ жидкости.

При раствореннн кристаллоидовъ въ водѣ замѣчаются тѣ или иныя тепловыя явленнн: или выдѣленн тепла, т. е. нагрѣванн раствора, или поглощенн тепла, т. е. охлажденн раствора.

Растворенн кристаллоидовъ до извѣстной степени можно сравнить съ превращеннемъ твердаго вещества въ паръ. Парообразное состоянн, какъ извѣстно, характеризуется тѣиъ, что частицы вещества разъединяются и настолько удаляются другъ отъ друга, что притягательная сила ихъ перестаетъ дѣйствовать. Для того, чтобы преодолѣть эту притягательную силу частицъ вещества, т. е. для того, чтобы превратить вещество въ паръ, нужно, какъ извѣстно, затратить нѣкоторое количество тепла, которое въ физикѣ носитъ названн скрытой теплоты испаренн.

Когда мы растворяеиъ небольшое количество, напримѣръ, 1 золотникъ соли въ очень большомъ количествѣ, напримѣръ, въ бочкѣ воды, то послѣ полнаго растворенн по всей бочкѣ мы получимъ совершенно однородную жидкость; т. е. изъ какого бы мѣста бочки мы ни взяли пробу жидкости, въ каждой пробѣ будетъ содержаться одинаковое количество соли на данный объемъ раствора. Слѣдовательно, растворивши 1 золотникъ соли въ бочкѣ воды, мы распредѣлили эту соль равномерно въ очень большомъ объемѣ жидкости. Очевидно, что при этомъ частицы соли должны удалиться другъ отъ друга настолько, что притягательная сила ихъ уничтожится. А для преодоленн этой притягательной силы, для разъединенн частицъ другъ отъ друга, конечно, требуется затратить нѣкоторое количество тепла совершенно подобно тому, какъ затрачивается тепло при превращенн какого-либо вещества въ паръ. Такъ какъ, однако, извнѣ теплоты въ случаѣ растворенн при комнатной температурѣ не доставляется вовсе, тепло отнимается отъ воды—и растворъ охлаждается.

Но въ нѣкоторыхъ случаяхъ, напримѣръ, при раствореніи сѣрной кислоты (купороснаго масла) въ водѣ, несмотря на то, что на самый процессъ растворенія несомнѣнно затрачивается нѣкоторое количество тепла, т. е. жидкость должна бы охлаждаться, на самомъ дѣлѣ она нагревается. Это происходитъ вслѣдствіе того, что въ данномъ случаѣ, кромѣ физическаго процесса растворенія, связаннаго съ поглощеніемъ тепла, идетъ еще и химическій процессъ соединенія сѣрной кислоты съ водой; послѣдній процессъ сопровождается выдѣленіемъ тепла и, такъ какъ при химическомъ взаимодействіи между сѣрной кислотой и водой тепла выдѣляется больше, чѣмъ его поглощается при раствореніи, то въ результатѣ и получается нагреваніе жидкости.

Никакихъ тепловыхъ явленій при раствореніи коллоидовъ въ водѣ не замѣчается вовсе; растворъ ни нагревается, ни охлаждается (Грэмъ); это значитъ, что физическій процессъ растворенія коллоида также не сходенъ съ процессомъ растворенія кристаллоида. Если-бы коллоидъ при раствореніи также распадался на отдѣльныя молекулы, удаляющіяся другъ отъ друга на далекое разстояніе, раствореніе коллоида сопровождалось бы поглощеніемъ тепла, т. е. охлажденіемъ. Отсутствие тепловыхъ явленій указываетъ на то, что такъ называемый растворъ коллоида не представляетъ собой истиннаго раствора; коллоидъ содержится въ растворѣ не въ растворенномъ видѣ, а лишь въ состояніи крайне сильнаго набуханія.

Убѣдиться въ томъ, что растворъ коллоида не есть истинный растворъ, а лишь состояніе сильнаго набуханія, очень легко, такъ какъ изъ растворовъ коллоида, напримѣръ бѣлка, удается отфильтровать набухшій коллоидъ.

Уже при фильтрованіи растворовъ бѣлка черезъ бумажный фильтръ замѣчаются особенности, которыя подтверждаютъ сказанное. Растворъ бѣлка фильтруется черезъ бумагу съ уменьшающейся скоростью, т. е. чѣмъ дольше продолжается фильтрованіе, тѣмъ медленнѣе капаютъ капли черезъ фильтръ. Это зависитъ отъ того, что сильно разбухшія частицы коллоида отчасти проходятъ черезъ фильтръ, отчасти же задерживаются въ порахъ фильтра, и, уменьшая его порозность, все болѣе и болѣе затрудняютъ фильтрованіе. Но возьмемъ вмѣсто бумажнаго фильтра такъ называемый фильтръ Пастера.

Въ цилиндръ наливается фильтрующаяся жидкость; цилиндръ вмазывается затѣмъ въ широкое отверстіе стеклянной бутылки, имѣющей съ боку трубку, посредствомъ которой внутреннее пространство бутылки соединяется съ воздушнымъ насосомъ. Выкачивая при помощи этого послѣдняго воздухъ изъ бутылки, присасываютъ жидкость черезъ толстую стѣнку фильтра.

Нальемъ въ такой цилиндръ молока и будемъ фильтровать. Въ молокѣ содержатся въ растворѣ коллоиды-бѣлки и кристаллоиды, между прочимъ сахаръ и соли. Подъ фильтръ проходитъ почти безцвѣтная, чуть-чуть желтоватая, совершенно прозрачная жидкость, которая не содержитъ ни слѣда бѣлка, но со-

держитъ и сахаръ, и соли въ томъ же количествѣ, какъ и первоначально взятое молоко. Только что описанный опытъ показываетъ, что истинно растворенныя вещества, кристаллоиды, прошли черезъ фильтръ, въ то время какъ не растворенныя, а лишь сильно набухшіе коллоиды-бѣлки задержались на фильтрѣ.

Этимъ же свойствомъ такъ называемыхъ растворовъ коллоидовъ объясняется тотъ фактъ, что коллоиды очень легко выдѣляются изъ своихъ растворовъ при прибавленіи къ послѣднимъ такихъ веществъ, которыя, въ сущности, химически индифферентны, т. е. не вступаютъ съ коллоидами въ химическое соединеніе. Прибавимъ къ нашему фильтрованному куриному бѣлку растертой въ порошокъ горькой соли до насыщенія ею раствора. Мы замѣтимъ, что стоящая надъ кристаллами соли жидкость сильно замутилась вълѣдствіе выдѣленія бѣлка въ твердомъ видѣ. Стоитъ отфильтровать этотъ осадокъ и растворить въ водѣ, чтобы убѣдиться, что онъ, дѣйствительно состоитъ изъ бѣлка, такъ какъ водный растворъ его при кипяченіи свертывается. Совершенно такимъ же образомъ дѣйствуютъ почти всѣ соли, а также крѣпкія щелочи и кислоты. Въ нашемъ примѣрѣ, для осажденія бѣлка требовалось прибавить къ его раствору очень большое количество соли. Но для осажденія нѣкоторыхъ другихъ коллоидовъ достаточно совершенно ничтожнаго количества солей, чтобы вызвать такое же выдѣленіе коллоида въ твердомъ видѣ, какъ и въ нашемъ примѣрѣ съ бѣлкомъ. Такъ, растворъ коллоидальнаго глинозема (окись алюминія) свертывается послѣ прибавленія нѣсколькихъ капель колодезной воды (содержащей очень небольшое количество солей), свертывается даже въ томъ случаѣ, когда переливаютъ растворъ изъ одного сосуда въ другой, если только послѣдній до опыта не былъ сполоснутъ дистиллированной водой; въ этомъ случаѣ тѣхъ ничтожныхъ количествъ солей, которыя попали въ сосудъ вмѣстѣ съ пылью, достаточно для свертыванія коллоида.

Дѣйствіе солей на растворы бѣлковъ легко объяснимо, если разсматривать растворы коллоидовъ, какъ состояніе крайняго набуханія этихъ веществъ. Набухшій коллоидъ содержитъ въ себѣ большое количество воды, частицы его пропитаны водой какъ губка (если можно употребить это нѣсколько грубое сравненіе). При раствореніи въ жидкости какой либо соли тотчасъ же происходятъ диффузионныя токи жидкости изъ набухшихъ частицъ коллоида въ окружающую его жидкость; послѣдняя теперь уже не чистая вода, какъ было раньше, а болѣе или менѣе крѣпкій растворъ соли, въ то время какъ въ разбухшихъ хлопьяхъ коллоида содержится чистая вода. На основаніи общихъ законовъ диффузіи вода будетъ переходить въ окружающую жидкость, коллоидъ будетъ терять все больше и больше воды, набухшія хлопья его будутъ все болѣе и болѣе сокращаться, сморщиваться, пока, наконецъ, не выпадутъ въ видѣ осадка, который въ крѣпкомъ растворѣ соли набухать не способенъ, какъ не набухаетъ онъ въ спиртѣ, эфирѣ и проч. Если этотъ осадокъ отфильтровать и прибавить къ нему воды, т. е. уменьшить крѣпость солянаго раствора, въ

такимъ разведенномъ растворѣ соли онъ вновь набухаетъ, вновь вбираетъ въ себя воду, т. е. вновь переходитъ, какъ говорятъ, въ растворъ.

Однако, далеко не всегда коллоидъ, такъ или иначе выдѣленный изъ раствора, вновь можетъ быть при соответствующихъ условіяхъ растворенъ. Очень нерѣдко коллоиды при выдѣленіи ихъ изъ раствора переходить въ особое нерастворимое, такъ называемое пектозное состояніе, которое и характеризуется тѣмъ, что въ этомъ состояніи коллоидъ становится совершенно нерастворимымъ въ водѣ.

Такъ, бѣлокъ, выдѣленный нагрѣваніемъ, приливаніемъ спирта, эѳира, а также и при повторномъ выдѣленіи при помощи соли переходитъ въ нерастворимую, пектозную модификацію.

Описанныя свойства коллоидовъ, особенно легкость перехода ихъ изъ растворимаго состоянія (обозначаемого также словомъ «гидрозоль», т. е. растворимое въ водѣ) въ нерастворимое (или гидрогель, т. е. образующее съ водой студень) представляютъ большія выгоды при осуществленіи физиологическихъ задачъ организма. «Легкость перехода изъ гидрозоля въ гидрогель есть первое условіе возможности развитія организмовъ. Въ крови находятся гидрозоли, а въ тѣлѣ, мускулахъ и тканяхъ, а особенно на поверхности тѣла—гидрогели тѣхъ же самыхъ веществъ. Изъ крови образуются всѣ ткани, и въ этомъ случаѣ гидрозоли переходятъ въ гидрогели» (Менделѣевъ) «Коллоидальное состояніе, по истинѣ, можно назвать динамическимъ (дѣятельнымъ) состояніемъ матеріи, въ то время какъ кристаллическое—статическимъ (покойнымъ) состояніемъ ея. Коллоидальному состоянію присуща дѣятельность (энергія). Повидимому, коллоидальное состояніе нужно разсматривать, какъ первоисточникъ той силы, которая проявляется въ жизненныхъ явленіяхъ. Постепенность, съ которой происходятъ реакціи въ коллоидальныхъ веществахъ (онѣ всегда требуютъ извѣстнаго, довольно продолжительнаго времени) объясняетъ ту медленность, которая характеризуетъ всѣ химическія реакціи происходящія въ живыхъ организмахъ». (Грэмъ).

Другимъ признакомъ, характеризующимъ коллоиды, является, какъ уже указано, отсутствіе кристалличности. Въ приложеніи къ бѣлкамъ признакъ этотъ, однако, далеко не абсолютный. Правда, всѣ бѣлковыя тѣла кристаллизуются съ большимъ трудомъ, и до недавняго времени въ наукѣ господствовало мнѣніе о полной неспособности бѣлка кристаллизоваться. Но въ настоящее время кристаллы бѣлка найдены въ готовомъ видѣ въ природѣ, а также получены и искусственно изъ бѣлковыхъ растворовъ. Въ сѣменахъ нѣкоторыхъ растений, напримѣръ, клещевины (растеніе, изъ котораго добывается касторовое масло) содержатся особыя образованія, такъ называемый алеуроновыя зерна, внутри которыхъ находится 1 круглое тѣльце, такъ называемый глобондъ, и одинъ или два кристаллика, состоящіе изъ чистаго бѣлковаго тѣла.

При нѣкоторыхъ особыхъ условіяхъ удается окристаллизовать и яичный бѣлокъ, и бѣлокъ крови, и бѣлокъ молока.

Вышеописанныя характерныя свойства коллоидовъ, какъ было упомянуто, являются выраженіемъ внутренняго состава этихъ веществъ, а именно всё коллоиды обладаютъ очень большою частицей. Кремневая кислота известна какъ въ коллоидальномъ, такъ и въ кристаллическомъ видѣ. Кристаллическая кремневая кислота имѣеть частицу, выражаемую формулой  $\text{SiO}_2$ . Коллоидальная же кремневая кислота, имѣеть тотъ же самый составъ,  $\text{SiO}_2$ , т. е. содержитъ кремній и кислородъ въ тѣхъ же самыхъ отношеніяхъ, но частица ея въ 36 разъ больше, т. е. можетъ быть изображена въ видѣ  $36 \text{SiO}_2$ .

«Само собою приходитъ на мысль предположеніе, что частица коллоидовъ образуется благодаря соединенію нѣкотораго числа болѣе мелкихъ кристаллоидныхъ молекулъ и что причина коллоидальнаго состоянія лежитъ именно въ сложномъ характерѣ ихъ молекулъ» (Грэмъ).

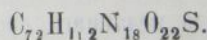
Что касается бѣлковыхъ веществъ, сложность ихъ состава и большая величина ихъ частицы вытекаетъ уже изъ самыхъ данныхъ анализа этихъ веществъ.

Бѣлки содержатъ углеродъ, водородъ, азотъ, сѣру и кислородъ. Кромѣ того, нѣкоторыя изъ бѣлковыхъ тѣлъ содержатъ фосфоръ и желѣзо.

Въ 100 частяхъ бѣлка содержится:

Углерода С . . . . .	50 — 55	%
Водорода Н . . . . .	6,6 —	7,3%
Азота N . . . . .	15 — 19	%
Сѣры S . . . . .	0,8 —	2,4%
Кислорода O . . . . .	19 — 24	%

Для вычисленія простѣйшей формулы бѣлка принимаютъ, что сѣра содержится въ бѣлковой молекулѣ въ наименьшемъ возможномъ количествѣ, т. е. въ количествѣ одного атома. Если при этомъ предположеніи вычислить на основаніи вышеприведеннаго процентнаго состава формулу бѣлка, наименьшая возможная для нея величина выразится въ видѣ



Но новѣйшіе, болѣе тщательные анализы чистыхъ, кристаллическихъ бѣлковъ даютъ поводъ думать, что истинная формула бѣлковыхъ тѣлъ еще больше и что сѣра содержится въ частицѣ бѣлка въ количествѣ 2 или 3 атомовъ. Такимъ образомъ въ настоящее время выводятся слѣдующія формулы для нѣкоторыхъ бѣлковыхъ тѣлъ:

Яичный бѣлокъ . . . . .	$\text{C}_{204}\text{H}_{322}\text{N}_{52}\text{O}_{66}\text{S}_2$
Бѣлокъ кровяной краски . . . . .	$\text{C}_{726}\text{H}_{1171}\text{N}_{194}\text{O}_{214}\text{S}_3$
Кристаллич. бѣлокъ алеуриновыхъ зеренъ . . . . .	$\text{C}_{292}\text{H}_{481}\text{N}_{90}\text{O}_{83}\text{S}_2$

Изъ приведенныхъ формулъ видно, какую колоссальную величину имѣть бѣлковая частица; вѣсь частицы бѣлка изъ кровяной краски, напримѣръ, оказывается въ 8000 разъ больше вѣса частицы водорода.

Эта сложность состава опредѣляетъ, до извѣстной степени, физиологическую роль бѣлка. Въ высшей степени сложное, весьма непрочное, легко подвижное соединеніе, подвергающееся измѣненію подѣ влияніемъ весьма слабыхъ реактивовъ—бѣлокъ наиболѣе приспособленъ къ своей физиологической роли. Онъ служитъ химической основой жизненныхъ явленій, связанныхъ съ постояннымъ разрушеніемъ и новымъ созиданіемъ. Въ вѣчномъ круговоротѣ матеріи, имѣющемъ мѣсто во всякой живой клѣткѣ, только бѣлокъ, въ силу своей сложности и неустойчивости, способенъ удовлетворить тому требованію непрестанной химической дѣятельности, которое является главнымъ условіемъ жизненнаго процесса. Вездѣ, гдѣ только есть жизнь,—и въ клѣткахъ высоко развитыхъ животныхъ и въ микроскопическомъ растеніи,—словомъ, во всякомъ живомъ организмѣ мы встрѣчаемъ бѣлокъ, какъ необходимую составную часть всякаго жизнеспособнаго существа. И лишь въ мертвой клѣткѣ, напр., въ древесинныхъ клѣткахъ растений, въ роговыхъ клѣткахъ животныхъ, словомъ въ такихъ клѣткахъ, которыя не участвуютъ уже въ жизненномъ процессѣ организма и остаются съ послѣднимъ въ связи только потому, что организмъ употребляетъ трупы этихъ клѣтокъ въ качествѣ защитительнаго или опорнаго матеріала, подобно коралловому полипу, живущему на трупахъ своихъ предковъ,—только въ мертвыхъ клѣткахъ, гдѣ исчезаетъ протоплазма, исчезаетъ и составляющій главную ея массу бѣлокъ.

Бѣлокъ представляетъ собой химическую основу жизненнаго процесса.

## Углеводы. Жиры.

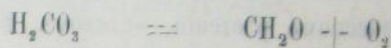
Углеводы. Вещества, принадлежація къ этой группѣ, названы углеводами, потому, что, состоя изъ углерода, водорода и кислорода, они содержатъ эти элементы въ такихъ относительныхъ количествахъ, что представляютъ собой какъ бы соединеніе угля съ водой. Такъ виноградный сахаръ имѣетъ формулу  $C_6H_{12}O_6$ , т. е. какъ бы составленъ изъ 6 атомовъ угля и 6 частицъ воды  $C_6(H_2O)_6$ ; крахмаль, формула котораго  $C_6H_{10}O_5$ , можетъ быть изображенъ также въ видѣ  $C_6(H_2O)_5$ , т. е. опять же представляется состоящимъ изъ 6 углей и 5 частицъ воды и т. д.

Однако, названіе это не выражаетъ собой внутренняго строенія вещества, и углеводы нельзя представлять въ дѣйствительности образованными путемъ соединенія угля съ водой; названіемъ углеводовъ хотятъ показать лишь, что формула этихъ веществъ содержитъ 1) углеродъ и 2) водородъ и кислородъ въ тѣхъ же самихъ относительныхъ количествахъ, въ какихъ эти элементы содержатся въ водѣ.

Хотя многіе углеводы въ настоящее время могутъ быть получены искусственнымъ, лабораторнымъ путемъ, во всякомъ случаѣ, главнымъ источникомъ ихъ добыванія и до сихъ поръ нужно считать растительное царство; пищевые углеводы всѣ происходятъ изъ этого источника.

Растеніе способно вырабатывать углеводы изъ неорганическихъ соединений, углекислоты и воды; процессъ ассимиляціи растеніемъ углерода, ведущій къ образованію углеводовъ, представляетъ большой интересъ, какъ первый пунктъ превращенія мертваго вещества въ живое, какъ ворота, чрезъ которыя неорганическая матерія въ своемъ вѣчномъ круговоротѣ, вступаетъ въ царство организованныхъ тѣлъ.

Всякая зеленая часть растенія способна разлагать угольную кислоту и воду, содержащіяся въ атмосферѣ, выдѣляя свободный кислородъ, согласно уравненію:



Гидратъ угольной  
кислоты

Муравьиный  
альдегидъ,

Кислородъ, выдѣляющійся при реакціи, распредѣляется въ атмосферѣ, въ растительной же кѣлѣкѣ остается соединеніе формулы  $\text{CH}_2\text{O}$ , которое по своему составу удовлетворяетъ тому опредѣленію углеводовъ, которое было дано въ началѣ настоящей лекціи: оно содержитъ 1) углеродъ 2) водородъ и кислородъ въ такихъ же относительныхъ количествахъ, въ какихъ эти элементы содержатся въ водѣ. Однако, соединеніе это не относится къ углеводамъ, оно принадлежитъ къ такъ называемымъ альдегидамъ и представляетъ собой первый, низшій членъ ряда альдегидовъ, такъ называемый муравьиный альдегидъ (см. «Химію»). Легко понять, что, еслибы удалось указанное вещество, какъ говорятъ, полимеризовать, т. е. соединить нѣсколько, напримѣръ, 6 частицъ его въ одну сложную частицу, мы получили бы вещество формулы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ; а эта послѣдняя формула принадлежитъ уже истиннымъ углеводамъ—такую формулу имѣтъ, между прочимъ, виноградный сахаръ.

Альдегиды представляютъ собой вещества необыкновенно склонныя къ полимеризаціи, къ образованію болѣе сложныхъ частицъ путемъ соединенія ряда простыхъ молекулъ. Такъ, нѣкоторые альдегиды самопроизвольно, при храненіи ихъ, полимеризуются, образуя болѣе сложныя частицы. Однако, самопроизвольная полимеризація не идетъ такъ далеко, чтобы изъ нихъ получились вещества, принадлежащія къ группѣ углеводовъ. Но при нѣкоторыхъ искусственныхъ условіяхъ удается изъ муравьиного альдегида получить вещество, принадлежащее къ истиннымъ углеводамъ и имѣющее формулу  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

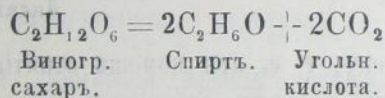
Повидимому, подобный же процессъ полимеризаціи муравьиного альдегида имѣтъ мѣсто и въ зеленомъ растеніи; 6 частицъ муравьиного альдегида ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) соединяются въ одну частицу и даютъ виноградный сахаръ  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

Виноградный сахаръ представляетъ собой простѣйшій изъ углеводовъ, имѣющихъ физиологическое значеніе. Онъ встрѣчается въ сокѣ многихъ плодовъ, между прочимъ, и въ виноградныхъ ягодахъ, откуда и получилъ свое названіе. Въ животномъ организмѣ, какъ въ крови, такъ и тканяхъ, виноградный сахаръ встрѣчается также, какъ нормальная составная часть.

Виноградный сахаръ или декстроза представляетъ собой примѣръ низшихъ углеводовъ, такъ называемыхъ моносахаридовъ (простыхъ сахаровъ), общая формула которыхъ  $C_6H_{12}O_6$ .

Кромѣ винограднаго сахара, группа моносахаридовъ содержитъ еще цѣлый рядъ другихъ членовъ, имѣющихъ ту же формулу, какъ и декстроза, но отличающихся отъ нея внутреннимъ строеніемъ молекулы. Таковы: галактоза—продуктъ разложенія такъ называемаго молочнаго сахара и левулеза, или плодовой сахаръ.

Однимъ изъ отличительныхъ признаковъ простѣйшихъ углеводовъ служить, между прочимъ, ихъ способность къ броженію. Подъ вліяніемъ микроскопическихъ организмовъ, содержащихся въ обыкновенныхъ дрожжахъ виноградный сахаръ и нѣкоторые другіе углеводы способны разлагаться на спиртъ и угольную кислоту по уравненію



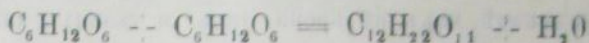
На этомъ свойствѣ, между прочимъ, основано обычное приготовленіе спирныхъ напитковъ. Этимъ же свойствомъ можно воспользоваться для доказательства присутствія низшихъ углеводовъ въ данной жидкости. Для этой цѣли растворомъ сахара (или испытуемой жидкостью) наполняютъ до краевъ небольшую запаянную съ одного конца трубочку, такъ называемую пробирку, или просто небольшой пузырекъ; отверстіе затыкаютъ пробкой, у которой съ краю по длинѣ вырѣзанъ небольшой желобокъ, для того чтобы излишняя жидкость могла найти себѣ выходъ. Затѣмъ прикрываютъ отверстіе этого желобка въ пробкѣ пальцемъ и опрокинувши сосудецъ, такъ чтобъ въ него не вошелъ воздухъ, ставятъ въ стаканъ, на дно котораго налито на 3 пальца крѣпкаго раствора поваренной соли и весь аппаратикъ оставляютъ на сутки въ тепломъ мѣстѣ. Въ томъ случаѣ, если въ жидкости содержится способный къ броженію сахаръ, въ верхнихъ частяхъ пузырька собирается газъ (угольная кислота).

Изъ 3 упомянутыхъ моносахаридовъ способны къ броженію лишь декстроза и левулеза; галактоза же съ дрожжами не бродитъ.

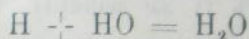
Моносахариды способны, соединяясь другъ съ другомъ, давать такъ называемые парные сахара, или дисахариды, молекула которыхъ въ 2 раза больше молекулы моносахаридовъ. Растворяя виноградный сахаръ на холоду въ крѣпкой сѣрной кислотѣ, мы получаемъ вещество, которое можно представить себѣ состоя-



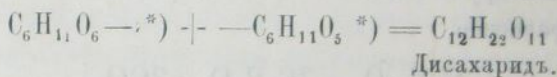
шимъ изъ двухъ частицъ винограднаго сахара, которыя, выдѣлявши частицу воды, соединились другъ съ другомъ въ одну вдвое большую молекулу, такъ называемую диглюкозу (т. е. удвоенный сахаръ).



Сѣрная кислота, какъ извѣстно, жадно соединяется съ водой, образуя съ ней рядъ химическихъ соединеній, такъ называемыхъ гидратовъ. Вслѣдствіе этого средства къ водѣ въ нашемъ опытѣ сѣрная кислота отняла отъ двухъ молекулъ винограднаго сахара элементы воды, т. е. отъ одной частицы декстрозы 1 атомъ водорода (H), отъ другой группу OH (такъ называемый гидроксиль, или водный остатокъ). Водородъ и гидроксиль, соединяясь дали воду



съ которой и соединилась сѣрная кислота. Остатки молекулъ винограднаго сахара ( $C_6H_{11}O_6$  и  $C_6H_{11}O_5$ ) не могутъ существовать отдѣльно, такъ какъ у каждаго изъ нихъ (вслѣдствіе выхожденія изъ частицы H и OH) образовалось по ненасыщенной единицѣ средства; соединяясь вмѣстѣ, они насыщаютъ эти свободныя единицы средства и даютъ такимъ образомъ дисахаридъ.



Подобнымъ же путемъ, т. е. при помощи отнятія воды отъ 2 частицъ винограднаго сахара можно получить дисахаридъ изъ моносахаридовъ, обрабатывая декстрозу хлористоводороднымъ газомъ или укуснымъ ангидридомъ.

Углеводы, составъ которыхъ отвѣчаетъ формулѣ  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , образуютъ слѣдующую высшую группу, такъ называемыхъ дисахаридовъ (т. е. парныхъ сахаровъ). Мы только что разсмотрѣли случай образованія дисахаридовъ изъ двухъ молекулъ моносахарида. При продолжительномъ кипяченіи дисахаридовъ съ разведенными кислотами происходитъ обратная реакція. Къ частицѣ дисахаридовъ въ этомъ случаѣ присоединяется вода и дисахаридъ расщепляется на 2 частицы моносахарида. Реакція кипяченія съ разведенными кислотами имѣетъ большое примѣненіе въ физиологической химіи и служитъ вообще для расщепленія сложныхъ химическихъ соединеній на болѣе простыя вещества; расщепленіе это обуславливается вхожденіемъ воды въ сложную частицу; послѣдняя на мѣстѣ связи двухъ простыхъ составляющихъ ее молекулъ разрывается, причемъ получаютъ двѣ атомныя группы со свободными единицами средства. Средство одной такой группы насыщается водородомъ воды, средство другой—гидроксиломъ. Въ виду того, что главнымъ дѣятелемъ при этой реакціи является вода, кислоты же лишь ускоряютъ процессъ, описанная реакція носитъ

\*) Черточкой обозначается ненасыщенная единица средства.

название гидролитической реакции, гидролиза (т. е. водного расщепления). В дальнейшем нам не раз придется иметь дело с гидролизом в приложениях к различным сложным соединениям.

Наиболее интересными в физиологическом отношении являются 3 дисахарида, содержащиеся, между прочим, и в пище; это 1) тростниковый сахар или сахароза (обыкновенный продажный сахар) 2) молочный сахар или лактоза и 3) солодовый сахар или мальтоза. Все эти вещества имеют одну и ту же формулу  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , но отличаются друг от друга тем, что входящие в состав их моносахариды различны.

При кипячении с разведенными кислотами они распадаются на 2 молекулы моносахаридов, при чем и может быть обнаружено, какие именно моносахариды входят в состав того или другого из них. Так, тростниковый сахар дает при гидролизе виноградный и плодовый сахар, молочный сахар дает декстрозу и галактозу, солодовый сахар расщепляется на 2 молекулы декстрозы. Таким образом, схематически можно представить себе состав этих дисахаридов в следующем виде:

Сахароза = декстроза -|- левулеза ( $- H_2O$ )

Лактоза = декстроза -|- галактоза ( $- H_2O$ )

Мальтоза = декстроза -|- декстроза ( $- H_2O$ )

Тростниковый сахар добывался прежде исключительно из сахарного тростника, в настоящее же время добывается, главным образом, из свекловицы. Сложный процесс сахарного производства из свекловицы распадается на 4 последовательных стадии. Первая состоит в подготовке свекловицы промыванием ее и чисткой, после чего очищенный материал взвешивается. Во второй стадии получается содержащий сахар сок, для чего предварительно крошат свекловицу в особых машинах и подвергают так называемому диффузионному процессу, в результате которого получается нечистый еще сок, который в третьей стадии производства подвергается очистке и выпариванию. Для очистки сок осаждают известью, которая образует с сахаром нерастворимое соединение, которое затем разлагается током углекислого газа. Далее следует очистка сока костяным углем, выпаривание, новая очистка при помощи животного угля и наконец выпаривание в пустоты, в так называемых вакуум-аппаратах до такой густоты, при которой возможна кристаллизация. Наконец, в четвертой стадии процесса сахар кристаллизуется, кристаллическая масса измельчается и отделяется от жидкости.

Входя в состав различных блюд, а главным образом, как приправа к напиткам, тростниковый сахар является одним из видных предметов потребления европейца.

Молочный сахар, или лактоза, содержится в молоке как у женщин, так и животных. В чистом виде в обычном обиходе он не употреб-

ляется вслѣдствіе слабо сладкаго вкуса. Но, какъ побочный продуктъ сырнаго производства, молочный сахаръ добывается во всѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ развито сырное дѣло и, особенно, въ Швейцаріи. Для добыванія молочнаго сахара сыворотку, полученную послѣ створаживанья прѣснаго молока телячьимъ сычугомъ (четвертый желудокъ телят) или прибавкой уксусной кислоты, т. е. такъ называемую сладкую сыворотку, нагреваютъ до кипѣнія, процеживаютъ и процеждъ выпариваютъ до густоты сиропа, причемъ черезъ нѣкоторое время выкристаллизовывается молочный сахаръ. Добытый такимъ образомъ молочный сахаръ идетъ, между прочимъ, въ большихъ количествахъ въ аптеки, такъ какъ онъ употребляется въ качествѣ примѣси къ лекарствамъ.

Солодовый сахаръ, или мальтоза, образуется при дѣйствиі солода на крахмаль. Поэтому, въ пищу онъ принимается, главнымъ образомъ, въ видѣ сладкихъ небродившихъ хлѣбныхъ напитковъ, каковы: брага, сусло и проч.

Всѣ три описанные виды сахара способны бродить и утилизируются для приготовленія спиртныхъ напитковъ. Такъ, всѣ хлѣбные напитки, напримѣръ, пиво, водка, приготовляются изъ крахмала, который подъ вліяніемъ солода превращается въ мальтозу; послѣдняя же при броженіи и даетъ спиртъ. Молочный сахаръ перерабатывается на спиртъ при приготовленіи кумыса и кефира. Наконецъ, изъ тростниковаго сахара готовятъ ромъ.

Углеводы, имѣющіе болѣе сложный, чѣмъ дисахариды, составъ, т. е. содержащіе больше 12 атомовъ углерода, носятъ названіе полисахаридовъ (поли— много), или сахарокolloидовъ.

Соединенія этой группы также могутъ быть получены искусственно изъ нисшихъ углеводовъ, какъ это мы видѣли относительно дисахаридовъ. Растворяя виноградный сахаръ въ крѣпкой сѣрной кислотѣ не на холоду, а при нагреваніи (до 35°), мы получаемъ вещество, имѣющее уже коллоидальный характеръ, т. е. обладающее очень большою частицей, такъ называемый декстринь. Для образованія молекулы декстрина требуется соединеніе уже большого числа молекулъ декстрозы (конечно, при выдѣленіи воды). Подобной же полимеризаціи, сопровождаемой выдѣленіемъ воды, можно достигнуть, нагревая тростниковый сахаръ до побурѣнія его, причемъ изъ него образуется такъ называемая карамель, смѣсь нѣсколькихъ полисахаридовъ, среди которыхъ, между прочимъ, содержится карамелинь, имѣющій формулу  $C_{96} H_{100} O_{50}$ .

Изъ пищевыхъ углеводовъ наибольшее значеніе имѣетъ крахмаль, входящій въ составъ всѣхъ мучнистыхъ продуктовъ.

Крахмаль образуется въ растеніяхъ, именно, во всѣхъ зеленыхъ частяхъ ихъ. Но откладываться онъ можетъ и въ подземныхъ частяхъ растенія; таковы, напр., запасы крахмала въ клубняхъ картофеля. Мы уже упоминали, что первоначальной формой, въ видѣ которой образуются углеводы въ зеленыхъ

частяхъ растенія, является, вѣроятно, виноградный сахаръ. Но этотъ послѣдній тотчасъ же полимеризуется, превращаясь въ крахмалъ, который и накапливается къ вечеру въ листьяхъ, какъ осязательный результатъ дневной работы листа.

Въ растительныхъ клѣткахъ крахмалъ встрѣчается въ видѣ такъ называемыхъ крахмальныхъ зеренъ, имѣющихъ характерное строеніе, въ разныхъ растеніяхъ различное (рис. 48).

Крахмальное зерно по своему составу неоднородно; снаружи оно одѣто оболочкой изъ клѣтчатки, внутри которой заключена такъ называемая гранулеза, которая и представляетъ собой собственно крахмалъ.

Въ водѣ, какъ холодной, такъ и горячей, крахмалъ не растворимъ; подобно другимъ коллоидамъ, онъ лишь сильно набухаетъ въ водѣ, и то лишь въ горячей, образуя такъ называемый крахмальный клейстеръ. При этомъ набухаетъ, собственно, только гранулеза, которая увеличивается при этомъ въ объемѣ и разрываетъ оболочку зерна.

При кипяченіи крахмала съ разведенными кислотами сложная молекула крахмала, воспринимая воду, распадается послѣдовательно на цѣлый рядъ продуктовъ уменьшающейся сложности, т. е., другими словами, крахмалъ при кипяченіи съ кислотами подвергается процессу гидролитическаго расщепленія.

Первымъ ближайшимъ продуктомъ гидролиза является такъ называемый растворимый крахмалъ, вещество, отличающееся отъ крахмала, какъ показывается само названіе, своей растворимостью въ водѣ. Далѣе, растворимый крахмалъ въ свою очередь подвергается новому расщепленію и даетъ рядъ декстриновъ; наконецъ, послѣдніе превращаются въ мальтозу, а мальтоза, въ свою очередь, расщепляется на двѣ молекулы винограднаго сахара (декстрозы). Мы видимъ, что путемъ гидролиза крахмала, путемъ постепеннаго упрощенія его сложной молекулы, можно получить цѣлый рядъ углеводовъ болѣе и болѣе простаго состава. Сравнивая, далѣе, процессъ гидролитическаго расщепленія крахмала съ гидролизомъ дисахаридовъ (напр. тростниковаго сахара), мы должны разсматривать крахмалъ, какъ сочетаніе очень большого числа молекулъ винограднаго сахара, соединенныхъ другъ съ другомъ (при выдѣленіи воды, какъ въ случаѣ образованія диглюкозы изъ винограднаго сахара) въ одну колоссальную молекулу. Большая величина молекулы крахмала является, между прочимъ, причиной его коллоидальныхъ свойствъ (крахмалъ въ водѣ только набухаетъ, но не растворяется, черезъ перепонки не диффундируетъ). По мѣрѣ болѣе и болѣе глубокаго расщепленія крахмала (при кипяченіи съ кислотами) изъ него образуются продукты, обладающіе послѣдовательно уменьшающимися



Рис. 48.

Разрѣзъ горчичи.  
st—Зерна крахмала въ  
клѣткахъ.

частицами; въ связи съ уменьшеніемъ частицъ наблюдается и ослабленіе коллоидальныхъ свойствъ въ послѣдовательномъ ряду продуктовъ гидролиза, пока, наконецъ, въ мальтозѣ мы не встрѣчаемся уже съ веществомъ, не имѣющимъ вовсе коллоидальнаго характера; мальтоза кристаллична, даетъ истинные растворы, диффундируетъ черезъ переноски — словомъ, мальтоза обладаетъ уже всѣми свойствами типичнаго кристаллоида.

Мы видѣли, что усвоеніе углерода растеніемъ, начинаясь съ простѣйшаго соединенія ( $\text{CH}_2\text{O}$ —муравьиного альдегида), проходя черезъ стадію винограднаго сахара, ведетъ, наконецъ, къ образованію весьма сложнаго углевода — крахмала. Но крахмалъ не остается на мѣстѣ своего образованія, въ листьяхъ; накопившись за день, въ теченіи ночи крахмалъ почти цѣликомъ перевозится растеніемъ въ особые запасные склады питательнаго матеріала, каковыми являются, напр., клубни картофеля. Такъ какъ, однако, крахмалъ нерастворимъ въ водѣ, а указанный переносъ крахмала можетъ быть осуществленъ исключительно при помощи жидкостей—растительныхъ соковъ, очевидно, что для перевозки крахмала въ складочные магазины растенія требуется превратить его въ растворимую форму. Крахмалъ превращается въ менѣ сложный углеводъ — декстринъ, и въ этомъ видѣ доставляется въ клубни. Въ клеткахъ клубня декстринъ вновь и уже окончательно превращается въ крахмалъ, который и остается теперь лежать здѣсь до того момента, когда растеніе почувствуетъ необходимость прибѣгнуть къ своимъ сбереженіямъ. Этотъ моментъ наступаетъ при проростаніи клубня, когда весь запасный питательный матеріалъ потребляется на образованіе растущихъ частей. Но при этомъ также предварительно крахмалъ распадается на рядъ болѣе мелкихъ молекулъ, которыя и идутъ уже на непосредственное потребленіе. Запасъ крахмала въ этомъ случаѣ можно сравнить съ крупными банковыми билетами, хранящимися въ касѣ капиталиста; предъ тѣмъ какъ пустить ихъ въ обращеніе на рынкѣ, капиталистъ размѣниваетъ билеты на мелкіе кредиты, которыми уже и расплачивается за свои покупки.

Такимъ образомъ, почти вся исторія углеводовъ въ растенія состоитъ въ превращеніи сложныхъ углеводовъ въ простые и наоборотъ. Мы увидимъ далѣе, что и въ животномъ организмѣ превращенія углеводовъ состоятъ изъ тѣхъ же самыхъ процессахъ усложненія и новаго разложенія сложныхъ углеводовъ на болѣе простые.

Чтобы покончить съ ученіемъ о пищѣ, намъ остается сказать нѣсколько словъ о третьей группѣ питательныхъ веществъ, о жирахъ.

Чтобы понять химическое строеніе жировъ, припомнимъ, что среди соединеній углерода (а также, отчасти, и среди соединеній нѣкоторыхъ другихъ элементовъ) давно уже подмѣчены нѣкоторыя сложныя группы атомовъ, которыя проходятъ чрезъ цѣлую серію реакцій, не распадаясь на свои составныя части—на атомы; при этомъ, слѣдовательно, описываемыя группы атомовъ можно принимать, до нѣкоторой степени, какъ за нѣчто цѣлое, и это цѣлое, въ извѣст-

пой мѣрѣ, исполняютъ ту же роль, какую во веѣхъ химическихъ реакціяхъ играютъ атомы элементовъ. Подобно этимъ послѣднимъ, описываемыя группы атомовъ, по крайней мѣрѣ, проходя чрезъ извѣстный кругъ реакцій, не дѣлятся, а вступаютъ въ реакцію и выходятъ изъ нея цѣликомъ, безъ нарушенія своего состава и свойствъ. Этого рода атомныя группы получили названіе радикаловъ. Простѣйшимъ примѣромъ такого радикала, такого, такъ сказать, сложнаго элемента, можетъ служить аммоній, который является производнымъ амміака; амміакъ же, какъ извѣстно, представляетъ собой соединеніе 1 атома азота и 3 атомовъ водорода ( $\text{NH}_3$ ). Присоединяя еще одинъ атомъ водорода, амміакъ даетъ радикалъ, называемый аммоніемъ ( $\text{NH}_4$ ), который во многихъ реакціяхъ играетъ роль металла, по своимъ свойствамъ сходнаго со щелочными металлами, калиемъ и натріемъ.

Въ ряду углеродистыхъ радикаловъ большое значеніе имѣютъ радикалы, входящіе въ составъ спиртовъ и называемые алкилами (отъ алкоголь=спиртъ). Такъ, въ метиловомъ спиртѣ ( $\text{CH}_4\text{O}$ ) содержится радикалъ метиль ( $\text{CH}_3$ ), въ этиловомъ спиртѣ ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ )—радикалъ этиль ( $\text{C}_2\text{H}_5$ ) и т. д.

Алкилы въ спиртахъ соединены съ такъ называемымъ воднымъ остаткомъ или гидроксломъ ( $\text{OH}$ ) и, поэтому, если сравнивать радикалъ съ элементомъ, спиртъ можно сравнить съ водной окисью, или гидратомъ металла, что видно, напр., изъ слѣдующихъ формулъ:

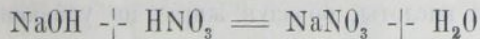
$\text{NaOH}$  — водная окись натрія,

$\text{KOH}$  — водная окись калия,

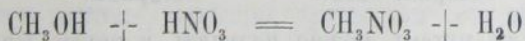
$\text{CH}_3\text{OH}$  — метиловый спиртъ,

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  — этиловый спиртъ.

Сходство спиртовъ съ водными окисями металловъ проявляется, между прочимъ, въ томъ, что, подобно этимъ послѣднимъ, спирты могутъ соединяться съ кислотами при выдѣленіи воды совершенно по тому же типу, какъ водныя окиси металловъ соединяются съ кислотами въ соли.



Гидратъ      Азотъ.      Азотпо-      Вода.  
натрія.      кисл.      натр. соль.

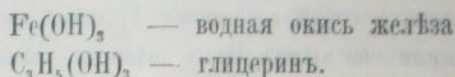


Метиловый      Азотъ.      Азотомети-      Вода.  
спиртъ.      кисл.      ловый эфиръ.

Эти солеобразныя соединенія (солеобразныя лишь въ химическомъ смыслѣ, такъ какъ по физическимъ свойствамъ они совершенно не напоминаютъ солей) спиртовъ съ кислотами носятъ названіе сложныхъ эфировъ.

Возвратимся къ спиртамъ. Вышеприведенные примѣры (метиловый и этиловый спиртъ) принадлежатъ къ такъ называемымъ одноатомнымъ спиртамъ, такъ какъ они содержатъ въ своей частицѣ только одинъ гидроксиль, соединенный съ одноатомнымъ радикаломъ. Но радикалы, играющіе, какъ сказано,

роль элементовъ, подобно этимъ послѣднимъ, могутъ быть и дву—и трехъатомными. Въ этомъ случаѣ и соответствующіе имъ спирты должны содержать 2 или 3 гидроксила. Къ такимъ спиртамъ и принадлежитъ глицеринъ, представляющій собой трехъатомный спиртъ. Подобно тому, какъ одноатомные спирты мы сравнивали съ водными окисями (или гидратами) одноатомныхъ металловъ, глицеринъ можетъ быть сопоставленъ съ водной окисью трехъатомнаго металла, напр., желѣза, что видно изъ слѣдующихъ формулъ:

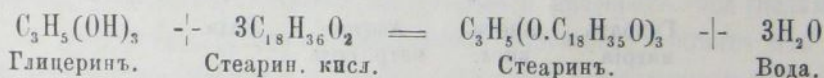


Принадлежа къ спиртамъ, глицеринъ способенъ, соединяясь съ кислотами давать сложные эфиры. Но такъ какъ въ глицеринѣ содержатся 3 гидроксила, одна частица глицерина можетъ насыщать собой 3 частицы одноосновныхъ кислотъ.

Жирами въ химіи и называются сложные эфиры глицерина, т. е. соединенія глицерина съ кислотами. Въ обыденной же жизни жирами называютъ соединенія глицерина только съ высшими жирными кислотами, содержащими большое число атомовъ углерода въ своей частицѣ; въ фізіологической химіи также приходится имѣть дѣло только съ этими высшими жирами.

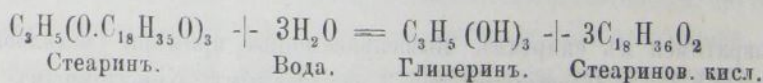
Среди пищевыхъ жировъ въ наибольшемъ количествѣ встрѣчаются такъ называемые стеаринъ, пальмитинъ и олеинъ, представляющіе собой эфиры глицерина, образованные соединеніемъ его съ тремя частицами высшихъ жирныхъ кислотъ; стеаринъ есть соединеніе 1 частицы глицерина съ 3 частицами стеариновой кислоты ( $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$ ), олеинъ—подобное же соединеніе глицерина съ 3 частицами олеиновой кислоты ( $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ ) и, наконецъ, пальмитинъ представляетъ собой соединеніе глицерина и 3 частицъ пальмитиновой кислоты ( $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$ ).

Такое строеніе жировъ доказывается слѣдующими фактами. При нагреваніи глицерина съ жирной кислотой въ запаянной трубкѣ, глицеринъ соединяется съ 3 частицами кислоты, образуя жиръ, по уравненію:



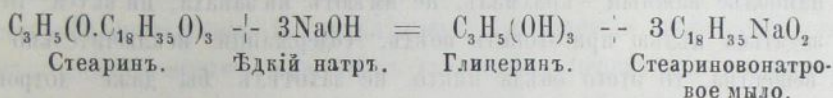
Точно такимъ же путемъ можно получить и другіе жиры (пальмитинъ и олеинъ.)

Обратно, нагревая жиры съ водой въ запаянныхъ трубкахъ выше  $100^\circ$ , удастся расщепить сложную частицу жира на ея составныя части—глицеринъ и жирную кислоту.



Эта послѣдняя реакція представляетъ собой процессъ, съ которымъ мы уже имѣли дѣло раньше—это такъ называемое гидролитическое расщепленіе,

т. е. расщепленіе, сопровождающееся присоединеніемъ воды. Но въ приложеніи къ сложнымъ эфирамъ гидролизъ, носитъ специальное названіе «омыленіе.» Названіе это дано описываемому процессу потому, что и полученіе мыла основано также на процессѣ расщепленія жировъ; но въ вышеприведенномъ примѣрѣ расщепленіе жира было достигнуто дѣйствіемъ одной воды при высокой температурѣ. При добываніи мыла расщепленіе жира осуществляется кипяченіемъ съ растворомъ ѣдкаго натра (NaOH), причеь освобождающаяся жирная кислота не остается свободной, а соединяется со щелочью, образуя обыкновенное мыло, которое, слѣдовательно, есть не что иное, какъ щелочная соль жирной кислоты.



Какъ уже упомянуто, въ составъ пищевыхъ жировъ входятъ, главнымъ образомъ, стеаринъ, пальмитинъ и олеинъ. Эти три вещества отличаются между собой по физическимъ свойствамъ, между прочимъ, и по температурѣ плавленія. Стеаринъ и пальмитинъ при комнатной температурѣ тверды, олеинъ же представляетъ жидкость, которая лишь при охлажденіи ниже обыкновенной температуры застываетъ въ кристаллы.

Стеаринъ плавится . . . . .	при	71,5°	по	Цельсію.
Пальмитинъ > . . . . .	»	62°	»	»
Олеинъ застываетъ . . . . .	»	5°	»	»

Въ организмѣ жиры отлагаются, главнымъ образомъ, въ такъ называемой жировой соединительной ткани, которая играетъ въ животномъ организмѣ такую же роль запаснаго магазина питательныхъ веществъ, какую играютъ въ растительномъ организмѣ запасы крахмала; въ періоды усиленнаго питанія запасъ жира въ организмѣ увеличивается; въ моменты усиленной работы и періоды голоданія, животное потребляетъ эти запасы, жиръ исчезаетъ изъ жировой ткани, животное худѣетъ. Жировая ткань въ большомъ количествѣ находится отчасти подъ кожей, отчасти около внутреннихъ органовъ, напримѣръ, въ такъ называемомъ сальникѣ и около почекъ. На микроскопическомъ препаратѣ жировой ткани можно видѣть, что капли жира заполняютъ почти всю полость такъ называемыхъ жировыхъ клѣтокъ, оттѣсняя протоплазму съ ядромъ къ периферіи клѣтки.

Натуральные жиры представляютъ собой смѣсь стеарина, пальмитина и олеина. Сообразно съ различными температурами плавленія своихъ составныхъ частей натуральные жиры также имѣютъ у разныхъ животныхъ различную температуру плавленія; въ томъ случаѣ, если натуральный жиръ богатъ стеариномъ и пальмитиномъ, температура, при которой онъ растопляется, лежитъ, сравнительно, высоко, а при обыкновенной температурѣ такой жиръ будетъ казаться тверже, чѣмъ жиръ, содержащій большое количество олеина; жиръ, богатый олеиномъ, плавится значительно ниже. Такъ:



Бараній жиръ	плавится . . . . .	при 50°
Свиной	» » . . . . .	» 40°
Коровій	» » . . . . .	» 39°
Гусиний	» » . . . . .	» 24—26°
Утиный	» » . . . . .	» 25°

Въ заключеніе нѣсколько словъ о способѣ приготовленія пищи и о такъ называемыхъ приправахъ. Питательныя вещества—бѣлки, жиры и изъ углеводовъ наиболѣе важный — крахмалъ, не имѣють ни запаха, ни вкуса. Поэтому, если-бы задаться цѣлью приготовить обѣдъ, содержащій исключительно питательныя вещества, то этого обѣда никто не захотѣлъ бы даже дотронуться, такъ какъ онъ былъ бы безвкусенъ, какъ бумага.

Но, конечно, и невкусный обѣдъ можно заставить себя проглотить такъ, какъ глотаютъ лекарство—это еще въ нашей волѣ. Но не въ нашей волѣ регулировать процессъ перевариванья пищи въ желудкѣ. А этотъ процессъ, какъ учить непосредственный опытъ, стоитъ въ зависимости, между прочимъ, также и отъ того, насколько вкусно приготовлена пища, насколько она возбуждаетъ аппетитъ.

Прямые опыты показываютъ, что уже при одномъ видѣ вкусной пищи, въ то время, когда, какъ говорятъ, разыгрывается аппетитъ, въ желудкѣ уже происходитъ процессъ, подготовительный къ пищеварительной работѣ — наблюдается обильное выдѣленіе переваривающей жидкости. Послѣ поступленія пищи въ желудокъ, выдѣленіе переваривающей жидкости еще болѣе усиливается, но это происходитъ только въ томъ случаѣ, если пища содержитъ такъ называемыя приправы. Сюда относятся, между прочимъ, тѣ вещества, которыя придаютъ вкусъ, или, какъ говорятъ, крѣпость бульону, сюда же относятся составныя части различныхъ соусовъ, особенно мясныхъ и проч.

Поэтому, прибавка приправъ къ пицѣ является совершенно рациональной, такъ какъ, увеличивая выдѣленіе желудочнаго сока, онѣ способствуютъ пищеваренію. Конечно, описанный рефлекторный актъ выдѣленія желудочнаго сока въ зависимости отъ вкуса пищи выработался, вѣроятно, путемъ долговременной привычки многихъ и многихъ поколѣній къ пицѣ, приготовленной извѣстнымъ образомъ. Прибавка тѣхъ или иныхъ приправъ вводилась въ употребленіе, разумѣется, не изъ какихъ либо рациональныхъ соображеній, а просто вслѣдствіе требованій подчасъ избалованнаго вкуса. Но, разъ подъ вліяніемъ многовѣковой привычки мы унаслѣдовали вышеописанную рефлекторную зависимость пищеварительныхъ процессовъ отъ вкуса пищи, намъ не остается ничего болѣе, какъ подчиниться необходимости употребленія приправъ, расплачиваясь, такимъ образомъ, за избалованный вкусъ нашихъ предковъ.

## ПИЩЕВАРЕНИЕ.

Различают два пищеварительных процесса: 1) внутриклеточное и 2) секреторное пищеварение. Внутриклеточное пищеварение свойственно, главным образом, одноклеточным животным (protozoa, первичники), этим организмам без органов, состоящим только из одной клетки, которая, таким образом, по необходимости, совмещает в себе все физиологически-важные функции, между прочим, и функцию питания.

Пищеварение первичников состоит с внешней стороны в том, что различные твердые частицы, плавающие в окружающей жидкости, захватываются отростками протоплазмы, вводятся внутрь тела клетки и здесь мало по малу растворяются; нерастворимые же частицы выбрасываются вон. По этому же типу совершается пищеварение и у низших типов metazoa: у губок, медуз и актиний, отчасти и у турбелларий.

У всех же прочих типов беспозвоночных и позвоночных животных пищеварение принимает секреторный характер.

Секреторное пищеварение основывается на потере пищеварительной функции большей частью клеток, входящих в состав тела животного; эта функция сохраняется лишь у сравнительно небольшой группы органов, которым присваивается название собственно пищеварительных органов. Эти органы образуют внутри тела животного больших или меньших размеров полость, куда и поступает пища. Клетки, выстилающие внутреннюю поверхность этой полости, как и все вообще клетки высшего животного, неспособны к внутриклеточному пищеварению. Пищеварение секреторное совершается вне живой клетки, в пищеварительной полости, благодаря тому, что клетки, оделяющие эту полость, а также железистые придатки к ней, каковы, например, слюнные железы, печень, поджелудочная железа, изливают внутрь пищеварительной трубки особого рода соки, химически изменяющие составные части пищи, или как говорят, переваривающие пищу.

Затем уже подготовленная таким образом, видоизмененная пища всасывается лимфатическими и кровеносными сосудами и разносится по всему телу.

Однако, в организм высших животных, между прочим, и человека, способность к внутриклеточному пищеварению сохраняется у одной группы клеток, у так называемых белых кровяных телец. Белые кровяные тельца,

блуждая неприкрытыми въ кровяной и лимфатической жидкости представляют собой какъ бы совершенно самостоятельные одноклѣточные организмы, обладающіе всѣми функциями послѣднихъ—движеніемъ, размноженіемъ и пищевареніемъ.

Лейкоциты способны захватывать всякаго рода твердые частицы, встречаемыя ими на своемъ пути и переваривать ихъ, совершенно такъ, какъ это дѣлаютъ первоклѣточные первичники. Всѣ три группы питательныхъ веществъ (бѣлки, углеводы и жиры) перевариваются лейкоцитами; способность ихъ переваривать бѣлковыя вещества, между прочимъ, служитъ основаніемъ въ высшей степени важной роли, которые играютъ нѣкоторые лейкоциты и состоящей въ борьбѣ съ разнаго рода болѣзнетворными бактеріями. Лейкоциты (или какъ ихъ въ этомъ случаѣ называютъ, фагоциты, т. е. пожирающія клѣтки), встречаясь съ микроорганизмами, захватываютъ и ихъ внутрь своего тѣла и также перевариваютъ, растворяя бѣлковое тѣло, изъ котораго состоятъ микроорганизмы.

Но внутрикѣточное пищевареніе, какъ видитъ читатель, у высшихъ животныхъ не имѣетъ сколько-нибудь значительныхъ размѣровъ и не участвуетъ въ процессахъ, завѣдующихъ собственно питаніемъ, а утилизируется животнымъ исключительно въ цѣляхъ самообороны противъ вредоносныхъ бактерій. Поэтому мы ограничимся лишь упоминаніемъ о немъ и перейдемъ въ разсмотрѣнію секреторнаго пищеваренія.

Пища прежде всего подвергается механической обработкѣ, измельченію въ полости рта, а у нѣкоторыхъ птицъ перетирается въ мускулистомъ желудкѣ (называемомъ въ обыденной жизни жерновками). Долгое время механической обработкѣ пищи приписывалось преобладающее значеніе въ пищеварительныхъ процессахъ, и до половины прошлаго столѣтія все пищевареніе сводилось на возможно мелкое перетираніе пищевого матеріала, превращеніе его въ мельчайшую кашицу, которая, по мнѣнію ученыхъ прошлаго вѣка, затѣмъ и всасывалась.

Механическое дѣйствіе мускулистаго желудка птицъ, дѣйствительно, очень велико. Благодаря тому, что внутренняя поверхность его одѣта слоємъ хряща, а въ полости всегда находятся мелкіе камушки <sup>1)</sup>, мускулистый желудокъ способенъ растирать въ мелкій порошокъ стеклянные шарики, обламывать острія у иголокъ, небольшихъ ланцетовъ и проч. Въ виду поразительнаго механическаго дѣйствія мускулистаго желудка птицъ вполне понятно то увлеченіе механической теоріей пищеваренія, которое преобладало, какъ сказано, до половины прошлаго столѣтія. Но уже наблюденія, напримѣръ, надъ хищными животными, глотающими добычу цѣлкомъ и не обладающими сколько-нибудь развитой желудочной мускулатурой, между тѣмъ какъ пищевареніе совершается у нихъ весьма энергично, показываютъ несостоятельность механической теоріи

<sup>1)</sup> Эти камушки птица глотаетъ намѣренно, что видно, напр., изъ того, что она даетъ ихъ вмѣстѣ съ пищей своимъ птенцамъ.

пищеваренія. Экспериментальнымъ путемъ она была опровергнута опытами аббата Спалланцани (во второй половинѣ XVIII вѣка.)

Желая исключить въ своихъ опытахъ механическое дѣйствіе перетиранія при помощи движенія желудка, Спалланцани вводилъ животнымъ пищу въ металлическихъ трубочкахъ, открытые концы которыхъ обвязывались тканью, чтобы такимъ образомъ дать возможность пищеварительнымъ сокамъ проникнуть внутрь трубки. «Кусокъ телятины», говоритъ авторъ, описывая одинъ изъ своихъ опытовъ: «я разрѣзалъ на очень мелкіе кусочки, наполнилъ полученной массой трубки и ввелъ ихъ въ желудокъ курицы. Черезъ 27 часовъ я извлекъ трубочки обратно и замѣтилъ слѣдующія перемѣны. Въ первой трубкѣ оставалось очень мало мяса, не болѣе  $\frac{1}{20}$  того количества, которое было въ нее вложено. Въ двухъ другихъ трубкахъ количество мяса уменьшилось, въ томъ же приблизительно отношеніи; наконецъ, въ четвертой трубкѣ особенно рѣзкой перемѣны не замѣчалось, но эта трубка была открыта только съ одного конца, а другой былъ прикрытъ жестяной крышечкой».

Благодаря опытамъ Спалланцани, химическая сторона пищеварительныхъ процессовъ получила надлежащую оцѣнку, и въ настоящее время пищевареніе разсматривается, какъ процессъ преимущественно химическій.

Различаютъ два типа слюнныхъ железъ: 1) бѣлковыя или серозныя железы и 2) слизистыя железы. Клѣтки бѣлковыхъ железъ, отдѣляемое которыхъ не содержитъ слизи, а лишь небольшое количество бѣлка, представляются въ видѣ прозрачныхъ, обыкновенно кубической формы образований, болѣе или менѣе зернистыхъ. Въ слизистыхъ железахъ въ центрѣ дольки расположены т. назыв. «слизистыя» клѣтки, обладающія свѣтлой, блестящей протоплазмой, содержащей слизь (муцинъ). По периферіи дольки лежатъ сильно зернистыя, темныя клѣтки, собирающіяся въ группы въ видѣ полумѣсяцевъ (полулунія Джіакуцци). Маленькій просвѣтъ, остающійся между клѣтками въ центрѣ дольки, при помощи небольшой «вставочной трубки» переходитъ въ выводной протокъ, высланный цилиндрическимъ исчерченнымъ эпителиемъ. Протоки сосѣднихъ долекъ, сливаясь другъ съ другомъ, образуютъ трубочки увеличивающагося діаметра и, наконецъ, даютъ главный выводной протокъ железы, который имѣетъ уже макроскопическіе размѣры и оканчивается отверстіемъ на слизистой оболочкѣ ротовой полости.

Долька одѣта снаружи т. назыв. «собственной оболочкой», которая представляетъ собой не непрерывную оболочку, а какъ бы корзину, съ отверстіями и перекладинами. Такая форма собственной оболочки зависитъ отъ того, что она состоитъ изъ сплетенія звѣздчатыхъ клѣтокъ, соединяющихся другъ съ другомъ при помощи своихъ отростковъ.

Кровеносные сосуды, подходящіе къ долкѣ, лежатъ въ видѣ сѣти капилляровъ на наружной поверхности собственной оболочки.

Что касается нервовъ желѣзы, то вопросъ этотъ, долгое время бывшій очень спорнымъ, въ настоящее время рѣшается въ утвердительномъ смыслѣ: къ каждой желѣзистой клѣткѣ подходит нервное волокно, распадающееся на кисть вѣтвей съ утолщеніями на концахъ. Слѣдовательно, каждая нервная клѣтка стоитъ въ непосредственной связи съ нервной системой, представляетъ собой, какъ говорятъ, концевой рабочій аппаратъ нерва.

Эта связь отдѣлительныхъ клѣтокъ съ нервами задолго до того, какъ она была подтверждена анатомическимъ путемъ, предполагалась на основаніи физиологическихъ наблюденій. Въ самомъ дѣлѣ, извѣстно, что нормальное слюноотдѣленіе находится, несомнѣнно, подъ вліяніемъ нервной системы; извѣстно, что при дѣйствіи на слизистую оболочку рта вкусовыхъ или раздражающихъ веществъ тотчасъ же вызывается слюноотдѣленіе. Это слюноотдѣленіе, очевидно, происходитъ путемъ рефлекса: чувствительные (сигнальные) нервы слизистой оболочки передаютъ вѣсть о раздраженіи въ центральные нервныя аппараты, а послѣдніе по рабочимъ (секреторнымъ) нервамъ передаютъ въ желѣзу приказъ къ работѣ. Извѣстно, что даже при одномъ воспоминаніи о вкусной пищѣ отдѣляется слюна («слюнки текутъ»); въ этомъ случаѣ психическій процессъ, протекающій, несомнѣнно, въ головномъ мозгу, долженъ также пройти по нервнымъ проводникамъ, чтобы отразиться въ желѣзѣ.

Къ каждой слюнной желѣзѣ подходятъ двойного рода нервныя волокна, обладающія различной функціей. Къ каждой желѣзѣ подходитъ 1) нервная вѣточка, берущая свое начало отъ нервовъ, происходящихъ непосредственно изъ спинного или головного мозга (т. назыв., «цереброспинальная» вѣтвь) и 2) вѣточка, идущая отъ симпатической нервной системы къ подчелюстной желѣзѣ, напр., подходитъ вѣтвь отъ личнаго нерва (*n. facialis*), т. назыв. барабанная струна и вѣтвь отъ симпатическаго сплетенія, одѣвающей сонную артерію.

При раздраженіи электрическимъ токомъ барабанной струны выдѣляется большое количество жидкой прозрачной водянистой слюны, содержащей большое количество воды и лишь немного твердыхъ составныхъ частей. Наоборотъ, при раздраженіи симпатическаго нерва желѣза отдѣляетъ всего нѣсколько капель слюны и эта слюна по своимъ свойствамъ значительно отличается отъ только что описанной: она мутна, тягуча, содержитъ много слизи, много обрывковъ клѣтокъ и большое количество твердыхъ составныхъ частей въ растворѣ. На основаніи этой разницы въ составѣ слюны дѣлаютъ заключеніе, что и роль барабанной струны и симпатическаго нерва въ процессѣ слюноотдѣленія различна. Но прежде, чѣмъ выяснять эту роль, намъ необходимо ближе познакомиться съ тѣмъ, что такое въ сущности представляетъ собой слюноотдѣленіе, къ какому разряду явленій оно относится, какую роль играютъ при этомъ желѣзистыя клѣтки и проч.

Въ старину въ наукѣ господствовало мнѣніе, согласно которому всѣ отдѣленія организма (слюна, желчь, моча и проч.) представляютъ собой простой фильтратъ изъ крови. Кровяная жидкость пропотѣваетъ, согласно этому взгля-

ду, чрезъ слюнную железу, печень, почку—въ результатѣ является слюна и проч. Различія въ составѣ различныхъ отдѣленій объясняли себѣ различнымъ устройствомъ тѣхъ фильтровъ (слюнная железа, почка и проч.), чрезъ которые приходится проходить кровяной плазмѣ. Но въ настоящее время существуетъ цѣлый рядъ опытовъ, неопровержимо доказывающихъ, что слюноотдѣленіе нельзя отождествлять съ процессомъ фильтраціи. Фильтрація происходитъ только въ томъ случаѣ, когда по одну и по другую сторону перепонки давленіе различное; притомъ фильтрующаяся жидкость (фильтратъ) идетъ отъ мѣста съ большимъ давленіемъ къ мѣсту съ меньшимъ давленіемъ. Слѣдов., если слюна есть простой фильтратъ изъ крови, очевидно, что давленіе слюны (фильтрата) должно быть меньше, чѣмъ давленіе крови (фильтрующейся жидкости). А между тѣмъ прямой опытъ показываетъ, что давленіе отдѣляющейся слюны на 100 миллиметровъ ртути выше, чѣмъ давленіе крови въ артеріи, приносящей кровь къ железу. Далѣе, удастся вызвать слюноотдѣленіе даже въ томъ случаѣ, если раздражать нервы на головѣ, отдѣленной отъ туловища; въ этомъ случаѣ давленіе крови въ сосудахъ головы, очевидно, = 0, а между тѣмъ слюна отдѣляется.

Кромѣ этихъ механическихъ несообразностей, существуютъ химическіе факты, недопускающіе мысли, чтобы слюноотдѣленіе было фильтраціоннымъ процессомъ. Каковы бы ни были свойства того фильтра, чрезъ который фильтруется кровяная плазма, во всякомъ случаѣ послѣ прохожденія чрезъ фильтр жидкая часть крови можетъ испытывать лишь количественныя, но не качественные измѣненія, т. е. фильтр можетъ пропускать чрезъ себя одни вещества и не пропускать другихъ; слѣдов., самое большее, въ фильтратѣ (слюна) могутъ отсутствовать нѣкоторыя вещества, присутствующія въ крови (фильтрующейся жидкости); но ничего новаго, ничего такого, чего нѣтъ въ крови, не можетъ быть и въ слюнѣ въ томъ случаѣ, если слюнная железа представляетъ собой лишь простой фильтр. А между тѣмъ, въ слюнѣ содержится слизь, содержится роданистый калий; обоихъ этихъ веществъ нѣтъ въ крови.

Слѣдов., въ слюнной железу происходятъ какія-то химическія измѣненія, железистая клѣтка есть, очевидно, маленькая, химическая лабораторія, вырабатывающая извѣстныя вещества, которыя затѣмъ и попадаютъ въ слюну. Что это дѣйствительно такъ и есть на дѣлѣ, доказываютъ тѣ анатомическія измѣненія, которыя претерпѣваетъ железа во время дѣятельности. Если сравнить микроскопическую картину покойной слюнной железы съ железой, отдѣляющей въ теченіе долгаго времени слюну, можно подумать, что это два различныхъ органа — на столько велика разница въ ихъ строеніи. Клѣтки покойной железы (бѣлковой) сплошь набиты мельчайшими зернышками, заполняющими собой всю протоплазму железы. Ядро клѣтки—маленькое, звѣздообразной формы. Послѣ усиленнаго слюноотдѣленія всѣ эти зернышки уходятъ изъ клѣтки, такъ что теперь въ тѣлѣ клѣтки обнажается лишь протоплазменная сѣть, не содержащая въ себѣ зернистости.

Иногда удается доказать на микроскопических препаратах, что зернышки из протоплазмы переходят во время отдѣленія слюны въ секретъ. Слѣдов., общую картину процесса слюноотдѣленія можно представить себѣ въ слѣдующихъ чертахъ. Во время покоя железистая клѣтка перерабатываетъ вещества, получаемыя ею изъ крови, въ специфическіе продукты, въ составныя части слюны; до поры до времени эти продукты скопляются въ протоплазмѣ клѣтки. А когда наступаетъ отдѣленіе слюны, клѣтка опоражниваетъ свое содержимое въ отдѣляемую жидкость; во время слюноотдѣленія процессъ химической переработки въ клѣткѣ продолжается, но все то, что при этомъ вырабатывается изъ железа, уносится изъ нея токомъ жидкости, такъ что подъ конецъ періода усиленнаго отдѣленія клѣтки не содержатъ совершенно специфическихъ составныхъ частей слюны—зернышекъ. Слѣдов., въ железнѣ происходятъ 2 до извѣстной степени независимыхъ другъ отъ друга процесса: 1) выработка составныхъ частей слюны въ клѣткахъ и 2) токъ жидкости черезъ клѣтки (изъ кровеносныхъ сосудовъ), уносящій съ собою изъ клѣтки содержащіяся въ ней зернышки.

Тотъ и другой процессъ стоитъ въ зависимости отъ особыхъ нервовъ, а именно, процессомъ химическимъ, переработкой матеріала въ клѣткѣ, завѣдуютъ нервныя воокна, идущія отъ симпатической нервной системы, а механической стороною слюноотдѣленія—токомъ жидкости чрезъ железистую клѣтку—управляютъ волокна, идущія отъ спинного или головного мозга (въ случаѣ подчелюстной железы—барабанная струна).

## Слюна и ея дѣйствіе.

Уже въ полости рта пищевой комокъ встрѣчается съ первымъ пищеварительнымъ сокомъ—слюной. Слюна, наполняющая ротъ, представляетъ собой смѣсь отдѣленій трехъ паръ большихъ слюнныхъ железъ (околоушной, подчелюстной и подъязычной) и многочисленныхъ маленькихъ железокъ, выстилающихъ слизистую оболочку полости рта.

Для добыванія смѣшанной слюны достаточно пожевать нѣкоторое время кусокъ резины, слюнного корня или вдохнуть съ широкооткрытымъ ртомъ нѣсколько разъ пары эфира; выдѣляющуюся слюну собираютъ въ стаканъ и передъ опытомъ профильтровываютъ чрезъ бумагу.

Слюна представляетъ собой прозрачную, или чуть-чуть опалесцирующую тянущуюся въ нити жидкость. Въ жидкости взвѣшены неразличимыя простымъ глазомъ примѣси микроскопическихъ форменныхъ элементовъ—клѣтокъ, отчасти принадлежащихъ къ покрову слизистой оболочки рта, отчасти такъ называемыхъ слюнныхъ тѣлецъ, которыя представляютъ собой не что иное, какъ бѣлыя кровяныя тѣльца, лишь измѣненныя благодаря пребыванію въ слюнѣ. Въ

физиологической функціи слюны ни тѣ, ни другія клѣтки не участвуютъ, являясь лишь случайной примѣсью. Наконецъ, обыкновенно въ слюнѣ содержатся бактеріи и грибки, въ довольно большомъ количествѣ населяющіе полость рта.

Слюна содержитъ настолько мало твердыхъ составныхъ частей, что, въ сущности, она представляетъ собой почти чистую воду. (Рис. 49—см. стр. 145).

Въ 100 частяхъ слюны содержится:

Воды . . . . .	99,41%.
Твердыхъ вещ. . . . .	0,59%.

Но и изъ этого ничтожнаго, въ сущности, количества твердыхъ составныхъ частей нужно выкинуть еще вѣсь клѣтокъ, примѣшанныхъ къ слюнѣ и составляющихъ 0,213%; остающіяся 0,377% представляютъ собой дѣйствительно растворенныя въ слюнной жидкости твердыя вещества; изъ нихъ 0,142% приходится на органическія вещества и 0,235% на неорганическія соли.

Такимъ образомъ, содержаніе твердыхъ веществъ въ слюнѣ немногимъ превышаетъ содержаніе ихъ въ обыкновенной рѣчной водѣ, которая (въ нѣкоторыхъ рѣкахъ) содержитъ до 0.16% твердыхъ веществъ въ растворѣ.

Соли, находящіяся въ слюнѣ, не играютъ какой-либо роли въ пищеварительномъ дѣйствіи слюны. Соли встрѣчаются въ слюнѣ, какъ и во всякой жидкости организма; всѣ ткани послѣдняго пропитаны, въ сущности, не чистой водой, а слабымъ солянымъ растворомъ. Чистая, дистиллированная вода является сильнымъ ядомъ для всякой протоплазмы, довольно быстро вызывая смерть клѣтки. Поэтому то и въ слюнѣ содержатся неорганическія соли, главная масса которыхъ состоитъ изъ хлористаго натрія ( $\text{NaCl}$ , поваренной соли) и фосфорнокислаго натра ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) наряду съ небольшимъ количествомъ соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Такой же приблизительно составъ солей и во всѣхъ животныхъ жидкостяхъ. Поэтому то соли слюны и не могутъ служить характеристикой этого сока.

Характерными составными частями слюны являются содержащіяся въ ней органическія вещества и среди нихъ наиболѣе важенъ для физиологической функціи слюны такъ называемый птіалинъ (или слюнное бродило); кромѣ птіалина, въ слюнѣ содержится небольшое количество бѣлка, который можетъ быть обнаруженъ кипяченіемъ слюны послѣ осторожной прибавки къ ней уксусной кислоты, и муцинъ, отъ присутствія котораго зависитъ слизистый характеръ слюны и способность ея тянуться въ нити.

Муцины содержатся во всѣхъ слизистыхъ отдѣленіяхъ, скопляющихся на внутренней поверхности различныхъ органовъ; такъ, муцинъ содержится въ носовой слизи, въ мокротѣ, т. е. слизи грудныхъ дыхательныхъ путей, въ слизи кишечника и т. д.

Муцинъ можетъ быть выдѣленъ изъ слюны прибавкой уксусной кислоты (разведенной уксусной эссенціи); образующійся хлопчатый осадокъ отфильтровы-



вають и растворяють въ водѣ съ прибавкой соды или амміака (нашатырнаго спирта). Полученный такимъ образомъ растворъ муцина имѣеть такой же слизистый характеръ и такъ же тянется въ нити, какъ и слюна.

Муцины принадлежатъ къ бѣлковымъ веществамъ, но они сложнѣе истинныхъ бѣлковыхъ тѣлъ; молекула бѣлковъ обладаетъ способностью соединяться съ нѣкоторыми другими веществами, образуя тѣла, носящія названіе протеидовъ; къ такимъ протеидамъ относится и муцинъ, представляющій собой соединеніе бѣлка съ углеводомъ.

Присутствіе въ слюнѣ муцина, придающаго ей слизистый характеръ, конечно, въ значительной мѣрѣ способствуетъ глотанію, дѣлая поверхность пищевого комка болѣе скользкой.

Наиболѣе важной составной частью слюны, какъ уже сказано, является птіалинъ. Чтобы сдѣлать понятнымъ химическое дѣйствіе птіалина на пшду, продѣлаемъ нѣсколько опытовъ. Возьмите кусокъ хлѣба и, разжевавши, поддержите его нѣкоторое время во рту. Кто привыкъ отдавать себѣ отчетъ въ своихъ ощущеніяхъ, ясно замѣтитъ, что хлѣбъ послѣ кратковременнаго пребыванія во рту сдѣлался сладкимъ; это особенно рѣзко выступаетъ въ томъ случаѣ, если сравнить со вкусомъ нашего перваго куска хлѣба новый кусокъ.

Далѣе, приготовимъ себѣ крахмальныи клейстеръ; для этого чайную ложку картофельной муки разболтаемъ съ небольшимъ количествомъ воды и затѣмъ, при постоянномъ и быстромъ помѣшиваньи, прильемъ къ смѣси кипятку; въ концѣ концовъ получается густая масса разбухшаго крахмала—клейстеръ. Если дадимъ ему охладиться и къ небольшой порціи клейстера прибавимъ каплю іодной настойки (того самаго аптечнаго раствора іода, который употребляется для смазыванья кожи), мы замѣтимъ, что крахмалъ окрашивается отъ іода въ темно-синій цвѣтъ. Остальное количество клейстера, когда онъ станетъ чуть тепленькимъ, смѣшаемъ съ равнымъ количествомъ слюны и оставимъ на нѣсколько часовъ въ тепломъ мѣстѣ.

Черезъ нѣкоторое время замѣтимъ, что клейстеръ сдѣлался совершенно жидкимъ, какъ вода. Прибавивши къ порціи полученной жидкости, по прежнему, каплю іодной настойки, мы не получимъ никакого окрашиванья или лишь слабо желтоватую окраску, зависящую просто отъ прибавки іодной настойки, имѣющей какъ извѣстно, темнобурый цвѣтъ.

Слѣдовательно, крахмалъ въ жидкости исчезъ, о чемъ мы заключаемъ, какъ на основаніи измѣненія физическаго состоянія—клейстеръ перешелъ въ легко подвижную жидкость, такъ и на основаніи потери реакціи съ іодомъ.

Въ какое же вещество превратился крахмалъ въ нашемъ опытѣ? Для рѣшенія этого вопроса продѣлаемъ бродильную пробу въ томъ видѣ, какъ она описана выше, т. е. въ пузырькѣ нальемъ до-верху смѣси нашей жидкости съ дрож-

жами. Заткнувши пузырек пробкой съ отверстіемъ, поставимъ его, горлышкомъ внизъ, въ крѣпкій растворъ поваренной соли, налитый въ стаканъ; все оставимъ стоять на сутки въ тепломъ мѣстѣ.

Черезъ сутки въ верхней части пузырька соберется газъ; газъ этотъ не что иное, какъ угольная кислота; въ жидкости же будетъ находится небольшое количество виннаго спирта. Говоря другими словами, крахмалъ подъ вліяніемъ слюны превратился въ сахаръ, который съ дрожжами и перебродилъ, образовавши спиртъ и угольную кислоту.

Это превращеніе крахмала въ сахаръ вызвано дѣйствіемъ главной составной части слюны—птіалина.

Припомнимъ тѣ химическія реакціи, помощью которыхъ возможно перейти отъ крахмала къ сахару. Мы видѣли, что при кипяченіи крахмала съ разведенными кислотами онъ можетъ быть превращенъ почти цѣликомъ въ виноградный сахаръ.

Но то, что безъ посредства организма достигается лишь при помощи сравнительно высокой температуры и довольно значительнаго количества кислоты, организмъ производитъ при температурѣ, лишь немногимъ превышающей

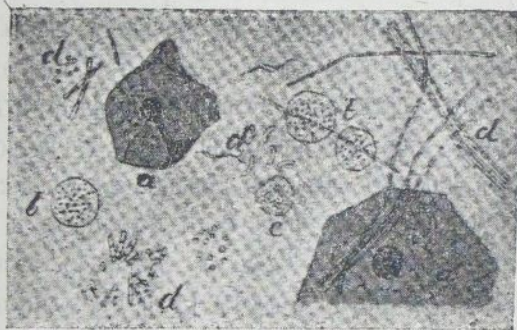


Рис. 49 (текстъ см. стр. 143).

обыкновенную комнатную температуру (птіалинъ дѣйствуетъ даже и при комнатной температурѣ, только медленно) въ присутствіи лишь ничтожнаго количества птіалина (мы видѣли, что и все то органическое вещество слюны не достигаетъ 0,15%, а часть его состоитъ изъ бѣлка и муцина).

Этотъ поразительный результатъ достигается благодаря тому, что птіалинъ принадлежитъ къ особому классу веществъ, весьма распространенныхъ въ живыхъ организмахъ и носящихъ названіе ферментовъ (= бродиль). Въ виду того, что всѣ измѣненія пищевыхъ веществъ внутри пищеварительной трубки вызываются исключительно различными ферментами, необходимо остановиться нѣсколько на этихъ загадочныхъ дѣятеляхъ и выяснить, по возможности, ихъ химическую природу и способъ дѣйствія.

Почти всѣ наши свѣдѣнія о ферментахъ, по крайней мѣрѣ, наиболѣе достоверныя, касаются способа дѣйствія ферментовъ. Химическая же природа ихъ (т. е. вопросъ о томъ, изъ какого именно вещества состоятъ ферменты) мало извѣстна, такъ какъ до сихъ поръ получить ферментъ въ чистомъ видѣ не удалось. Потому и приходится начать съ описаній условій дѣйствія ферментовъ, т. е. ферментаціи или броженія.

Подъ ферментаціей разумѣется такого рода химическая реакція, которая осуществляется благодаря ничтожному количеству дѣятельнаго вещества, бродила или фермента; это ничтожное количество фермента способно производить химическія измѣненія въ очень большомъ, сравнительно, количествѣ матеріала.

Такъ, напримѣръ, растворъ тростниковаго или винограднаго сахара бродитъ, превращаясь въ спиртъ и угольную кислоту послѣ прибавки нѣсколькихъ капель дрожжей, разболтанныхъ въ водѣ; крахмаль превращается въ сахаръ при дѣйствіи очень небольшихъ количествъ солода или слюны. Растворъ пепсина (ферментъ желудочнаго сока), содержащій 1 часть вещества на 60.000 частей воды, перевариваетъ бѣлокъ; несмотря на такое ничтожное содержаніе фермента, весь процессъ перевариванья оканчивается черезъ 6—8 часовъ. Такъ называемый сычужный ферментъ (второй ферментъ желудочнаго сока, вызывающій свертыванье молока) свертываетъ молоко въ количествѣ 1 части фермента на 5.000.000 частей молока. Наиболѣе наглядно то же свойство ферментовъ иллюстрируется слѣдующимъ опытомъ. Въ двѣ стеклянныя воронки плотно набиваютъ фибрина (бѣлокъ, получающійся въ видѣ бѣлыхъ хлопьевъ и нитей при взбиваньи только что выпущенной крови палочкой; см. «кровь»), разбухшаго предварительно въ слабомъ растворѣ соляной кислоты (1 объемъ кислоты на 200 объемовъ воды); обѣ воронки устанавливаются въ помещеніи, имѣющемъ температуру около 40° по Цельсію. Затѣмъ на поверхность фибрина на одной воронкѣ наливаютъ одну каплю глицериноваго настоя свиного желудка (содержащаго пепсинъ). Уже черезъ нѣсколько минутъ пепсинъ, содержащійся въ настоѣ, начинаетъ дѣйствовать на фибринъ, превращая его въ растворимыя вещества, что и сказывается тѣмъ, что изъ воронки начинаютъ падать капли раствора; черезъ нѣсколько часовъ весь фибринъ совершенно растворяется, въ то время какъ въ другой воронкѣ, куда пепсина прибавлено не было, все остается безъ измѣненій.

Такая, почти безграничная, способность ферментовъ производить химическія измѣненія въ нѣкоторыхъ случаяхъ понятна сама собой, въ другихъ требуетъ дальнѣйшаго объясненія.

Выше, приводя примѣры ферментацій, мы сопоставляли въ одну группу такіе процессы, какъ броженіе сахара съ дрожжами и превращеніе крахмала въ сахаръ подъ вліяніемъ солода и проч. Но между этими двумя ферментаціями существуетъ очень важное различіе, состоящее въ томъ, что ферменты спиртового броженія и солода глубоко различаются между собой.

Извѣстно, что бродящій растворъ сахара всегда представляетъ собой болѣе или менѣе мутную жидкость, а черезъ нѣсколько времени на дно сосуда, въ которомъ происходитъ броженіе, опускается яено замѣтный простымъ глазомъ осадокъ, который при микроскопическомъ изслѣдованіи оказывается состоящимъ изъ клѣтокъ, имѣющихъ ядро, способныхъ размножаться почкованіемъ, поглощающихъ кислородъ и выдѣляющихъ угольную кислоту, словомъ, представляющихъ собой живыя единицы.

Ничего подобного въ случаѣ ферментаціи крахмала съ настоемъ солода или слюной не замѣчается; жидкость до самаго конца остается прозрачной, если только предупредить развитіе въ ней попадающихъ изъ воздуха зародышей бактерій (напр., прибавкой къ жидкости нѣсколькихъ кристалковъ тимола). Разсматривая жидкость при помощи сколь угодно сильныхъ увеличеній, мы не откроемъ въ ней ни одного живого организма. Дрожжи легко могутъ быть отфильтрованы отъ жидкости, и фильтратъ не обладаетъ способностью вызывать спиртовое броженіе; наоборотъ, настой солода и слюны, сколько бы разъ мы его не фильтровали, сохраняетъ свою полную силу. Слѣдовательно, возбудителемъ спиртоваго броженія служатъ живыя кѣтки, лишь взвѣшенные въ жидкости, въ слюнѣ же и солодѣ содержится растворимое вещество, такъ называемый птіалинъ или діастазъ, и это растворимое вещество и вызываетъ ферментацію. Соответственно этой разницѣ, отличаютъ ферменты организованные, напр., дрожжи, отъ растворимыхъ или неорганизованныхъ ферментовъ, къ которымъ, между прочимъ, относится и птіалинъ. Первые тѣсно связаны съ живой протоплазмой кѣтки, вторые вырабатываются также въ протоплазмѣ, но затѣмъ выдѣляются изъ кѣтки и дѣйствуютъ уже независимо отъ того, жива или нѣтъ произведшая ихъ кѣтка и даже въ отсутствіи ея <sup>1)</sup>.

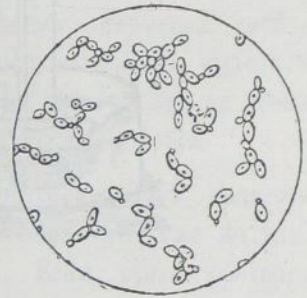


Рис. 52. Дрожжевыя кѣтки.

Различія между организованными и растворимыми ферментами наглядно показываются слѣдующимъ опытомъ.

Извѣстно, что виноградный сахаръ, и нѣкоторые другіе моносахариды способны съ дрожжами бродить, какъ таковые, не превращаясь предварительно въ какое либо новое вещество. Наоборотъ, дисахариды, напр., тростниковый сахаръ, въ неизмѣнномъ видѣ не могутъ подвергаться спиртовому броженію; для этого они предварительно должны быть расщеплены на 2 молекулы моносахаридовъ, которые уже и перебраживаютъ въ спиртъ и угольную кислоту.

Но мы упоминали уже, что достаточно прибавить къ раствору тростниковаго сахара дрожжейъ, чтобы броженіе началось, повидимому, безъ предварительнаго расщепленія на 2 молекулы моносахаридовъ. Это объясняется тѣмъ, что дрожжи выдѣляютъ въ окружающую жидкость растворимый ферментъ, такъ называемый инвертинъ, готовый и расщепляетъ тростниковый сахаръ на плодовый и виноградный. Послѣ этихъ предварительныхъ замѣчаній становится понятнымъ смыслъ слѣдующаго опыта.

<sup>1)</sup> Въ недавнее время Бухлеру удалось показать, что и спиртовое броженіе вызывается неорганизованнымъ ферментомъ, но ферментъ этотъ въ обычныхъ условіяхъ очень интимно связанъ съ протоплазмой и лишь при помощи сложныхъ приспособленій удастся отдѣлить его отъ живой кѣтки. Въ обыкновенныхъ же условіяхъ спиртовое броженіе вызывается живыми дрожжевыми кѣтками.

Во внутренней цилиндръ А (рис. 51), послѣ того какъ нижнее отверстие его затянута пузыремъ или пергаментной бумагой, наливають до краевъ воду, въ которой взболтаны дрожжи. Затѣмъ цилиндръ затыкается пробкой, причемъ

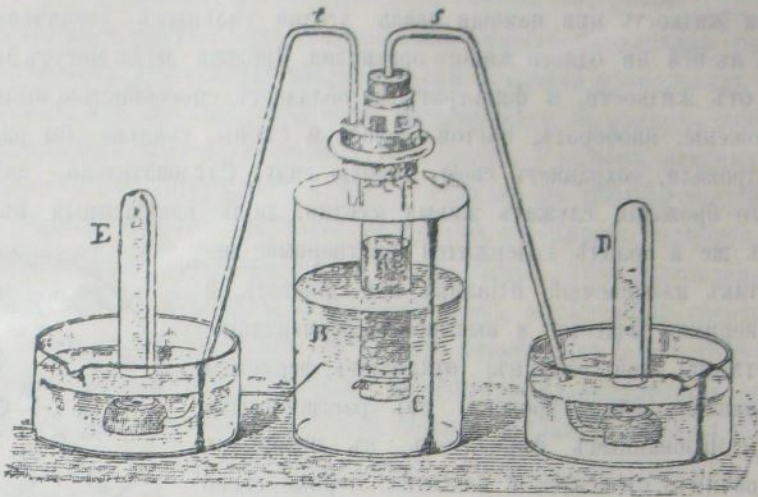


Рис. 51.

жидкость, вытѣсняемая ею, наполнить газоотводную трубку S, такъ что воздухъ въ аппаратъ не будетъ содержаться.

Цилиндръ А при помощи пробки вставляется въ широкогорлую склянку В, въ которую налить 20% растворъ тростниковаго сахара. Газоотводная трубка S подведена подъ отверстие наполненной водой и опрокинутой вверхъ дномъ пробирки D; трубка А, выходящая изъ большой склянки В, подведена подъ пробирку Е.

Черезъ нѣкоторое время въ пробиркѣ D собирается угольная кислота, образующаяся вслѣдствіе спиртоваго броженія сахара, прориффундировавшаго чрезъ перепонку изъ склянки В въ цилиндръ А и встрѣтившагося здѣсь съ дрожжами. Наоборотъ, въ пробиркѣ Е развитія газа не замѣчается вовсе, что доказываетъ, что содержащейся въ склянкѣ В сахаръ не бродитъ. Если, однако, изслѣдовать подробнѣ свойства раствора въ склянкѣ В, окажется, что растворъ содержитъ теперь уже не тростниковый сахаръ, а смѣсь виноградаго сахара съ плодовымъ. Это значитъ, что растворимый ферментъ, инвертинъ, выдѣляемый дрожжами, прориффундировалъ чрезъ перепонку въ склянку В и разложилъ дисахаридъ на моносахариды. Но подвергаться спиртовому броженію въ склянкѣ В эти моносахариды не могли, такъ какъ спиртовое броженіе вызывается лишь организованнымъ ферментомъ, живыми дрожжевыми клѣтками, которыя, конечно, не могли пройти чрезъ перепонку изъ цилиндра А въ склянку В.

Къ броженіямъ, вызываемымъ организованными ферментами, кромѣ спиртоваго, относится маслянокислое, молочнокислое броженіе сахара, уксуснокислое броженіе спирта и проч.

Возвращаясь къ вопросу о причинѣ безграничности дѣйствія ферментовъ, намъ теперь легко понять эту безграничность въ случаѣ организованныхъ ферментовъ, такъ какъ эти послѣдніе, будучи, подобно всякой живой клѣткѣ, способны размножаться, вслѣдствіе этого, конечно, могутъ съ теченіемъ времени переработать какое угодно количество доставляемаго имъ матеріала.

Но для пищеваренія наибольшее значеніе имѣютъ не организованные, а растворимые ферменты. Спрашивается, какъ объяснить себѣ способность этихъ послѣднихъ перерабатывать громадныя, въ сравненіи съ ихъ вѣсомъ, массы химическаго матеріала?

Объясняется это тѣмъ, что растворимые ферменты по окончаніи ферментации не уничтожаются, не потребляются; другими словами, ферментъ, войдя въ реакцію и вызвавъ цѣлый рядъ глубокихъ химическихъ измѣненій, выходитъ изъ реакціи въ неизмѣненномъ видѣ и можетъ, конечно, дѣйствовать на новыя порціи вещества совершенно такъ, какъ дѣйствовать на первыя порціи.

Для иллюстраціи этого свойства ферментовъ я позволяю себѣ привести слѣдующій примѣръ. Свертываніе выпущенной крови, какъ мы уже видѣли, принадлежитъ также къ ферментативнымъ процессамъ. Если взять растворъ фермента, производящаго свертыванье крови, и смѣшать его съ только что выпущенной кровью или, лучше, только съ жидкой ея частью, такъ называемой плазмой, тотчасъ же произойдетъ ферментация, въ результатъ которой выдѣлится свертокъ; отдѣливши свертокъ отъ жидкости, прильемъ къ послѣдней новую порцію плазмы; ферментъ, уже произведшій одинъ разъ свертыванье не потребляется и вызываетъ свертыванье съ этой вновь прибавленной жидкостью. Зновъ отдѣляемъ свертокъ, прибавляемъ новую порцію плазмы, наступаетъ новое свертыванье и т. д. Ал. Шмидтъ продѣлывалъ съ однимъ и тѣмъ же растворомъ фермента до семи послѣдовательныхъ свертываній; подъ конецъ ферментативная способность жидкости, правда, нѣсколько ослабѣла, но это зависитъ не отъ разрушенія фермента, а отъ того, что часть его механически задерживается сверткомъ и, при выдѣленіи послѣдняго изъ жидкости, удаляется изъ сферы реакціи.

Всѣ ферментативныя реакціи стоятъ въ очень тѣсной зависимости отъ температуры. При охлажденіи до 0° большинство ферментаций останавливается совершенно. Но даже и еще болѣе сильное охлажденіе не разрушаетъ фермента, такъ что достаточно вслѣдъ затѣмъ повысить температуру, чтобы зновъ началась ферментация, которая идетъ далѣе тѣмъ интенсивнѣе, чѣмъ выше температура, но, впрочемъ, лишь до извѣстнаго предѣла, за которымъ дальнѣйшее повышение температуры не только не благоприятствуетъ, но даже вредитъ ферментации. Температура, наиболѣе выгодная для ферментации, для различныхъ ферментовъ неодинакова. Такъ, для птѣлина она равняется 46° Цельсія, для солодоваго діастаза — 60°. При поднятіи температуры выше этихъ пунктовъ, ферментация мало по малу замедляется и, наконецъ, при температурѣ кипѣнія

воды (а иногда и ниже) брожение прекращается, и уже навсегда, такъ какъ кипяченіе разрушаетъ ферментъ.

Нѣкоторые ферменты для проявленія своего дѣйствія требуютъ присутствія постороннихъ веществъ. Такъ, ферментъ поджелудочной железы всего энергичнѣе дѣйствуетъ въ присутствіи соды, пенсиль перевариваетъ бѣлки только въ присутствіи кислоты.

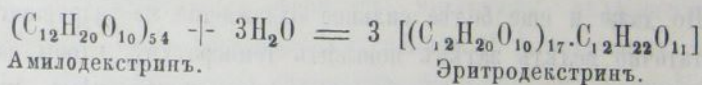
Измѣненія, вызываемыя ферментами въ различныхъ веществахъ, всего проще выяснитъ на примѣрѣ дѣйствія слюннаго птіалина на крахмалъ. Подъ вліяніемъ птіалина крахмалъ разлагается и, переходя черезъ рядъ промежуточныхъ продуктовъ, въ концѣ концовъ даетъ сахаръ. Мы видѣли, что подобная этой реакція происходитъ при кипяченіи крахмала съ кислотами, и охарактеризовали эту реакцію, какъ гидролизъ, т. е. расщепленіе сложнаго соединенія на болѣе простыя вещества, связанное съ вступленіемъ воды въ частицу.

Почти всѣ извѣстные до сихъ поръ ферменты (и, во всякомъ случаѣ, всѣ пищеваарительные ферменты), подобно птіалину, производятъ исключительно гидролитическое расщепленіе сложныхъ соединеній на ихъ составныя части.

Изслѣдуя подробно продукты реакціи между птіалиномъ и крахмаломъ<sup>1)</sup>, можно замѣтить въ первыхъ стадіяхъ процесса образованіе изъ крахмала новаго углевода, обладающаго еще очень большой частицей, и потому коллоидальнаго, но дающаго уже жидкій растворъ и менѣе сложнаго, чѣмъ крахмалъ. Молекула крахмала имѣетъ колоссальную величину, выражаемую формулой  $C_{1200}H_{2000}O_{1000}$ ; упомянутый углеводъ, являющійся ближайшимъ продуктомъ расщепленія крахмала при дѣйствіи слюны, отвѣчаетъ формулѣ, почти вдвое меньшей  $C_{648}H_{1080}O_{540}$ ; это такъ называемый амилодекстринъ (амилон—крахмалъ; декстер—правый; декстринами называются всѣ вообще коллоидальные продукты гидролитическаго расщепленія крахмала, потому что они вращаютъ плоскость поляризаціи луча свѣта вправо).

Амилодекстринъ окрашивается іодомъ, подобно крахмалу, въ темносиній цвѣтъ, но, какъ сказано, даетъ уже не клейстеръ, а жидкій растворъ и можетъ быть полученъ даже въ кристаллахъ.

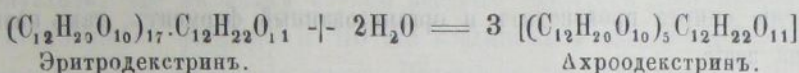
Амилодекстринъ, воспринимая вновь воду, расщепляется на 3 молекулы эритродекстрина, дающаго съ іодомъ красное окрашиванье (откуда и названіе: эритрос==красный).



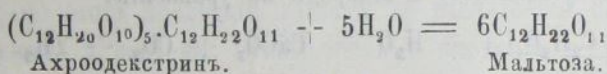
Эритродекстринъ, въ свою очередь, вновь подвергается гидролизу, въ результатъ котораго является новый, еще болѣе простой углеводъ, обладающій уже слабо-сладкимъ вкусомъ (крахмалъ, амилодекстринъ и эритродекстринъ безвкус-

<sup>1)</sup> Дѣйствіе птіалина на крахмалъ изложено въ дальнѣйшемъ по работѣ Lintner'a и Düll'я (Tollens. Handbuch der Kollebyndrate, II томъ).

ны), т. е. приближающийся къ сахару, такъ называемый ахроодекстринь. Это названіе происходитъ отъ греческаго слова ахроос = безцвѣтный, потому что ахроодекстринь съ іодомъ не даетъ цвѣтной реакціи. Образованіе ахроодекстрина изъ эритродекстрина происходитъ по уравненію:

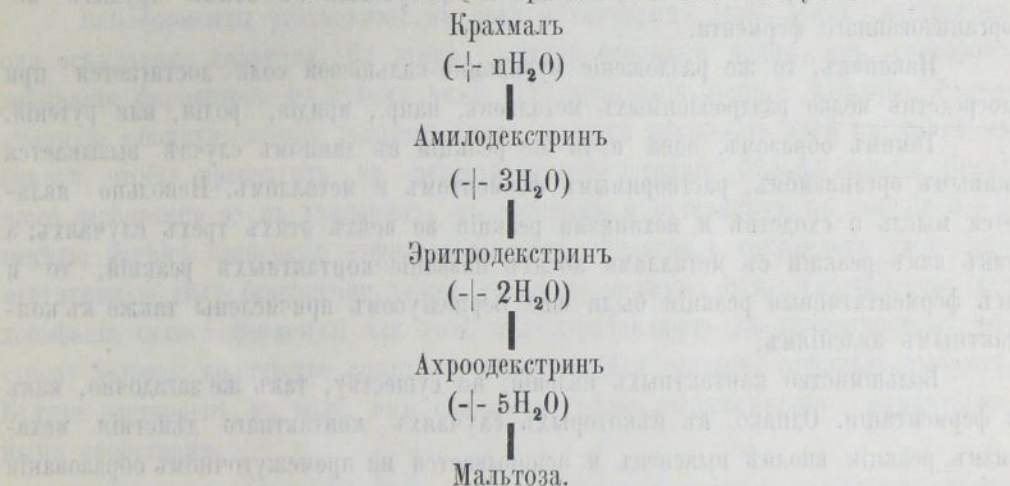


Наконецъ, ахроодекстринь, воспринимая 5 частицъ воды, расщепляется на 6 молекулъ мальтозы, или солодового сахара



Дальше мальтозы расщепленіе подъ вліяніемъ птїалина не идетъ, и въ этомъ состоитъ отличіе ферментативнаго гидролиза крахмала отъ кислотнаго гидролиза, гдѣ, какъ мы видѣли выше, мальтоза расщепляется далѣе на 2 молекулы винограднаго сахара.

Такимъ образомъ, послѣдовательный ходъ расщепленія крахмала при дѣйствіи на него птїалина можетъ быть изображенъ въ видѣ слѣдующей схѣмы:



Подобнымъ же образомъ, вызывая гидролитическое расщепленіе, дѣйствуютъ и другіе извѣстные ферменты.

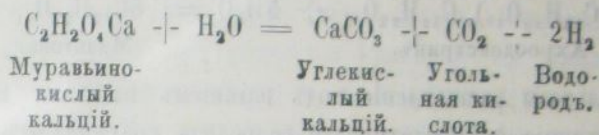
Что касается самого механизма дѣйствія ферментовъ, надо сознаться, что въ этомъ отношеніи до сихъ поръ точныхъ данныхъ не имѣется и попытки объясненія этого темнаго вопроса отчасти основаны на аналогіяхъ, отчасти имѣють лишь гипотетическое значеніе.

Въ химіи извѣстенъ цѣлый рядъ реакцій, имѣющихъ нѣкоторыя черты сходства съ ферментативными реакціями. Сюда относятся, напр., всѣ такъ называемыя контактные или каталитическія реакціи, примѣромъ которыхъ можетъ служить слѣдующій процессъ. Если привести въ соприкосновеніе винный спиртъ съ кислородомъ въ присутствіи мелко раздробленной платины, спиртъ окисляется въ уксусную кислоту; въ отсутствіи платины окисленіе не происхо-



дять. Платина же, служащая какъ бы посредникомъ между кислородомъ и спиртомъ, по окончаніи реакціи остается безъ всякаго измѣненія, такъ что кажется, какъ будто бы она вызываетъ реакцію просто вслѣдствіе одного прикосновенія (контакта), непосредственнаго же участія въ реакціи не принимаетъ. Подобное же окисленіе спирта производить и организованный ферментъ, такъ называемый *mycoderma aceti*.

Другой примѣръ. Муравьинокислый кальцій подь влияніемъ нѣкоторыхъ бактерій, т. е. организованнаго фермента, разлагается, воспринимая воду, на углекислый кальцій, углекислоту и водородъ по уравненію:



Но та же самая реакція можетъ происходить и въ отсутствіи живой клѣтки, при помощи растворимаго фермента, образуемаго въ упомянутыхъ бактеріяхъ; если предварительно убить бактеріи эвиромъ, реакція идетъ и съ трупами этихъ бактерій, очевидно, вслѣдствіе присутствія въ этихъ трупахъ неорганизованнаго фермента.

Наконецъ, то же разложеніе муравьино-кальціевой соли достигается при посредствѣ мелко раздробленныхъ металловъ, напр., иридія, родія, или рутенія.

Такимъ образомъ, одна и та же реакція въ данномъ случаѣ вызывается живымъ организмомъ, растворимымъ ферментомъ и металломъ. Невольно является мысль о сходствѣ и механизма реакціи во всѣхъ этихъ трехъ случаяхъ; а такъ какъ реакціи съ металлами носятъ названіе контактныхъ реакцій, то и всѣ ферментативныя реакціи были еще Берцеліусомъ причислены также къ контактнымъ явленіямъ,

Большинство контактныхъ явленій, по существу, такъ же загадочно, какъ и ферментации. Однако, въ нѣкоторыхъ случаяхъ контактнаго дѣйствія механизмъ реакціи вполне выясненъ и основывается на промежуточномъ образованіи непрочныхъ химическихъ соединеній съ дѣйствующимъ контактно тѣломъ.

Къ числу контактныхъ явленій относится, между прочимъ, разложеніе перекиси водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) на кислородъ и воду, вызываемое окисями металловъ. Проф. Шёне показалъ, что окиси металловъ превращаются въ этомъ случаѣ въ перекиси, а эти послѣднія образуютъ соединенія съ перекисью водорода. Но это соединеніе очень непрочное и легко разлагается, при чемъ перекись металла, отдавая кислородъ, вновь превращается въ окись, а эта послѣдняя можетъ вступить въ реакцію съ новой порціей перекиси водорода и т. д.; въ результатъ будетъ полное разложеніе перекиси водорода, а окись металла по окончаніи реакціи выходитъ изъ нея въ неизмѣненномъ видѣ.

Въ подобномъ же смыслѣ объясняютъ себѣ нѣкоторые ученые и механизмъ ферментации, предполагая, что ферментъ образуетъ съ ферментирующимъ веществомъ непрочное химическое соединеніе, которое очень легко разлагается.

Извѣстно, что пепсинъ (ферментъ желудочнаго сока) настолько прочно соединяется съ нѣкоторыми бѣлками, напр. фибриномъ, что удалить изъ фибрина ферментъ простымъ промываніемъ оказывается совершенно невозможно; приходится допустить, что въ этомъ случаѣ пепсинъ образуетъ дѣйствительно химическое соединеніе съ фибриномъ. Но это соединеніе очень неустойчиво и легко разлагается на свои составныя части. Разлагаясь же, оно освобождаетъ съ одной стороны свободный пепсинъ, способный вызывать ферментацію въ новыхъ порціяхъ матеріала; съ другой стороны долженъ бы отщепиться исходный бѣлокъ—фибринъ; но этотъ послѣдній тотчасъ же распадается на болѣе простыя вещества—альбумозы и пептоны. Освободившійся ферментъ вступаетъ въ соединеніе съ новымъ количествомъ фибрина, образуя опять непрочное соединеніе съ послѣднимъ, которое также распадается, выдѣляя вновь свободный ферментъ и т. д. и т. д.

Что касается химическихъ свойствъ вещества, изъ котораго состоятъ ферменты, то, какъ было уже упомянуто, наши свѣдѣнія въ этомъ отношеніи оставляютъ желать еще многого.

Всѣ ферменты растворимы въ водѣ и глицеринѣ, изъ этихъ растворовъ они осаждаются спиртомъ. На этомъ свойствѣ основанъ одинъ изъ способовъ добыванія ферментовъ въ сухомъ видѣ. Для добыванія, напр., птіалина подчелюстную слюнную железу рогатаго скота держать нѣсколько дней въ крѣпкомъ спиртѣ, чтобы превратить въ нерастворимое состояніе бѣлки железы. Послѣ этого переносить ее въ глицеринъ, въ которомъ и оставляютъ въ теченіи 2—3 недѣль; затѣмъ глицеринъ отфильтровываютъ. Фильтратъ сохраняетъ свою ферментативную силу безконечно долгое время и можетъ быть употребленъ для добыванія сухого фермента; для этой цѣли прибавляютъ къ глицериновому раствору большое количество спирта и образующійся осадокъ отфильтровываютъ. Будучи растворенъ въ водѣ, онъ обладаетъ рѣзко выраженными ферментативными свойствами,

Существуютъ многочисленныя попытки путемъ анализа подобныхъ сухихъ препаратовъ ферментовъ выяснить химическую природу ихъ. Но надо замѣтить, что, въ большинствѣ случаевъ, эти препараты очень нечисты и содержатъ большое количество примѣсей, которыя дѣлаютъ почти невозможнымъ правильное сужденіе о характерѣ того вещества, которое мы обозначаемъ словомъ ферментъ. Однако, очень многіе ферменты по составу близко подходятъ къ бѣлкамъ; въ тѣхъ же случаяхъ, когда составъ ихъ уклоняется отъ состава бѣлковъ, доказано, что анализируемый ферментъ содержитъ большія количества углеводовъ, какъ примѣсь.

На основаніи этого, многими химиками было высказано предположеніе, что ферменты суть не что иное, какъ свособразно измѣненные бѣлки.

Бѣлковый характеръ ферментовъ до извѣстной степени стоитъ въ соответствіи съ способомъ образованія ферментовъ въ протоплазмѣ клѣтки.

Многочисленныя изслѣдованія на различныхъ железистыхъ аппаратахъ показали, что выработка ферментовъ въ клѣткѣ сопровождается не только измѣненіемъ ея химическаго состава, но и перемѣнами въ строеніи ея протоплазмы и ядра. Уже давно на нѣкоторыхъ железахъ было замѣчено, что въ періодъ покоя въ отдѣльныхъ клѣткахъ железа накаплиются мельчайшія бѣлковыя зернышки, заполняющія собою иногда почти все пространство клѣточного тѣла; послѣ усиленной работы железа количество зернышекъ значительно убываетъ, или, наконецъ, они исчезаютъ совершенно изъ клѣтки; въ виду того, что эти зернышки видимымъ образомъ переходятъ отдѣляемый железой сокъ (секретъ, т. е. отдѣляемое), эти бѣлковыя зернышки считаются матеріаломъ для образованія ферментовъ и называются зернышками зимогена; это названіе (зимогенъ=ферментородъ) означаетъ, что железистая клѣтка вырабатываетъ не готовый ферментъ, а лишь вещество, которое подъ вліяніемъ нѣкоторыхъ реактивовъ, на примѣръ, разведенныхъ кислотъ, способно превращаться въ ферментъ.

Въ недавнее время Миславскому и Смирнову на подчелюстной железѣ собаки, вырабатывающей, между прочимъ, пѣалинъ, удалось также показать выработку зернышекъ и выдѣленіе ихъ въ секретъ.

Подчелюстная железа собаки принадлежитъ къ типу такъ называемыхъ слизистыхъ железъ. На микроскопическомъ срѣзѣ дольки такой железы можно видѣть, что центръ дольки выполненъ слабо окрашивающимися, содержащими протоплазматическую сѣточку, клѣтками, физиологическая роль которыхъ состоитъ въ выработкѣ слизи (муцина). По периферіи же дольки расположены гораздо сильнѣе окрашивающіяся красками клѣтки, носящія, благодаря своей формѣ, названіе полулуній Джіануцци (по имени автора, описавшаго ихъ). Долгое время эти полулунія считались лишь резервнымъ матеріаломъ железы, задача котораго состоитъ въ замѣнѣ гибнущихъ во время работы слизистыхъ клѣтокъ;

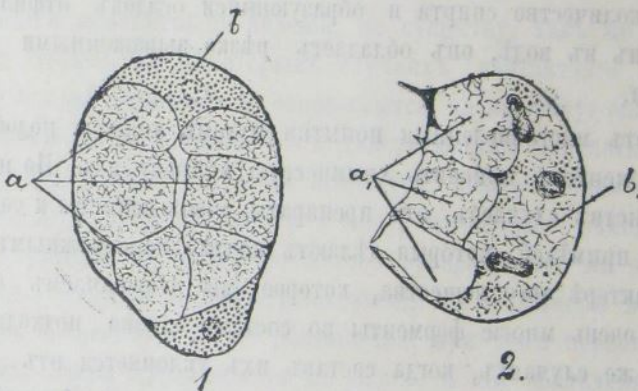


Рис. 52.

Подчелюстная железа собаки. 1. покойная. 2. послѣ усиленной дѣятельности; а—слизистыя клѣтки, а<sub>1</sub>—онѣ же почти совершенно разрушившіяся во время отдѣлительной работы, б—полулунія Джіануцци, наполненные въ покойномъ состояніи зернышками, б<sub>1</sub>—полулунія, отдавшія во время дѣятельности железы почти всѣ свои зернышки въ секретъ.

предполагалось, что, становясь на мѣсто этихъ послѣднихъ, полудунія въ свою очередь начинаютъ вырабатывать въ своей протоплазмѣ муцинь и превращаются, такимъ образомъ, въ зрѣлыя слизистыя клѣтки. Но названные изслѣдователи убѣдились, что оба элемента слизистой железы, какъ слизистыя клѣтки, такъ и полудунія работаютъ одновременно; первыя выдѣляютъ муцинь, вторыя посылаютъ въ секретъ накопленныя въ ихъ протоплазмѣ зернышки (предположительно, зернышки зимогена).

Въ другихъ слюнныхъ железахъ замѣчаются подобныя же измѣненія во время отдѣленія слюны; сущность этихъ измѣненій сводится къ тому, что железистая клѣтка опоражнивается въ моменты дѣятельности запасъ специфическихъ продуктовъ (слизи, ферментовъ), накопленныхъ въ періоды покоя; такимъ образомъ, покойная клѣтка подъ микроскопомъ представляется наполненной специфическими составными частями, дѣятельная—содержитъ лишь неизмѣненную протоплазму.

Различныя слюнные железы отличаются другъ отъ друга по строенію; въ однихъ присутствуютъ слизистыя клѣтки, въ другихъ ихъ нѣтъ. Соотвѣтственно этой разницѣ въ строеніи, и слюна, получаемая изъ различныхъ железъ, различается какъ по физическимъ, такъ и по химическимъ свойствамъ.

Для добыванія слюны непосредственно изъ выводного протока железы у животныхъ обнажаютъ соотвѣтственный протокъ разрѣзомъ, вскрываютъ его стѣну и вставляютъ въ разрѣзъ тонкую трубочку, такъ называемую канюлю.

Но со стороны полости рта такую трубочку можно ввести въ протокъ и у человѣка. Для полученія слюны изъ подчелюстной и подъязычной железы, широко открывши ротъ и закинувши кончикъ языка къ небу, вдвуютъ въ ротъ небольшое количество эфирныхъ паровъ и (стоя передъ зеркаломъ) вводятъ тоненькую трубочку въ отверстіе двухъ маленькихъ сосочковъ, лежащихъ подъ языкомъ съ обѣихъ сторонъ средней линіи; сосочки эти легко замѣтить благодаря тому, что изъ нихъ выдѣляется слюна.

Для введенія канюли въ протокъ околоушной железы нужно воспользоваться помощью другого лица. Уголь рта оттягивается впередъ и кнаружи; затѣмъ на внутренней поверхности щеки, на уровнѣ второго верхняго коренного зуба отыскивается сосочекъ съ отверстіемъ протока околоушной железы; наполнивши протокъ слюной при помощи эфирныхъ паровъ, вводятъ въ протокъ канюлю.

Околоушная железа не содержитъ слизистыхъ клѣтокъ, она принадлежитъ къ типу такъ называемыхъ серозныхъ <sup>1)</sup> железъ. Соотвѣтственно этому и секретъ ея представляется въ видѣ прозрачной, щелочной, не тянущейся въ нити жидкости, содержащей стѣды бѣлка, но не содержащей муцина. По Гоппе-

<sup>1)</sup> Или бѣлковыхъ, потому что отдѣляемое ея содержитъ небольшое количество бѣлка.

Зейлеру, околоушная слюна человека содержит 99,32% воды и 0,68% твердых веществ, из которых половина приходится на органические вещества, другая половина на соли.

Отделение слюны околоушной железой стоит в непосредственной зависимости от жевательных движений, что легко можно наблюдать на животных, у которых сделана операция так называемой слюнной фистулы, т. е. отверстие протока околоушной железы вшито в кожу. У жвачных животных, которые, как известно, пережевывают пищу то одной, то другой стороной челюсти, можно наблюдать, что и слюна отделяется из околоушной железы той стороны, на которой в данный момент происходит жевание.

Подчелюстная и подъязычная слюны представляют прозрачные, также щелочной реакции, тянущиеся в нити жидкости (вследствие присутствия в них муцина). Подъязычная слюна настолько тягуча, что к ней почти неприменимо название жидкости; всего правильнее сравнить ее со слизью, одевающей лягушечью икру.

Состав этих двух родов слюны выражается следующими цифрами (анализировалась только собачья слюна, так как у человека без операции невозможно отделить подчелюстную слюну от подъязычной).

В 100 частях слюны находится:

	Воды	Органич. вещ.	Солей.
Въ подъязычной слюнѣ . . . .	97,88—99,63	0,19—0,43	0,94—1,34
Въ подчелюстной слюнѣ . . . .	99,13%	0,24%	0,63%

Наконец, четвертая составная часть смешанной слюны вырабатывается мелкими железами, расположенными в слизистой оболочке рта; часть их принадлежит к серозным, часть к слизистым железам. Отделение этих желез получается в чистом виде в том случае, если перевязать или отвести наружу протоки всех больших слюнных желез. Биддеру и К. Шмидту удалось собрать слизь, в очень небольшом количестве покрывающую при такой постановке опыта поверхность ротовой полости.

100 частей этой слизи содержат:

Воды . . . . .	99,00%
Органич. вещ. . . . .	0,38%
Солей . . . . .	0,62%

Чтобы покончить со слюной, нам остается сказать несколько слов о ее пищеварительном значении, о той роли, которая выпадает на ее долю среди других пищеварительных жидкостей.

Как сказано выше, пищеварительные свойства слюны могут проявляться лишь на одной группе питательных веществ, высших углеводов

(главнымъ образомъ, крахмалъ), которые подь вліяніемъ птіалина превращаются въ мальтозу. Но и по отношенію къ углеводамъ значеніе слюны очень невелико, такъ какъ ея дѣйствіе ограничивается очень короткимъ временемъ, начиная съ принятія пищи въ ротъ и кончая поступленіемъ ея въ желудокъ. Въ желудкѣ пищевой комокъ, пропитанный слюной, встрѣчается съ сильно кислой жидкостью — желудочнымъ сокомъ; дѣйствіе слюны здѣсь весьма скоро прекращается нацѣло, такъ какъ кислота желудочнаго сока разрушаетъ птіалинъ, и перевариванье углеводовъ временно останавливается, чтобы вновь начаться уже въ кишечникѣ подь вліяніемъ новаго пищеварительнаго сока.

Естественно, что за столь короткое время слюна не можетъ проявить пищеварительнаго дѣйствія въ сколько-нибудь замѣтной степени, а потому большинство физиологовъ приписываютъ слюнѣ не химическое, а механическое значеніе. Какъ слизистая жидкость, обволакивающая пищевой комокъ, слюна въ значительной степени содѣйствуетъ проглатыванью пищи; насколько важна эта механическая роль слюны, каждый можетъ убѣдиться на самомъ себѣ, если, обтеревши предварительно до суха полость рта, попробуетъ проглотить нежеванный кусокъ хлѣба—задача положительно невозможная.

Вопросъ о пищеварительной роли слюны пробовали, между прочимъ, рѣшать и при помощи прямыхъ опытовъ; собаки съ фистулами всѣхъ слюнныхъ протоковъ, т. е. когда вся слюна отводилась наружу, повидимому, не чувствовали отъ этого никакого неудобства; не смотря на то, что слюна была совершенно исключена, пищевареніе ихъ совершалось нормально, замѣчено было лишь, что животныя употребляли во время ѣды большія количества воды, при помощи которой они замѣняли недостающую имъ слюну для смачиванья пищи.

Наконецъ, мнѣніе объ исключительно механической роли слюны подтверждается еще и тѣмъ фактомъ, что морскія млекопитающія, каковы, на примѣръ, китообразныя и морскія собаки, не имѣютъ вовсе слюнныхъ железъ, слюна имъ не нужна, такъ какъ ихъ пища и безъ того обильно смочена водой.

---

## Желудочный сокъ.

Изъ полости рта черезъ пищеводъ пища поступаетъ въ обширный резервуаръ—желудокъ, который у человѣка имѣетъ лишь одну общую полость, у нѣкоторыхъ же другихъ животныхъ (жвачныхъ) подраздѣленъ на нѣсколько отдѣловъ.

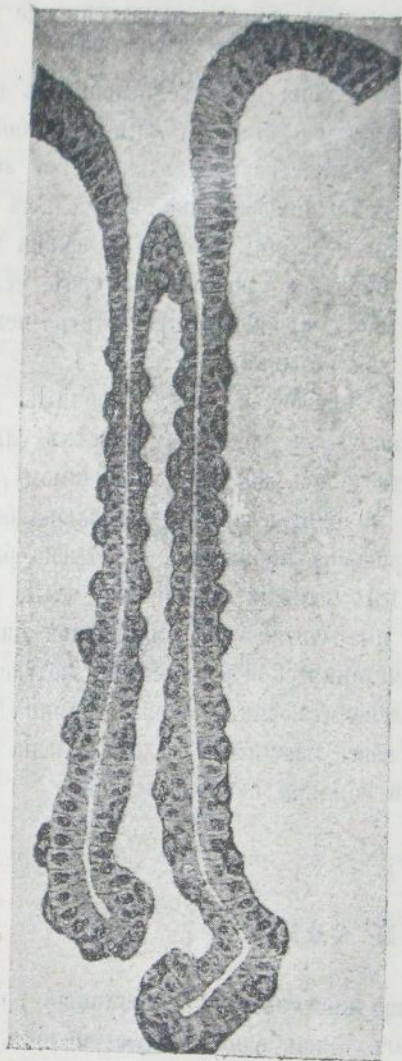
Слизистая оболочка, одѣвающая внутреннюю поверхность желудка, покрыта слоемъ цилиндрическихъ эпителиальныхъ клѣтокъ, среди которыхъ тамъ и сямъ включены такъ называемыя бокаловидныя клѣтки, содержащія слизисто-перерожденную протоплазму и являющіяся источникомъ желудочной слизи; слизь всегда присутствуетъ въ желудкѣ, хотя и не въ большихъ количествахъ, при

и въ некоторыхъ же заболѣваніяхъ (каттаръ желудка) слизь мощнымъ слоемъ покрываетъ стѣнки желудочной полости.

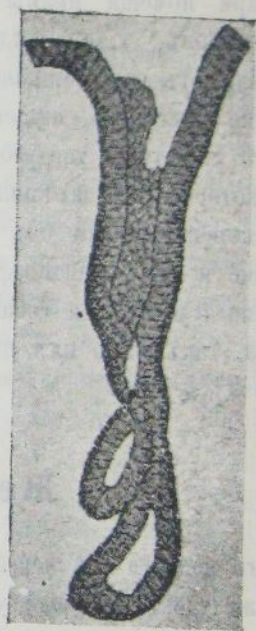
Наиболѣе интересными элементами слизистой оболочки желудка являются железы, которыя въ различныхъ областяхъ желудка имѣютъ неодинаковое устройство.

Изъ анатоміи извѣстно, что въ желудкѣ отличаютъ область дна (fundus), занимающую большую часть большой и малой кривизны желудка, и область выхода (pylorus), граничащую со слѣдующимъ отдѣломъ кишечника—двѣнадцатиперстной кишкой.

Железы той и другой части желудка представляются въ видѣ трубчатыхъ, иногда развѣтвленныхъ образований. Въ выходной части желудка онѣ состоятъ исключительно изъ свѣтлыхъ кубическихъ клѣтокъ; въ области дна желудка кромѣ кубическихъ свѣтлыхъ клѣтокъ, которыя образуютъ главную массу железъ и называются поэтому глав-



1



2

Рис. 53.—1. Железы дна.—2. Железы выхода.

ными клѣтками, содержатся еще кругловатыя темныя клѣтки, носящія названіе обкладочныхъ, такъ какъ онѣ расположены по наружной поверхности железъ.

Желудок издавна привлекалъ къ себѣ вниманіе всѣхъ изслѣдователей, и научная физиологія пищеваренія началась съ разработки именно желудочнаго пищеваренія. Благодаря этому, и въ настоящее время эта стадія пищеварительныхъ процессовъ изучена полнѣе и совершеннѣе другихъ.

Первые изслѣдователи (Спалланцани) для добыванія желудочнаго сока вскрывали желудокъ только что убитаго животнаго и собирали содержащуюся въ немъ жидкость; разумѣется, такой способъ крайне неудобенъ, такъ какъ для полученія небольшого количества сока требовалось всякій разъ жертвовать животнымъ. Поэтому, уже въ то время старались избѣжать этого и обращались къ другимъ способамъ, заставляя, напримѣръ, животное глотать привязанныя на ниткѣ губки; пропитанная сокомъ губка за нитку вытягивалась наружу; выжиманіемъ удавалось получить изъ нея небольшое количество сока.

Но, конечно, и этимъ путемъ сколько-нибудь значительныхъ количествъ сока получить не удавалось; поэтому, наблюденія Бомона, имѣвшаго въ своихъ рукахъ пациента съ желудочной фистулой (т. е. отверстіемъ, ведущимъ съ поверхности кожи прямо въ полость желудка) въ свое время произвели настоящій переворотъ въ ученіи о желудочномъ пищевареніи.

Слѣдующая случайность доставила Бомону возможность произвести свои наблюденія. Алексисъ Сень-Мартенъ, коммивояжеръ американской компаніи для торговли пушнымъ товаромъ, получилъ рану въ подложечную область вълѣдствіе случайнаго выстрѣла изъ заряженнаго дробью ружья; зарядъ раздробилъ 5-е и 6-е ребро и прошелъ черезъ нижнюю долю лѣваго легкаго и діафрагму въ желудокъ. Несмотря на почти двухлѣтнее лѣченіе, закрыть образовавшуюся фистулу не удалось, но она и не причиняла Сень-Мартену большого беспокойства, такъ какъ закрывалась изнутри свѣшивающейся сверху складкой слизистой оболочки.

Бомонъ взялъ Сень-Мартена въ лакеи и воспользовался имъ для своихъ наблюденій, давшихъ ему, между прочимъ, возможность впервые увидѣть и описать чистый желудочный сокъ человѣка.

«Чистый желудочный сокъ, полученный изъ желудка здороваго человѣка и свободный отъ всякихъ примѣсей (исключая развѣ небольшое количество слизи, которая почти всегда примѣшивается къ соку), представляетъ собой свѣтлую, прозрачную жидкость, безъ запаха, слегка соленого и въ то же время ясно кисловатаго вкуса. Она смѣшивается съ водой и спиртомъ, съ углекислыми щелочами выдѣляетъ пузырьки газа и является энергичнымъ растворителемъ пищевыхъ веществъ». Такъ описываетъ Бомонъ свойства полученнаго имъ желудочнаго сока.

Черезъ нѣсколько лѣтъ послѣ наблюденій Бомона московскій хирургъ Басовъ впервые наложилъ искусственную желудочную фистулу на собакѣ, и съ тѣхъ поръ эта операція, усовершенствованная трудами К. л. Бернара и И. П. Павлова, слѣдалась могучимъ орудіемъ изслѣдованія желудочнаго пищеваренія.



Операция желудочной фистулы состоитъ, въ сущности, въ томъ, что сначала разрезаютъ брюшныя покровы, затѣмъ желудочную стѣнку и края второй раны пришиваютъ къ краямъ кожной раны; для удобства въ образованное такимъ образомъ искусственное отверстіе вставляютъ металлическую трубку.

Однако, желудочный сокъ, получаемый изъ такой фистулы, никогда не можетъ быть чистымъ, такъ какъ къ нему примѣшивается проглоченная животнымъ слюна.

Для избѣжанія загрязненія слюной, ити перевязываютъ выводные протоки вѣхъ слюнныхъ железъ или, по предложенію И. П. Павлова, кромѣ фистулы желудка накладываютъ еще пищеводную фистулу. Последняя операция состоитъ въ томъ, что пищеводъ на шеѣ перерѣзается пополамъ, и оба отрѣзка вшиваются въ кожную рану. Оперированное такимъ образомъ животное хватается, пережевываетъ и глотаетъ пищу совершенно такъ, какъ и здоровая собака; но проглоченная пища тотчасъ же вываливается черезъ верхнее отверстіе пищеводной фистулы наружу. А въ то время, когда животное пережевываетъ пищу, полость желудка обильно наполняется сокомъ, который и можетъ быть собранъ чрезъ желудочную фистулу. Питаніе такого животного совершается чрезъ нижнее отверстіе пищеводной фистулы, въ которое вставляется длинная, доходящая до желудка, резиновая трубка; чрезъ нее и вводятъ въ желудокъ полужидкую пищу.

Чистый желудочный сокъ представляетъ собой безцвѣтную или лишь слабожелтоватую жидкость, содержащую (у собаки, по анализамъ К. Шмидта):

Воды . . . . .	97,3%
Органич. вѣщ. . . . .	1,7%
Нсорганич. вѣщ. . . . .	1,0%

Характернымъ свойствомъ желудочнаго сока является его сильно кислая реакція; онъ окрашиваетъ въ рѣзко красный цвѣтъ синюю лакмусовую бумажку, съ содой, какъ упомянуто выше, выдѣляетъ пузырьки угольной кислоты, растворяетъ мѣль, словомъ, относится къ различнымъ реактивамъ совершенно такъ, какъ растворъ довольно энергичной кислоты.

Это свойство желудочнаго сока тѣмъ болѣе замѣчательно, что вѣ почти ткани и жидкости нашего тѣла щелочной реакціи и, если среди нихъ и есть исключенія (такъ, утомленная мышца, кора мозга, моча окрашиваютъ синій лакмусъ въ красный цвѣтъ), то во вѣхъ этихъ случаяхъ кислая реакція зависитъ отъ присутствія не свободной кислоты, а кислаго фосфорнокислаго калия. Въ желудочномъ же сокѣ присутствіе свободной кислоты было доказано еще Прютомъ (въ 1824 году); Прютъ подвергъ желудочный сокъ перегонкѣ и въ перегонѣ получилъ кислую жидкость. Очевидно, что въ желудочномъ сокѣ сохранилась свободная, летучая кислота, такъ какъ, еслибы кислотныя свойства сока зависѣли отъ кислой соли, послѣдняя не могла бы перейти въ перегонѣ.

Мнѣнія о природѣ кислоты желудочнаго сока долгое время были весьма противорѣчивы. Уже Прютъ при помощи реакціи съ серебряной солью доказалъ,

что кислота желудочнаго сока есть не что иное, какъ хлористоводородная кислота <sup>1)</sup>. Но его доказательства долгое время оспаривались съ различныхъ точекъ зрѣнія; указывали, напр., что такую же реакцію съ серебряной солью даетъ синильная кислота, а эта послѣдняя могла получиться въ опытѣ Прюта въслѣдствіе разложенія органическихъ веществъ желудочнаго сока.

Неопровержимое доказательство въ пользу взгляда Прюта было дано путемъ точнаго количественнаго анализа, произведеннаго К. Шмидтомъ.

Чтобы понять сущность приѣма Шмидта, надо замѣтить, что при помощи нашихъ аналитическихъ методовъ мы не можемъ однимъ анализомъ опредѣлить, напр., количество какой нибудь соли, а должны отдѣльно опредѣлять количество металла и кислоты, входящихъ въ составъ этой соли. Положимъ, мы имѣемъ растворъ хлористаго натрія (NaCl). Точный анализъ этого раствора состоитъ въ томъ, что въ одной порціи раствора отдѣляютъ натрій, въ другой—хлоръ, и затѣмъ, на основаніи полученныхъ результатовъ, высчитываютъ, какое именно соединеніе находится въ растворѣ. По формулѣ NaCl (Na—23, Cl—35,5) высчитывается, что на 1 часть натрія въ поваренной соли приходится 1,54348 частей хлора. Если мы при анализѣ нашего раствора получили для натрія и хлора какъ разъ такія числа, которыя относятся между собой, какъ 1 : 1,54348, то, слѣдовательно, мы, дѣйствительно, имѣли въ нашемъ растворѣ не что иное, какъ хлористый натрій. Если же содержаніе хлора въ нашемъ анализѣ превышаетъ то количество его, которое можетъ быть связано натріемъ, отсюда мы должны заключить, что часть хлора находится въ какомъ то другомъ соединеніи, а не въ видѣ хлористаго натрія. Въ томъ случаѣ, если, кромѣ натрія, въ жидкости находятся еще другіе металлы, можно по ихъ количеству подсчитать, сколько хлора можетъ быть связано этими металлами. И наконецъ, если и послѣ этого все таки остается нѣкоторый избытокъ хлора <sup>2)</sup>, мы должны предположить, что кромѣ хлористыхъ солей въ жидкости содержится еще свободная соляная кислота.

Такъ и поступалъ Шмидтъ при своихъ анализахъ. Въ одной части желудочнаго сока онъ опредѣлялъ количество хлора, осаждаемаго въ видѣ хлористаго серебра, въ другой—опредѣленію подвергались всѣ металлы, содержащіеся въ сокѣ. Оказалось, что если даже всѣ металлы были бы соединены съ хлоромъ (а часть ихъ несомнѣнно соединена съ фосфорной кислотой), то и тогда будетъ избытокъ хлора, который, очевидно, не можетъ быть ничѣмъ инымъ, какъ свободной соляной кислотой.

Такъ, въ одномъ изъ анализовъ найдено, что всего хлора, осаждаемаго азотносеребряной солью, въ желудочномъ сокѣ содержится 0,2568%. Азотносеребряная соль осаждаетъ хлоръ, который находится или въ видѣ хлористыхъ

<sup>1)</sup> Съ растворомъ азотнокислаго серебра (ляписа) хлористоводородная (HCl) кислота даетъ бѣлый осадокъ хлористаго серебра (AgCl).

<sup>2)</sup> Осаждаемаго азотносеребряной солью.

металловъ, или въ видѣ свободной соляной кислоты. Всѣ металлы, находившіеся въ изслѣдованномъ желудочномъ сокѣ, если они соединены съ хлоромъ, могутъ связывать только 0,0989%. Вычитая 0,0989 изъ 0,2568, получаемъ 0,1579%; эта цифра и показываетъ, какое количество хлора находится въ видѣ свободной соляной кислоты.

Содержаніе соляной кислоты въ желудочномъ сокѣ, въ среднемъ, равняется 0,2%; но у нѣкоторыхъ животныхъ, напримѣръ, у собаки, соляной кислоты больше; количество ея можетъ достигать у этого животнаго 0,8%.

Несомнѣнно, что желудочныя железы черпаютъ матеріалъ для выработки составныхъ частей желудочнаго сока изъ крови. Для образованія соляной кислоты служатъ хлористыя соли, содержащіяся въ жидкой части крови. Это непосредственно слѣдуетъ изъ того наблюденія, что, если ограничить доставку хлоридовъ съ пищей, всѣ ткани и жидкости организма мало-по-малу бѣднѣютъ содержаніемъ хлористыхъ солей, и, наконецъ, наступаетъ такой моментъ, когда соляная кислота въ желудкѣ перестаетъ отдѣляться — очевидно, по недостатку матеріала для ея образованія — хлористыхъ солей крови.

Но какимъ образомъ можно представить себѣ процессъ, благодаря которому въ желудочныхъ железахъ происходитъ разложеніе хлористыхъ солей съ выдѣленіемъ свободной кислоты? Въ лабораторіи для добыванія соляной кислоты, напримѣръ, изъ хлористаго натрія, обливаютъ соль крѣпкой сѣрной кислотой, или смѣшиваютъ растворы поваренной соли съ сѣрной кислотой.

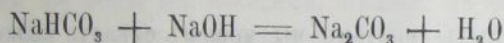
Въ нашемъ случаѣ (въ организмѣ) на лицо хлористый натрій, т. е. матеріалъ для образованія соляной кислоты, но, повидимому, нѣтъ того дѣятеля (кислоты), который могъ бы выдѣлить HCl изъ поваренной соли, такъ какъ кровь обладаетъ ясно щелочной реакціей на лакмусъ (окрашиваетъ красный лакмусъ въ синій цвѣтъ).

Однако, кровь представляетъ собой весьма сложную жидкость, гдѣ наряду съ щелочными соединеніями есть и такія вещества, которыя могутъ до известной степени замѣнять собою кислоты; во всякомъ случаѣ, кровь способна вытѣснять нѣкоторыя кислоты изъ ихъ солей. Такъ, если смѣшать кровь съ ціанистой ртутью, можно замѣтить ясный запахъ ціановодородной кислоты; въ этомъ опытѣ кровь дѣйствуетъ, какъ кислота, такъ какъ только кислота способна разложить ціанистую ртуть съ выдѣленіемъ свободной ціановодородной (или синильной) кислоты.

Въ крови содержатся, между прочимъ, такъ называемые кислыя соли, а именно, кислый углекислый натръ и двухметальный фосфорнокислый натръ.

Угольная кислота (или теоретически предполагаемый гидратъ ея) имѣетъ формулу  $H_2CO_3$  и содержитъ 2 атома водорода, способныхъ замѣщаться металлами. Въ томъ случаѣ, если оба эти водорода замѣстятся, напримѣръ, натріемъ, мы получимъ соль  $Na_2CO_3$ , которая въ теоретическомъ смыслѣ и будетъ истинной нейтральной солью угольной кислоты; если же только одинъ атомъ водорода замѣщается металломъ, получается соль состава  $NaHCO_3$ , которая носитъ

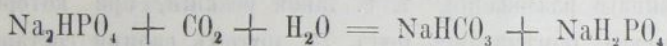
двойственный характер и соли, и кислоты, такъ какъ, подобно кислотѣ, она способна связывать еще столько жѣ металла, сколько въ ней содержится, превращаясь въ нейтральную соль.



Такого рода соли многоосновныхъ кислотъ, въ которыхъ не всѣ водородные атомы замѣщены металлами, называются кислыми солями.

Фосфорная кислота ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) содержитъ 3 атома водорода, способныхъ замѣщаться металломъ. Поэтому, кромѣ нейтральной соли, построенной по типу  $\text{N}_3\text{PO}_4$  <sup>1)</sup>, она даетъ еще два ряда кислыхъ солей: 1) двухметалльные фосфаты формулы  $\text{M}_2\text{HPO}_4$  и 2) однометалльные фосфаты, отвѣчающіе формулѣ  $\text{MH}_2\text{PO}_4$ .

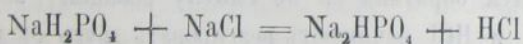
Въ сывороткѣ крови содержится двухметалльный фосфорнокислый натръ  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ . Но такъ какъ въ крови всегда присутствуетъ большое количество свободной угольной кислоты, то часть двухметалльной соли подъ вліяніемъ угольной кислоты превращается въ однометалльную, такъ какъ угольная кислота отнимаетъ отъ двухметалльной соли 1 атомъ натрія по уравненію:



Вотъ эти то содержащіяся въ сывороткѣ кислыя фосфорнокислыя соли (двухметалльная и однометалльная,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ), дѣйствуя какъ свободная кислота, и выдѣляютъ изъ хлористаго натрія и хлористаго кальція крови свободную соляную кислоту, въ чемъ легко можно убѣдиться простыми опытами.

Смѣшаемъ  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  съ  $\text{NaCl}$  и въ смѣси поищемъ свободную кислоту при помощи фіолетовой анилиновой краски, такъ называемаго метилфіолета. Эта краска въ водномъ растворѣ въ присутствіи кислоты измѣняетъ свой фіолетовый цвѣтъ въ синій. Ни та, ни другая изъ употребленныхъ нами солей въ отдѣльности не измѣняетъ окраски метилфіолета; смѣсь же ихъ измѣняетъ фіолетовый цвѣтъ краски въ синій. Это значитъ, что въ смѣси содержится свободная кислота.

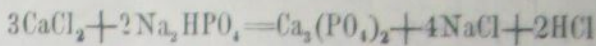
Единственно возможное объясненіе образованія свободной кислоты въ нашемъ случаѣ состоитъ въ томъ, что часть кислой однометалльной соли дѣйствуетъ, какъ кислота и, отнимая металлъ отъ поваренной соли, выдѣляетъ свободную соляную кислоту по уравненію:



Другая реакція, ведущая также къ образованію свободной хлористоводородной кислоты, происходитъ между двухметалльнымъ фосфорнокислымъ натромъ и хлористымъ кальціемъ. Смѣсь этихъ солей даетъ осадокъ, состоящій, главнымъ образомъ, изъ  $\text{CaHPO}_4$ , отчасти же изъ  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ; въ стоящей надъ осадкомъ жидкости при помощи реакціи съ метилфіолетомъ можно убѣдиться въ

<sup>1)</sup> M означаетъ одноатомный металлъ.

присутствіи свободной соляной кислоты, которая образовалась здѣсь, очевидно, по уравненію:



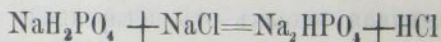
Изъ приведенныхъ опытовъ мы можемъ сдѣлать выводъ, что источникомъ соляной кислоты желудочнаго сока являются хлориды крови, агентомъ же, вытѣсняющимъ изъ хлоридовъ свободную кислоту—кислые фосфаты крови.

Образованіе соляной кислоты въ желудкѣ представляетъ собой примѣръ вытѣсненія болѣе сильной кислоты (соляной) при помощи менѣе сильныхъ средствъ (фосфорнокислыхъ солей); средство фосфорнокислаго натра къ натрію несомнѣнно слабѣе, чѣмъ средство хлора къ натрію, и тѣмъ не менѣе первое средство разрывается и насыщается второе.

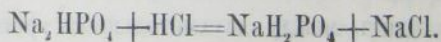
Спрашивается, какъ объяснить себѣ такое, на первый взглядъ, парадоксальное явленіе?

Приведенная реакція образованія соляной кислоты представляетъ собой примѣръ обмѣннаго разложенія, т. е. такой реакціи, при которой два реагирующихъ вещества, обмѣниваясь другъ съ другомъ своими составными частями, въ результатѣ даютъ два новыхъ вещества.

Бертолле показалъ, что при смѣшеніи, напр., двухъ различныхъ солей или соли съ кислотой всегда происходитъ обмѣнное разложеніе, оно идетъ даже и въ томъ случаѣ, если смѣшать соль сильной (жадной) минеральной кислоты (напр., NaCl) съ слабой (менѣе жадной) органической кислотой, напр., молочной; но степень жадности кислоты опредѣляетъ собой, однако, въ этихъ случаяхъ количественную сторону реакціи. При смѣшеніи раствора поваренной соли съ сѣрной кислотой разложенію подвергнется гораздо больше соли и больше выдѣлится свободной соляной кислоты, чѣмъ при смѣшеніи той же соли съ молочной кислотой; въ этомъ послѣднемъ случаѣ въ жидкости появятся лишь совершенно ничтожные слѣды соляной кислоты. Въ вышеприведенной реакціи между  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  и NaCl количество образующейся свободной кислоты также ничтожно, потому что влѣдъ за реакціей



тотчасъ же начинается обратная ей по смыслу реакція; вновь образовавшіяся вещества  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и HCl начинаютъ реагировать другъ съ другомъ, что ведетъ къ образованію вновь  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  и NaCl:



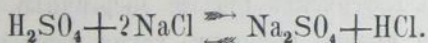
Слѣдовательно, какъ только въ жидкости накопится, согласно первой реакціи, нѣкоторое (очень ничтожное) количество свободной соляной кислоты, дальнѣйшаго накопленія ея не будетъ происходить, потому что вновь образующаяся кислота тотчасъ же будетъ обратно реагировать съ  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  по второму уравненію. Въ результатѣ въ жидкости одновременно будутъ присутствовать всеѣ

4 вещества  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и  $\text{HCl}$ . Но количество свободной кислоты будет совершенно ничтожно и, что очень важно, при данных условиях количество свободной  $\text{HCl}$  будет всегда строго определенное.

В желудочном же соке мы находим, правда, не очень большое содержание кислоты, но во всяком случае такое, которое не может образоваться без дальнейших условий при реакции между фосфатами и хлоридами крови.

Таким образом, нам предстоит выяснить еще количественную сторону вопроса; без некоторых особенных условий вышеприведенные реакции не могут объяснить высокое, сравнительно, содержание  $\text{HCl}$  в желудочном соке. Это объясняется следующим образом.

Обратимся опять к реакции между поваренной солью и серной кислотой. В этом случае реакция также не идет до конца и продукты разложения, реагируя друг с другом, ведут вновь к образованию исходных веществ, что и выражается формулой:



Знак  $\rightleftharpoons$  показывает, что реакция может идти как в прямом, так и в обратном направлении, так что в результате в жидкости одновременно будут присутствовать все 4 вещества и притом количество каждого из них для данных условий будет строго определенное.

Если же теперь, воспользовавшись летучестью соляной кислоты, мы отгоним часть ее из жидкости нагреванием, что произойдет тогда? Выше сказано, что количество соляной кислоты в смеси должно быть строго определенное и только при этом определенном количестве достигается равновесие между прямой и обратной реакцией, т. е. сколько  $\text{HCl}$  образуется, столько же ее и связывается вновь. Когда же мы удалили часть  $\text{HCl}$  отгонкой и количество ее в жидкости уменьшилось, получает перевес прямая реакция и образуется новое количество  $\text{HCl}$ , до тех пор пока вновь не будет достигнуто состояние равновесия. Отгоним это вновь образовавшееся количество соляной кислоты—и мы можем получить еще некоторое количество ее и т. д.

Таким образом, удаляя один из продуктов реакции, мы можем разложить большие количества поваренной соли и получить больше соляной кислоты, чем сколько можно было ожидать на основании условий реакции.

Ничто подобное происходит и при отделении соляной кислоты желудочными железами. Здесь также предельная реакция скоро была бы достигнута и в жидкости появилось бы лишь ничтожное количество  $\text{HCl}$ , если бы последняя не удалялась из сферы реакции. Удаление соляной кислоты происходит здесь путем диффузии; соляная кислота диффундирует гораздо скорее, чем соли (в 34 раза скорее, чем, напр., поваренная соль). По мере образования, соляная кислота тотчас же выдвигается путем диффузии в желудочный сок.

Вслѣдъ за удаленіемъ ея, реакція начинается снова, вновь образуется нѣкоторое количество кислоты, которое также диффундируетъ и т. д.

Такимъ образомъ, благодаря высокой диффузионной способности соляной кислоты, несмотря на слабость агента, отдѣляющаго  $\text{HCl}$  изъ хлористыхъ солей, въ желудочномъ сокѣ накаплиются замѣтныя количества хлористоводородной кислоты.

Второй характерной составной частью желудочнаго сока являются его ферменты. Первый—пепсинъ перевариваетъ бѣлки, превращая ихъ въ пептоны, второй—сычужный ферментъ или химозинъ—превращаетъ пептоны обратно въ бѣлокъ и вызываетъ свертыванье молока.

Пепсинъ требуетъ для проявленія своей переваривающей способности присутствія свободной кислоты (всего лучше соляной); сычужный же ферментъ можетъ дѣйствовать какъ въ кислій, такъ и въ нейтральной и даже въ щелочной жидкости. Но и сычужный ферментъ гораздо энергичнѣе дѣйствуетъ въ присутствіи соляной кислоты той именно крѣпости, какая наблюдается въ желудочномъ сокѣ. Отсюда видно важное значеніе кислоты желудочнаго сока для пищеваренія. Общія свойства пепсина и химозина подчиняются вышеизложеннымъ законамъ ферментативныхъ реакцій. Поэтому, чтобы не повторяться, я ограничусь ссылкой на стр. 146 и слѣд.

О продуктахъ, получаемыхъ при ферментаціи бѣлковъ съ пепсиномъ и химозиномъ, будетъ сказано въ слѣдующей лекціи (см. «Желудочное пищевареніе»).

Желудочный сокъ начинаетъ отдѣляться еще до момента приема пищи при одномъ видѣ ея; отдѣленіе продолжается затѣмъ въ теченіе 12—13 часовъ. Для полученія измѣненій въ составѣ желудочнаго сока въ теченіе этого длиннаго отдѣлительнаго періода пользоваться животнымъ съ желудочной фистулой уже невозможно, такъ какъ вытекающій въ этомъ случаѣ сокъ сильно загрязненъ пищей. Поэтому для наблюденія колебаній въ составѣ сока во время нормальнаго желудочнаго пищеваренія приходится прибѣгать къ другой операціи. Послѣ вскрытія полости живота, разрѣзомъ, идущимъ параллельно большой кривизнѣ желудка, надрѣзаютъ желудокъ такъ, какъ это показано на рисункѣ (рис. 54), не отдѣляя участокъ желудка совершенно, а оставляя его въ связи съ главной частью при помощи небольшого нетронутаго участка его стѣнокъ. Затѣмъ края разрѣзовъ сшиваются а съ b,  $a_1$  съ  $b_1$ ; кромѣ того, шовъ проводится и чрезъ нетронутую часть обочекъ; такимъ образомъ, кромѣ главной полости желудка, образуется еще слѣпной мѣшокъ. Шовъ между  $a_1$  и  $b_1$  не доходитъ до остраго угла c; остающееся здѣсь отверстие вшивается въ кожную рану. Благодаря такой операціи, въ главной полости желудка совершается нормальное пищевареніе; въ слѣпомъ же мѣшкѣ происходитъ въ это время отдѣленіе желудочнаго сока, который, очевидно, по своимъ свойствамъ не отличается отъ

сока главной желудочной полости; этот сокъ чрезъ отверстіе слѣпного мѣшка вытекаетъ наружу, гдѣ и можетъ быть собранъ и подвергнутъ изслѣдованію.

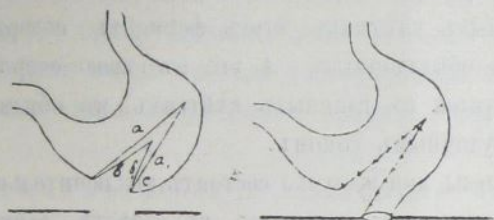


Рис. 54. Схема операціи слѣпного мѣшка.

На основаніи опытовъ, произведенныхъ съ такимъ слѣпымъ мѣшкомъ желудка, удалось доказать, что содержаніе соляной кислоты во все время отдѣленія желудочнаго сока остается на одной высотѣ, но количество пепсина подвергается большимъ колебаніямъ.

Въ первые 2 часа содержаніе пепсина въ сокѣ значительно падаетъ и ко второму часу достигаетъ наименьшей величины; начиная же съ этого часа, оно вновь возрастаетъ вплоть до 5-го часа; въ послѣдующіе часы пищеваренія оно держится на одной и той же высотѣ, лишь очень медленно и незначительно понижаясь (рис. 55).

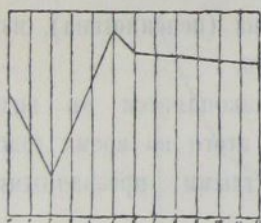


Рис. 55. Содержаніе пепсина въ секретѣ области дна въ различные часы пищеваренія.

Уже это различіе въ ходѣ отдѣленія двухъ главныхъ составныхъ частей желудочнаго сока показываетъ, что пепсинъ и соляная кислота должны вырабатываться различными железистыми элементами.

Такъ это есть и на самомъ дѣлѣ. Въ началѣ настоящей лекціи было упомянуто о разницѣ въ строеніи между железами дна и выхода; въ выходной части железы состоятъ исключительно изъ главныхъ клѣтокъ, въ области дна, кромѣ главныхъ, содержатся и обкладочныя клѣтки. При помощи нѣсколько видоизмѣненной операціи слѣпного мѣшка выходная область желудка можетъ быть отдѣлена отъ остальной желудочной полости, такъ что является возможность изучать свойства выделяемаго ею сока. Наблюденіе показало, что секретъ выходной части желудка всегда имѣетъ щелочную реакцію; слѣдовательно, главные клѣтки, изъ которыхъ состоятъ железы выходной области, неспособны выделять кислоту. Но щелочный секретъ выхода, будучи подкисленъ соляной кислотой, обладаетъ ясно замѣтными переваривающими свойствами, т. е. содержитъ пепсинъ. Настаиваньемъ выходной области желудка съ разведенной соляной кислотой можно получить такъ называемый искусственный желудочный сокъ, энергично переваривающій бѣлки. Это показываетъ, что пепсинъ вырабатывается главными клѣтками.

Дальнѣйшимъ подтвержденіемъ сказанному служатъ слѣдующіе факты.

При нагрѣваніи только что вырѣзанныхъ железъ дна съ разведенной со-



ляной кислотой, при микроскопическомъ изслѣдованіи можно замѣтить, что главные клѣтки перевариваются значительно раньше обкладочныхъ. Принимая во вниманіе, что скорость перевариванія зависитъ отъ количества пепсина, пужно думать, что въ главныхъ клѣткахъ этотъ ферментъ содержится въ большемъ количествѣ, чѣмъ въ обкладочныхъ. А это въ свою очередь говоритъ за то, что пепсинъ и образуется въ главныхъ клѣткахъ, въ обкладочныя же проникъ лишь вмѣстѣ съ желудочнымъ сокомъ.

У лягушки железы дна желудка состоятъ исключительно изъ обкладочныхъ клѣтокъ и не содержатъ вовсе главныхъ; въ секретѣ этихъ железъ не находится пепсина, но есть соляная кислота.

Наоборотъ, пепсинъ у лягушки вырабатывается железами пищевода, состоящими изъ клѣтокъ, очень близко напоминающихъ главные клѣтки вышнихъ животныхъ.

Обкладочныя клѣтки у зародыша появляются значительно раньше главныхъ. Въ томъ періодѣ развитія зародыша, когда въ слизистой оболочкѣ желудка нѣтъ еще главныхъ клѣтокъ, въ ней нельзя доказать и присутствія пепсина.

На основаніи всѣхъ вышеприведенныхъ фактовъ, можно съ увѣренностью сдѣлать выводъ, что пепсинъ образуется въ главныхъ клѣткахъ, а соляная кислота—въ обкладочныхъ.

Подобно другимъ ферментамъ, пепсинъ содержится въ главныхъ клѣткахъ не въ готовомъ видѣ, а въ видѣ такъ называемаго зимогена (пепсиногена), изъ котораго при дѣйствіи соляной кислоты образуется пепсинъ.

Въ покойныхъ главныхъ клѣткахъ пепсиногенъ накапливается въ видѣ зернышекъ, слабо окрашивающихся красками; вслѣдствіе этого во время голоданія клѣтки желудочныхъ железъ представляются свѣтлыми, прозрачными, слабо-зернистыми.

На примѣрѣ пепсина можно подробно прослѣдить процессъ выработки ферментовъ железистыми клѣтками, выяснитъ сущность ферментообразовательной функціи железъ и показать тѣсную взаимную связь между химической дѣятельностью клѣтки и ея строеніемъ. Поэтому, мы остановимся подробнѣе на измѣненіяхъ желудочныхъ железъ во время дѣятельности.

Измѣненія отдѣлительныхъ клѣтокъ желудка въ теченіе желудочнаго пищеваренія Гейденгайнъ описываетъ слѣдующими словами.

«1) Состояніе голоданія. Главныя клѣтки области дна являются свѣтлыми и большими, обкладочныя клѣтки малыми. Въ области выхода послѣ продолжительной пустоты желудка клѣтки свѣтлы и средней величины; если желудокъ былъ пустъ лишь въ теченіе нѣсколькихъ часовъ, то онѣ еще значительно мутны.

2) Во время первыхъ шести часовъ послѣ принятія пищи. Главныя клѣтки железъ дна велики, обыкновенно больше, чѣмъ въ состояніи голоданія, при этомъ умѣренно мутны. Обкладочныя клѣтки увеличены. Клѣтки выхода еще не измѣнены.

3) Отъ шестого до девятого часа пищеваренія. Главныя клѣтки въ области дна уменьшаются все болѣе и болѣе и при этомъ мутнѣютъ все сильнѣе и сильнѣе, тогда какъ обкладочныя клѣтки остаются большими и набухшими, или же это прогрессируетъ. Такое состояніе продолжается до 13-го или 15-го часа. Клѣтки железь выхода увеличиваются, свѣтлы, или же лишь весьма слабо зернисты; ядра неправильной формы, лежатъ близъ внѣшняго конца клѣтокъ.

4) Отъ пятнадцатаго до двадцатаго часа. Главныя клѣтки железь области дна постепенно снова увеличиваются, просвѣтляются, обкладочныя клѣтки увеличиваютъ свое набуханіе; слѣдовательно, эти железы возвращаются къ внѣшнему виду, наблюдавшемуся при состояніи голоданія. Железистыя клѣтки области выхода все болѣе и болѣе сморщиваются, мутнѣютъ, ихъ ядра становятся круглыми, рѣзко контурированными, обнаруживаютъ ясное ядрышко и подвигаются болѣе къ срединѣ клѣтокъ»<sup>1)</sup>.

Описанныя измѣненія въ главныхъ клѣткахъ, приготовляющихъ пепсинъ служатъ внѣшнимъ выраженіемъ скрытой работы, направленной на превращеніе индифферентной протоплазмы въ специфическіе продукты-ферменты. Это особенно ясно выступаетъ при сравненіи структурныхъ измѣненій въ клѣткахъ съ колебаніями запаса пепсина въ слизистой оболочкѣ.

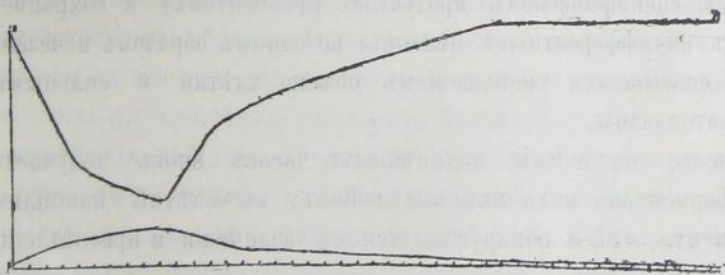


Рис. 56. Содержаніе пепсина въ слизистой оболочкѣ области дна (F) и въ слизистой оболочкѣ области выхода (P) во время теченія пищеваренія. Дѣленія на нижней горизонтальной линіи обозначаютъ часы послѣ приѣма пищи.

Содержаніе пепсина въ слизистой оболочкѣ дна и выхода желудка было точно изслѣдовано Грюцнеромъ, который нашелъ, что вслѣдъ за принятіемъ пищи количество пепсина въ железахъ значительно падаетъ (рис. 56) вплоть до 9-го часа, когда слизистая оболочка заключаетъ наименьшій запасъ пепсина. Начиная съ 9-го часа пепсинъ вновь накапливается, и къ 13—14 часу количество его достигаетъ почти той же высоты, какъ и до принятія пищи. На этой высотѣ содержаніе пепсина въ слизистой оболочкѣ держится до новаго приѣма пищи.

Сопоставляя данныя о содержаніи пепсина въ слизистой оболочкѣ съ вышеприведеннымъ описаніемъ внѣшняго вида клѣтокъ во время отдѣлительной работы, мы видимъ, что богатству ферментомъ соотвѣтствуютъ большія про-

<sup>1)</sup> Гейденгайвъ, отдѣлительные процессы, русск. перев.

зрачныя главныя клѣтки. Наоборотъ, наименьшее содержаніе фермента въ слизистой оболочкѣ характеризуется сильнымъ уменьшеніемъ главныхъ клѣтокъ и помутнѣніемъ ихъ протоплазмы.

Въ микроскопической лабораторіи—железистой клѣткѣ происходятъ два процесса: 1) воспріятіе изъ крови бѣлковыхъ веществъ и 2) превращеніе ихъ въ специфическіе продукты-ферменты, переходящіе затѣмъ въ секретъ железы.

Передъ пріемомъ пищи клѣтка переполнена ферментомъ; внѣшнимъ образомъ это сказывается въ свѣтломъ, прозрачномъ видѣ клѣтокъ. Въ теченіе первыхъ шести часовъ клѣтка отчасти уже опорожнила свой запасъ фермента и вмѣсто него воспріяла изъ крови индифферентный бѣлковый матеріалъ, который отчасти тотчасъ же и перерабатывается въ ферментъ; соответственно этой усиленной выработкѣ фермента въ первые 6 часовъ наблюдается увеличеніе объема клѣтокъ. На параллельно съ выработкой идетъ и усиленное выдѣленіе въ секретъ и, такъ какъ второй процессъ преобладаетъ, въ общемъ содержаніе фермента уменьшается; клѣтки соответственно этому нѣсколько темнѣютъ, что указываетъ на уменьшеніе фермента и обогащеніе протоплазмы индифферентными бѣлками.

Отъ шестого до девятого часа преобладаетъ процессъ выдѣленія накопленнаго фермента изъ клѣтки; клѣтка мало по мало освобождается отъ выработанныхъ ею специфическихъ продуктовъ (ферментовъ) и сохраняетъ въ себѣ лишь запасъ индифферентныхъ бѣлковъ; внѣшнимъ образомъ исчезаніе фермента изъ клѣтки сказывается уменьшеніемъ объема клѣтки и сильнымъ помутнѣніемъ ея протоплазмы.

Наконецъ, въ теченіе дальнѣйшихъ часовъ вновь получаетъ перевѣсъ выработка ферментовъ надъ ихъ выдѣленіемъ; въ клѣткѣ накаплиются опять запасы фермента, что и обнаруживается въ увеличеніи и просвѣтленіи главныхъ клѣтокъ.

Такимъ образомъ, желудочныя железы даютъ возможность установить тѣсную зависимость между содержаніемъ фермента въ клѣткѣ (рис 56) и внѣшнимъ видомъ ея, или, говоря другими словами, между химической дѣятельностью клѣтки и ея строеніемъ.

## Пищевареніе въ желудкѣ.

Въ желудкѣ изъ трехъ группъ питательныхъ веществъ химическому превращенію подвергаются исключительно бѣлковыя тѣла. Какъ упомянуто въ предыдущей лекціи, пепсинъ превращаетъ бѣлки въ пептоны, а химозинъ пептоны обратно переводитъ въ бѣлокъ.

Для опытовъ съ ферментами желудочнаго сока не требуется добывать натуральный желудочный сокъ; для этого достаточно приготовить себѣ такъ называемый искусственный желудочный сокъ. Съ этой цѣлью слизистая обложка сви-

ного желудка растягивается на деревянной дощечкѣ и высушивается при обыкновенной комнатной температурѣ. Такой сухой препаратъ можетъ сохраняться долгое время безъ измѣненія. Когда нужно для опыта приготовить искусственный желудочный сокъ, отдѣляютъ часть сухой слизистой обложки и настаиваютъ ее въ теченіе 2—3 сутокъ съ разведенной соляной кислотой (1 объемъ кислоты на 100—200 объемовъ воды).

Специфическое дѣйствіе пепсина и сычужнаго фермента можетъ быть продемонстрировано слѣдующими опытами.

Возьмемъ вареный яичный бѣлокъ и, изрѣзавши его на кусочки, бросимъ нѣкоторое количество такихъ кусочекъ въ 3 сосуда. Въ одинъ изъ нихъ нальемъ кислоты той крѣпости, какая употреблялась для приготовления желудочнаго сока, въ другой—искусственного желудочнаго сока; въ третій также желудочнаго сока, но предварительно нейтрализованнаго прибавкой соды. Въ три сосуда поставимъ въ теплое мѣсто, лучше всего въ воду, температура которой при помощи маленькой лампочки должна поддерживаться на высотѣ 40° по Цельсію. Черезъ нѣкоторое время мы замѣтимъ, что въ среднемъ сосудѣ (съ желудочнымъ сокомъ) кусочки бѣлка исчезли, растворились, въ то время какъ въ первомъ (съ кислотой) они лишь немного разбухли, а въ третьемъ (съ нейтрализованнымъ желудочнымъ сокомъ) не подверглись вовсе никакой перемѣнѣ.

Изъ описанныхъ опытовъ мы видимъ, что желудочный сокъ способенъ растворять нерастворимые бѣлки и эта способность зависитъ отъ присутствія не одной кислоты, а кислоты совмѣстно съ пепсиномъ; въ отсутствіи же кислоты пепсинъ также не способенъ растворять бѣлокъ.

Для демонстраціи дѣйствія сычужнаго фермента приготовимъ крѣпкій растворъ пептоновъ (ихъ можно достать въ каждомъ аптекарскомъ магазинѣ), растворяя 1 часть порошка въ 5 частяхъ горячей воды и фильтруя полученный растворъ черезъ бумагу. Нейтрализовавши пептоновый растворъ при помощи разведенной соляной кислоты или просто уксусомъ (онъ имѣетъ щелочную реакцію), прибавимъ къ нему  $\frac{1}{3}$  его объема желудочнаго сока; смѣсь поставимъ также на нѣсколько часовъ въ воду при температурѣ 40°. Черезъ нѣкоторое время прозрачный растворъ пептоновъ мутнѣетъ и выдѣляетъ мелкохлопчатый осадокъ бѣлка.

Противоположность дѣйствія пепсина и сычужнаго фермента въ описанныхъ опытахъ ясна безъ дальнѣйшихъ объясненій; пепсинъ растворяетъ нерастворимый въ разведенной кислотѣ вареный бѣлокъ, превращая его въ пептоны; сычужный же ферментъ, наоборотъ, изъ прозрачнаго раствора пептоновъ выдѣляетъ нерастворимый бѣлокъ.

Чтобы ближе изучить дѣйствіе пепсина на бѣлокъ, продѣлаемъ еще нѣсколько опытовъ.

Смѣшаемъ фильтрованный бѣлокъ куриного яйца съ 5—10 объемами искусственного желудочнаго сока и смѣсь оставимъ на нѣкоторое время при 40°. Черезъ сутки мы замѣтимъ, что куриный бѣлокъ подъ влияніемъ пепсина

потерялъ способность свертываться при нагреваніи: наша смѣсь не выдѣляетъ никакого осадка при кипяченіи ея въ пробиркѣ.

Прибавимъ къ смѣси равный объемъ насыщеннаго раствора поваренной соли; образуется осадокъ бѣлковаго тѣла, который, однако, въ противоположность осадкамъ истинныхъ бѣлковъ, при нагреваніи цѣликомъ растворяется, а при охлажденіи выдѣляется вновь.

Осадокъ неизмѣннаго яичнаго бѣлка, полученный въ тѣхъ же условіяхъ, при нагреваніи не только не растворяется, а еще увеличивается.

Эти опыты убѣждаютъ насъ, что бѣлокъ при дѣйствіи на него пепсина превращается въ какія то новыя вещества. Вещества эти носятъ общее названіе пептоновъ.

Пептоны не свертываются при кипяченіи ихъ растворовъ, растворяются въ водѣ гораздо легче истинныхъ бѣлковъ и притомъ въ горячей водѣ пептоны болѣе растворимы, чѣмъ въ холодной. Изъ водныхъ растворовъ пептоны труднѣе бѣлковъ осаждаются при помощи реактивовъ, осаждающихъ коллоиды. Наконецъ, нѣкоторые изъ пептоновъ даютъ, въ противоположность бѣлкамъ, истинные растворы, что видно, напр., изъ того, что пептоны способны дифундировать черезъ перепонки.

Всеъ описанныя свойства пептоновъ указываютъ на ослабленіе коллоидальнаго характера бѣлка при переходѣ его въ пептоны; пептоны менѣе коллоидальны, чѣмъ истинные бѣлки. Принимая во вниманіе зависимость коллоидальныхъ свойствъ отъ величины частицы, можно думать, что пептоны обладаютъ меньшей частицей сравнительно съ бѣлкомъ; отъ этого уменьшенія частицы зависитъ и ослабленіе коллоидальнаго характера.

Непосредственное опредѣленіе величины частицы пептоновъ вполне подтверждаетъ это заключеніе. Различные изслѣдователи нашли частицу пептоновъ равной 252—3200. Если сопоставить съ этими скромными цифрами колоссальныя молекулы истинныхъ бѣлковыхъ тѣлъ, мы должны сдѣлать выводъ, что пептоны представляютъ собой вещества болѣе простыя, чѣмъ истинные бѣлки, и что при дѣйствіи пепсина бѣлковая молекула распадается на рядъ болѣе простыхъ частицъ (пептоны).

Такое заключеніе стоитъ въ полномъ согласіи съ нашими представленіями о способѣ дѣйствія большинства растворимыхъ ферментовъ. На примѣрѣ птѣялина мы видѣли, что задача фермента состоитъ въ расщепленіи сложнаго вещества на рядъ болѣе простыхъ продуктовъ. Такому же расщепленію подвергаются и бѣлки подъ вліяніемъ пепсина. Подобно тому, какъ крахмалъ даетъ при кипяченіи съ кислотами тѣ же продукты гидролитическаго расщепленія, что и при дѣйствіи растворимыхъ ферментовъ, бѣлки также при кипяченіи съ кислотами переходятъ въ пептоны.

Что пептонизація представляетъ собой расщепленіе сложной бѣлковой частицы,—это непосредственно слѣдуетъ изъ уменьшенія молекурнаго вѣса бѣлка при пептонизаціи. Что это расщепленіе сопровождается вступленіемъ воды въ

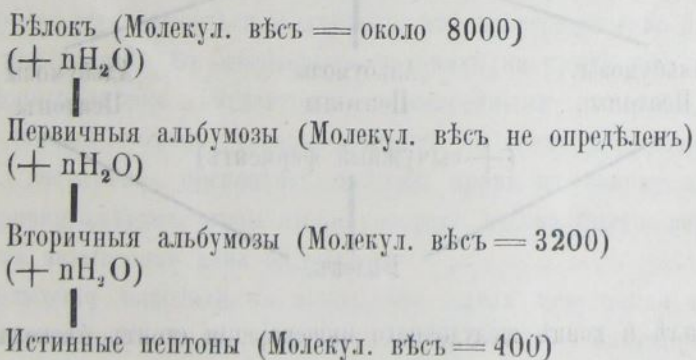
частицу, т. е. представляет собой примѣръ истиннаго воднаго расщепленія или гидролиза,—это доказывается слѣдующимъ опытомъ.

Возьмемъ смѣсь бѣлка съ ферментомъ и раздѣлимъ ее на двѣ равныхъ части; одну половину пригнѣтимъ и тѣмъ разрушимъ содержащійся въ ней ферментъ, другую оставимъ на нѣкоторое время при  $40^{\circ}$ , чтобы дать ферменту время произвести свойственныя ему измѣненія въ бѣлковомъ веществѣ. Затѣмъ обѣ порціи высушимъ при  $100^{\circ}$ . Если при превращеніи бѣлка въ пептоны (во второй половинѣ нашего раствора), не происходитъ химическаго присоединенія воды, то въ обоихъ порціяхъ мы должны получить одинаковое количество сухого остатка; если же пептонизація связана съ присоединеніемъ воды, то во второй половинѣ раствора мы должны получить больше сухого остатка, чѣмъ въ первой, такъ какъ химическое присоединеніе воды, происходящее при гидролизѣ, увеличиваетъ, конечно, вѣсъ продукта гидролиза сравнительно съ вѣсомъ исходнаго вещества. Опытъ показываетъ, что на дѣлѣ имѣеть мѣсто послѣдній случай, т. е. что превращеніе бѣлка въ пептоны сопровождается воспринятіемъ воды въ частицу; слѣдовательно, пептонизація есть водное расщепленіе бѣлка, гидролизъ бѣлковой молекулы.

На примѣрѣ расщепленія крахмала птѣалиномъ мы имѣли случай видѣть, что гидролизъ даетъ постепенно продукты все менѣе сложнаго состава, и лишь въ концѣ длиннаго ряда промежуточныхъ, переходныхъ веществъ, появляется конечный продуктъ расщепленія—мальтоза.

Нѣчто подобное наблюдается и при пептонизаціи; здѣсь также сначала получаютъ промежуточные продукты (альбумозы), которые въ дальнѣйшемъ подвергаются новому гидролизу и, наконецъ, даютъ конечный продуктъ перевариванья—такъ называемый истинный пептонъ.

Схематично процессъ пептонизаціи можно представить въ слѣдующемъ видѣ:



Мы видѣли, что изъ продукта расщепленія крахмала—винограднаго сахара—путемъ отнятія воды можно получить дисахариды и нѣкоторые изъ высшихъ углеводовъ (конечный декстринъ, см. стр. 130). Также и изъ пептоновъ путемъ обратной реакціи, т. е. дѣйствіемъ водоотнимающихъ веществъ, напримѣръ, уксуснаго ангидрида, вновь можно получить бѣлокъ; при этомъ изъ нѣ-

сколькихъ частицъ пептоновъ выдѣляется вода и остатки соединяются въ частицу истиннаго бѣлка.

То же достигается и при помощи физическихъ агентовъ; такъ, при нагреваніи до 130—200° пептоны, выдѣляя воду, превращаются въ бѣлокъ.

Наконецъ, обратное превращеніе пептоновъ въ бѣлокъ происходитъ и въ желудкѣ подѣ влияніемъ сычужнаго фермента. Выше приведены были условія этой послѣдней реакціи.

Бѣлокъ, осаждающійся въ нерастворимомъ видѣ изъ раствора пептоновъ послѣ дѣйствія на него сычужнаго фермента, можетъ быть отфильтрованъ и очищенъ продолжительнымъ промываніемъ на фильтрѣ водой. Онъ названъ пластеиномъ.

Пластеинъ растворяется въ водѣ въ присутствіи небольшого количества соды или ѣдкаго натра. Такой растворъ свертывается при кипяченіи, выдѣляя рыхлые хлопья свертка; крѣпкіе же растворы пластеина застываютъ при кипяченіи въ прозрачный студень, такъ что можно перевернуть сосудъ съ веществомъ, не потерявъ ни капли раствора. Въ присутствіи небольшихъ количествъ солей пластеинъ черезъ нѣкоторое время и на холоду застываетъ въ студень.

Изъ этихъ свойствъ пластеина выясняется рѣзко выраженный коллоидальный характеръ вещества, свойственный истиннымъ бѣлкамъ. Поэтому можно думать, что частица пластеина значительно больше частицы пептоновъ и образованіе пластеина можно себѣ представить, какъ соединеніе нѣсколькихъ молекулъ пептоновъ въ одну сложную частицу.

Такимъ образомъ, весь процессъ химическаго измѣненія бѣлковъ въ желудкѣ можно изобразить въ видѣ слѣдующей схемъ:



Въ началѣ и концѣ желудочнаго пищеваренія стоитъ бѣлковая молекула; спрашивается, какой же смыслъ имѣло все желудочное пищевареніе, когда оно привело въ концѣ концовъ къ исходному веществу; на первый взглядъ кажется, что никакого измѣненія въ общемъ итогѣ не произошло—бѣлокъ прошелъ стадію пептоновъ и обратно превратился въ бѣлокъ же; сычужный ферментъ уничтожилъ всѣ результаты дѣйствія пепсина.

Однако, при ближайшемъ разсмотрѣніи оказывается, что бѣлокъ пере-

терфель въ желудкѣ очень существенныя измѣненія. Сравнимъ свойства яичнаго бѣлка и пластенина. Яичный бѣлокъ растворимъ въ водѣ, пластенинъ—только въ слабомъ растворѣ щелочи, въ чистой же водѣ нерастворимъ; яичный бѣлокъ неспособенъ студениваться, пластенинъ застываетъ въ студень подъ вліяніемъ самыхъ ничтожныхъ причинъ. Все это показываетъ, что свойства бѣлка, стоящаго въ концѣ пищеварительнаго метаморфоза, отличаются отъ свойствъ пищевого бѣлка; слѣдовательно, послѣдній подвергся въ желудкѣ дѣйствительно существенному измѣненію. Въ первой стадіи пищевой бѣлокъ распадается на рядъ болѣе простыхъ веществъ (альбумозы и пептоны), во второй стадіи альбумозы и пептоны вновь соединяются вмѣстѣ, образуя молекулу бѣлка; однако, теперь соединеніе это происходитъ уже по новому плану, въ результатѣ чего и является новый бѣлокъ—пластенинъ. Наболѣе важенъ для физиологіи пищеваренія тотъ фактъ, что пластенинъ всегда одинъ и тотъ же, одинаковаго состава и свойствъ, изъ какого бы пищевого бѣлка онъ ни былъ полученъ. Теоретическія соображенія, вытекающія отсюда, мы изложимъ въ своемъ мѣстѣ, пока же ограничимся констатированьемъ факта.

Когда одинъ алхимикъ, восхваляя свою ученость, заявилъ, что ему удалось добыть такую жидкость, которая способна разлагать и растворять рѣшительно все предметы, изъ какого бы матеріала они ни были сдѣланы, онъ былъ оставленъ однимъ изъ слушателей, спросившимъ его: «въ какомъ же сосудѣ ты хранишь свою жидкость?»

Подобный же вопросъ можно предложить себѣ по поводу желудка, стѣнки котораго состоятъ изъ бѣлковыхъ веществъ, а въ полости содержится жидкость, энергично переваривающая и растворяющая бѣлковыя вещества. Невольно является вопросъ, почему же не происходитъ перевариванья стѣнокъ самого желудка, чѣмъ устраняется самоперевариванье желудка?

Что бѣлки, входящіе въ составъ клѣтокъ, образующихъ желудочную стѣнку, способны перевариваться желудкомъ, это непосредственно вытекаетъ изъ слѣдующихъ наблюденій. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ на трупѣ при вскрытіи находили желудочныя стѣнки дѣйствительно переваренными; это наблюдалось тогда, когда, напр., данный субъектъ внезапно умиралъ во время желудочнаго пищеваренія. Далѣе, достаточно прекратить доступъ крови къ какому либо участку слизистой оболочки желудка, чтобы этотъ участокъ весьма быстро переварился—образуется такъ называемая язва желудка.

Эти наблюденія наводили на мысль, что живая желудочная стѣнка чѣмъ то отличается отъ мертвой; въ эпоху господства ученія о жизненной силѣ неперевариваемость желудка и объясняли себѣ просто тѣмъ, что жизненная сила стѣнокъ желудка противится этому перевариванью. Какъ видитъ читатель, объясненіе это представляетъ собой, въ сущности, только описаніе факта неперевариваемости живой желудочной стѣнки и перевариваемости мертвой. Но что таинственная жизненная сила здѣсь не причемъ, доказывается слѣдующимъ опытомъ К. Л. Бернара. Бернарь вводилъ въ желудокъ чрезъ желудочную фи-



студу лапку живой лягушки или ухо также живого кролика: въ результатѣ было перевариванье этихъ также одаренныхъ жизненной силой органовъ.

Поэтому, требовалось отыскать болѣе правильное объясненіе явленію. Бернаръ предложилъ слѣдующую гипотезу. Извѣстно, что пепсинъ дѣйствуетъ только въ кислой жидкости; протоплазма же клѣтки и находящаяся съ послѣдней въ очень тѣсномъ общеніи кровь — щелочной реакціи; въ виду того, что кровеносные сосуды очень близко подходятъ къ самой поверхности слизистой оболочки желудка, Бернаръ предполагаетъ, что кислота желудочнаго сока нейтрализуется щелочью крови и такимъ образомъ устраняется главное условіе дѣятельности пепсина — кислотность желудочнаго сока. Поэтому то, если прекратить доступъ крови къ клѣткамъ слизистой оболочки, послѣднія не будутъ въ состояніи нейтрализовать при помощи крови кислоту желудочнаго сока, и перевариваются. Тѣмъ же объясняется и самоперевариванье желудка въ трупѣ.

Необходимъ ли желудокъ для пищеваренія? Желудокъ играетъ въ пищеварительныхъ процессахъ двойную роль: 1) резервуара, въ который поступаетъ пища и изъ котораго она лишь мало по малу, небольшими порціями, переходитъ въ кишки; 2) несомнѣнно, ему присуща и чисто пищеварительная функція, такъ какъ онъ энергично дѣйствуетъ на главный классъ пищевыхъ веществъ — бѣлки.

Но въ кишечникѣ, какъ мы увидимъ далѣе, имѣется пищеварительный сокъ, переваривающій бѣлковыя вещества еще энергичнѣе желудочнаго сока. Поэтому являлась мысль, не достаточно ли для перевариванья пищи одного кишечнаго пищеваренія. Эта мысль была провѣрена экспериментально на собакѣ. Желудокъ у животнаго вырѣзали дѣликомъ, а пищеводъ соединялся непосредственно съ двѣнадцатиперстной кишкой. Оперированная такимъ образомъ собака жила въ лабораторіи въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ, и ея пищевареніе нисколько не пострадало, несмотря на то, что желудочное пищевареніе у нея отсутствовало. При вскрытіи умершей отъ случайнаго заболѣванія этой собаки оказалось, что въ началѣ двѣнадцатиперстной кишки у нея образовалось мѣшкообразное расширеніе, напоминающее желудокъ и, очевидно, замѣняющее его, какъ резервуаръ для пищи. Но что и эта роль желудка (роль резервуара) не является существенной въ пищевареніи, доказано опытами на другой собакѣ, которой пища вводилась черезъ фистулу, минуя желудокъ, прямо въ двѣнадцатиперстную кишку; эта вторая собака также не чувствовала, повидимому, никакихъ неудобствъ отъ устраненія желудка изъ пищеварительной работы.

Поэтому, создалось даже мнѣніе, что пищеварительная роль желудка имѣть лишь второстепенное значеніе, главная же задача желудка состоитъ въ дезинфекціи пищи (Бунге). Принимая во вниманіе высокое, сравнительно, содержаніе соляной кислоты въ желудочномъ сокѣ, Бунге думаетъ, что единственная задача этой кислоты состоитъ въ обезвреживаньи и убиваніи микробовъ, вносимыхъ вмѣстѣ съ пищей. Въ подтвержденіе своего мнѣнія Бунге ссылается на тотъ фактъ, что у одной улитки (*Dolium galea*) такъ называемая «слюна» содержитъ до 4% сѣрной кислоты; очевидно, что такая высокая кислотность не

можетъ быть объяснена пищеварительными задачами; ясно, что она является лишь орудіемъ нападенія и защиты, тѣмъ болѣе, что «слюна» этой улитки не способна переваривать ни бѣлковъ, ни крахмала.

Что, дѣйствительно, желудочный сокъ обладаетъ довольно сильными антисептическими свойствами, было подмѣчено еще старыми наблюдателями.

Такъ, Спалланцани предохранялъ мясо отъ гніенія путемъ прибавки желудочнаго сока; въ то время какъ въ водѣ мясо загнивало очень быстро, въ желудочномъ сокѣ оно оставалось безъ измѣненія въ теченіе нѣсколькихъ дней. Черепаха, пролежавши въ желудкѣ змѣи 16 дней, не издавала никакого гнилостнаго запаха.

Бомонъ, между прочимъ, говоритъ о желудочномъ сокѣ, что «онъ дѣйствуетъ рѣзко антисептически, благодаря чему, между прочимъ, прекращаетъ гніеніе мяса и, наконецъ, онъ представляетъ собой лѣчебное средство въ примѣненіи къ застарѣлымъ язвамъ, выдѣляющимъ вонючій злокачественный гной».

Наконецъ, въ недавнее время и на человѣкѣ подтверждено, что соляная кислота желудка ограничиваетъ въ значительной мѣрѣ кишечное гніеніе. Поэтому, несомнѣнно, желудочный сокъ играетъ, между прочимъ, роль защитнаго приспособленія для борьбы съ микроорганизмами. Но ограничивать значеніе кислоты желудочнаго сока исключительно бактерицидной (бактеріеубивающей) ролью, конечно, было бы увлеченіемъ. Несомнѣнно, что, являясь однимъ изъ главныхъ условій дѣйствія пепсина, кислота имѣетъ и пищеварительное значеніе.

---

## Кишечное пищевареніе.

Изъ желудка пищевая кашка переходитъ въ двѣнадцатиперстную кишку; въ стѣнкѣ этой кишки открывается желчный протокъ и протокъ поджелудочной железы. Пищевая кашка, раздражая стѣнку кишки кислотой примѣшаннаго къ ней желудочнаго сока, рефлекторно вызываетъ обильное выдѣленіе наиболѣе важной пищеварительной жидкости—сока поджелудочной железы.

Для полученія поджелудочнаго сока въ чистомъ видѣ, въ протокъ железы вставляется тонкая и длинная трубочка, конецъ которой выводится наружу и обвязывается каучуковымъ баллономъ, въ который, по мѣрѣ выдѣленія, и собирается поджелудочный сокъ. Собаки, оперированныя описаннымъ образомъ, выживаютъ недолго, и поэтому такая операція носитъ названіе временной фистулы поджелудочной железы.

Сокъ, получающійся изъ временной фистулы, представляется въ видѣ густой клейкой жидкости, содержащей обыкновенно примѣсь бѣлыхъ кровяныхъ клѣтокъ и слюнныхъ тѣлецъ. Сравнительно съ разсмотрѣнными уже пищевари-

тельными жидкостями (слюной и желудочнымъ сокомъ), поджелудочный сокъ значительно богаче твердыми составными частями. По анализамъ К. Шмидта. 100 частей сока содержать:

Воды . . . . 88,44—90,68%  
Твердыхъ вещ. 11,56— 9,92%

Большая часть твердыхъ веществъ состоитъ изъ бѣлковъ и отчасти другихъ органическихъ веществъ; такъ, въ одномъ изъ анализовъ количество органическихъ веществъ было найдено равнымъ 9,04%, въ то же время какъ соли составляли лишь 0,88%; среди солей поджелудочнаго сока преобладаетъ хлористый натрій (0,75%).

Поджелудочный сокъ обладаетъ сильно щелочной реакціей, что зависитъ отъ присутствія въ сокѣ соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ); щелочность поджелудочнаго сока имѣетъ очень важное физиологическое значеніе, такъ какъ, благодаря ей, кислота пищевой кашицы тотчасъ же вслѣдъ за переходомъ ея въ кишки нейтрализуется и реакція пищевой смѣси переходитъ въ щелочную; вслѣдствіе этой перемежной реакціи дѣйствіе пепсина за предѣлами желудка угасаетъ окончательно.

Но для пищеварительныхъ цѣлей въ кишечникѣ пепсинъ уже и не нуженъ, такъ какъ поджелудочный сокъ содержитъ другой переваривающій бѣлки ферментъ—трипсинъ.

Кромѣ трипсина, въ поджелудочномъ сокѣ находятся еще два фермента, дѣйствіе которыхъ направлено на 2 остальные группы питательныхъ веществъ — углеводы и жиры. Такимъ образомъ, поджелудочная железа является пищеварительнымъ аппаратомъ въ самомъ широкомъ значеніи этого слова, такъ какъ она перевариваетъ всѣ три класса пищевыхъ веществъ.

Для демонстраціи дѣйствія поджелудочнаго сока на бѣлки и крахмаль, вмѣсто трудно добываемаго натурального поджелудочнаго сока можно пользоваться глицериновымъ настоемъ свиной поджелудочной железы, которую можно получить на бойняхъ. Глицериновый настой железы способенъ переваривать бѣлки и крахмаль въ тѣхъ же условіяхъ, какъ это было приведено для желудочнаго сока и слюны; поэтому входитъ въ детальное описаніе опытовъ съ бѣлками и углеводами я не буду.

Для демонстраціи перевариванья жировъ поджелудочнымъ сокомъ, въ виду того, что ферментъ, расщепляющій жиры, очень непостояненъ и легко разлагается, удобнѣе всего пользоваться слѣдующимъ способомъ, предложеннымъ Кл. Бернаромъ.

У только что убитой крысы вскрывается полость живота, отыскивается поджелудочная железа, и отъ нея отдѣляются небольшіе кусочки, которые тотчасъ же бросаются въ крѣпкій (97°) спиртъ, въ которомъ и остаются на 10—15 минутъ; затѣмъ спиртъ перемежается, въ новой порціи кусочки оставляются еще на 10 минутъ. Спиртъ извлекаетъ изъ железы воду и, если теперь перенести ее въ эфирный растворъ прованскаго масла, ткань железы пропитывается

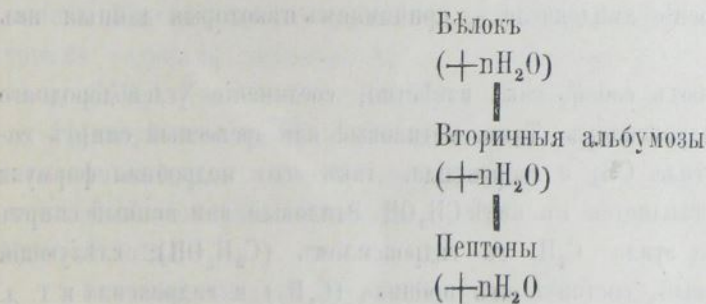
этимъ растворомъ. Черезъ четверть часа кусочки железы вынимаются изъ эфирнаго раствора и оставляются на нѣкоторое время на воздухѣ, причемъ эфиръ испаряется, а жиръ остается на железѣ. Вслѣдъ за этимъ ихъ переносятъ въ каплю водной настойки лакмуса, нанесенную на стеклянную пластинку. Черезъ нѣкоторое время кусокъ железы окружается краснымъ полемъ; это показываетъ, что подъ вліяніемъ фермента поджелудочной железы жиръ разложился на глицеринъ и свободныя жирныя кислоты; послѣднія и вызвали въ лакмусовой настойкѣ красную окраску.

Наибольшее значеніе, какъ практическое, для организма, такъ, особенно теоретическое, имѣетъ ферментъ, переваривающій бѣлки—трипсинъ.

Въ противоположность пепсину, трипсинъ (отъ греч. трипестай—распа-даться) способенъ переваривать бѣлки какъ въ нейтральной, такъ и слабо кислой, и въ щелочной жидкости; но въ присутствіи щелочи ферментъ дѣйствуетъ всего энергичнѣй.

Подобно пепсину, трипсинъ расщепляетъ бѣлокъ сначала на альбумозы (вторичныя), затѣмъ на пептоны; но въ противоположность пепсину, на образованіи пептоновъ дѣйствіе трипсина не оканчивается; пептоны подвергаются дальнѣйшему расщепленію на рядъ болѣе простыхъ, кристаллическихъ веществъ, такъ что при продолжительномъ дѣйствіи трипсина бѣлковая молекула разрушается совершенно, и въ качествѣ конечныхъ продуктовъ появляются тѣла сравнительно простаго состава: 1) кислоты: лейцинъ, тирозинъ, аспарагиновая кислота, глютаминовая кислота; 2) основанія: лизинъ, аргининъ, гистидинъ.

Схема расщепленія бѣлковъ подъ вліяніемъ трипсина можетъ быть изображена въ слѣдующемъ видѣ:



Лейцинъ, тирозинъ, аспарагиновая  
кислота, глютаминовая кислота.

Лизинъ, аргининъ.  
гистидинъ.

Полное расщепленіе бѣлковой молекулы на кристаллическія вещества, правда, не имѣетъ практическаго значенія, такъ какъ оно происходитъ исключительно въ томъ случаѣ, если ферментъ дѣйствуетъ на бѣлки въ теченіе очень долгаго времени (3—4 мѣсяца); но оно имѣетъ очень важное значеніе для сужденія о внутреннемъ строеніи бѣлковой частицы.

Реакція, при помощи которой достигается здѣсь расщепленіе, представляетъ примѣръ гидролиза. При гидролизѣ же, какъ уже намъ извѣстно, все дѣло ограничивается разрывомъ парныхъ соединеній на ихъ составныя части, причемъ

эти составныя части не подвергаются никакому дальнѣйшему измѣненію, а выходятъ изъ частицы сложнаго вещества въ томъ видѣ, въ какомъ онѣ существовали и внутри частицы, лишь присоединяя къ себѣ воду. Отсюда легко понять, что такія гидролитическія реакціи даютъ намъ возможность по продуктамъ реакціи судить о строеніи того сложнаго вещества, изъ котораго эти продукты произшли. Стоитъ лишь представить себѣ, что продукты гидролиза соединились вмѣстѣ съ выдѣленіемъ воды—и мы получимъ понятіе о строеніи исходнаго тѣла. Такъ, зная, что крахмалъ распадается при кипяченіи съ кислотами на виноградный сахаръ, мы дѣлаемъ выводъ, что молекула крахмала составлена изъ большого числа частицъ винограднаго сахара, соединившихся другъ съ другомъ при выдѣленіи воды.

Такое же значеніе для пониманія строенія бѣлковой частицы имѣютъ продукты ея распада, получающіеся при дѣйствіи трипсина, а потому мы остановимся на нихъ нѣсколько подробнѣе.

Конечные продукты трипсинавога пищеваренія распадаются на двѣ группы; къ первой принадлежатъ тѣла кислотнаго характера, т. е. окрашивающія лакмусовую бумажку въ красный цвѣтъ и дающія соли съ металлами; ко второй группѣ относятся вещества основнаго характера, измѣняющія цвѣтъ красной лакмусовой бумажки въ синій и образующія соли съ кислотами.

I группу составляютъ: лейцинъ, тирозинъ, аспарагиновая и глутаминовая кислоты.

II группа состоитъ изъ: лизина, аргинина и гистидина.

Вещества, принадлежащія къ I группѣ, все относятся къ такъ называемымъ амидокислотамъ.

Чтобы понять строеніе амидокислотъ, припомнимъ нѣкоторыя данныя изъ органической химіи.

Спирты представляютъ собой, какъ извѣстно, соединеніе углеводороднаго радикала (алкила) съ гидроксилемъ. Такъ, метиловый или древесный спиртъ состоитъ изъ радикала метила  $\text{CH}_3$  и гидроксила, такъ что подробная формула метиловаго спирта представляется въ видѣ  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Этиловый или винный спиртъ есть соединеніе радикала этила  $\text{C}_2\text{H}_5$  съ гидроксилемъ ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ); слѣдующій высшій спиртъ, пропиловый, состоитъ изъ пропила ( $\text{C}_3\text{H}_7$ ) и гидроксила и т. д.

Опытъ показываетъ, что спиртовые радикалы могутъ соединяться съ амміакомъ, образуя такъ называемыя амины. При этомъ, изъ амміака  $\text{NH}_3$  одинъ атомъ водорода уходитъ, а на его мѣсто встаетъ спиртовой радикалъ.

Такимъ образомъ:

метиловому спирту $\text{CH}_3\text{OH}$	соотвѣтствуетъ	метиламיןъ	$\text{CH}_3 \cdot \text{NH}_2$
этиловому » $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	»	этиламיןъ	$\text{C}_2\text{H}_5 \cdot \text{NH}_2$
пропиловому » $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	»	пропиламיןъ	$\text{C}_3\text{H}_7 \cdot \text{NH}_2$

Благодаря присутствію въ аминахъ остатка амміака, амины разсматриваются, какъ сложные или замѣщенные амміаки; подобно амміаку, они способны съ кислотами давать соли.

Пойдемъ далѣе. Органическія или углеродныя кислоты представляютъ собой соединеніе также углеводородныхъ радикаловъ, но уже не съ гидроксилами, а съ углеродистой же группой  $\text{COOH}$ , которая носитъ названіе карбоксила и своимъ присутствіемъ и придаетъ данному соединенію кислотный характеръ, такъ какъ водородъ въ карбоксиль способенъ замѣщаться металлами.

Подобно ряду спиртовъ, имѣется соотвѣтствующій этимъ спиртамъ рядъ кислотъ, которыя получаютъ окисленіемъ спиртовъ.

Метиловому спирту	$\text{CH}_3\text{OH}$	соотвѣтствуетъ	муравьиная к.	$\text{H} \cdot \text{COOH}$
Этиловому	» $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	»	уксусная	» $\text{CH}_3\text{COOH}$
Пропиловому	» $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	»	пропіоновая	» $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$
Бутиловому	» $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	»	масляная	» $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$
Амиловому	» $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$	»	валеріанов.	» $\text{C}_4\text{H}_9\text{COOH}$
Гексиловому	» $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$	»	капроновая	» $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{COOH}$ .

Такимъ образомъ, мы видимъ, что соединеніе одного и того же радикала, напримѣръ  $\text{CH}_3$ , съ гидроксильомъ даетъ спиртъ, съ карбоксильомъ—кислоту.

Но существуютъ смѣшанныя соединенія, въ которыхъ радикалъ соединенъ съ одной стороны съ карбоксильомъ, съ другой—съ гидроксильомъ. Такъ, если въ уксусной кислотѣ  $\text{CH}_3\text{COOH}$  въ радикалѣ  $\text{CH}_3$  замѣстимъ одинъ атомъ водорода гидроксильомъ ( $\text{OH}$ ), то и получимъ такое смѣшанное соединеніе, которое, согласно входящимъ въ составъ ея гидроксильу и карбоксильу, и носитъ названіе спиртокислоты (или оксикислоты); получается вещество формулы  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{COOH}$  (такъ называемая гликоловая кислота).

Но спирты, какъ мы видѣли, могутъ соединяться съ амміакомъ, образуя амины. Подобно спирто-кислотамъ, существуютъ смѣшанныя соединенія, въ которыхъ радикалъ соединенъ 1) съ карбоксильомъ ( $\text{COOH}$ ) 2) съ остаткомъ амміака ( $\text{NH}_2$ ). Такія соединенія обладаютъ двойственнымъ характеромъ 1) кислоты 2) спиртового амина и носятъ названіе амидокислотъ. Замѣщая въ радикалѣ вышеприведенныхъ кислотъ одинъ водородъ амміачнымъ остаткомъ ( $\text{NH}_2$ , такъ называемой амидной группой), получаемъ соотвѣтствующій кислотамъ рядъ амидокислотъ.

Уксусной кислотѣ  $\text{CH}_3\text{COOH}$  отвѣчаетъ амидоуксусная кислота (или гликоколль)  $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$

Пропіоновой кислотѣ  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$  отвѣчаетъ амидопропіоновая кислота (или аланинъ)  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{NH}_2)\text{COOH}$

Капроновой кислотѣ  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{COOH}$  отвѣчаетъ амидокапроновая кислота  $\text{C}_5\text{H}_{10}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ .

Лейцинъ и есть не что иное, какъ амидокапроновая кислота.

Въ вышеприведенномъ рядѣ органическихъ кислотъ каждая кислота содержитъ въ составѣ своей частицы лишь 1 карбоксиль ( $\text{COOH}$ ); этотъ карбоксиль и придаетъ соединенію кислотныя свойства, такъ какъ водородъ карбоксила способенъ замѣщаться металлами, образуя соли; напримѣръ, уксусная

кислота  $\text{CH}_3\text{COOH}$  даетъ съ ѣдкимъ натромъ соль состава  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (уксуснокислый натрій), въ которой, какъ видно изъ формулы, Na всталъ на мѣсто H карбоксила.

Но существуютъ кислоты, радикаль которыхъ соединенъ съ двумя карбоксилами; они называются двуосновными, такъ какъ могутъ давать соли съ двумя атомами металла.

Рядъ двуосновныхъ кислотъ состоитъ изъ слѣдующихъ членовъ:

Щавелевая кислота	{	$\text{COOH}$	{	$\text{COOH}$
Малоновая кислота	$\text{CH}_2$	{	$\text{COOH}$	{
		$\text{COOH}$		
Янтарная кислота	$\text{C}_2\text{H}_4$	{	$\text{COOH}$	{
		$\text{COOH}$		
Пировинная кислота	$\text{C}_3\text{H}_6$	{	$\text{COOH}$	{
		$\text{COOH}$		

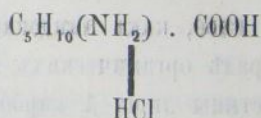
Кислоты этого ряда, обмѣнивая одинъ водородъ радикала на амидную группу, также способны давать амидокислоты. Аспарагиновая и глутаминовая кислоты и представляютъ собой производныя ряда двуосновныхъ кислотъ. Аспарагиновая кислота есть не что иное, какъ амидоянтарная кислота  $\text{C}_2\text{H}_3(\text{NH}_2)$  {  $\text{COOH}$ ,  $\text{COOH}$ .

глутаминовая кислота—амидопировинная кислота  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{NH}_2)$  {  $\text{COOH}$ ,  $\text{COOH}$ .

Чтобы покончить съ амидокислотами, образующимися при триенномъ пищевареніи, намъ остается разсмотрѣть строеніе тирозина.

Замѣщая въ пропионовой кислотѣ (см. выше) 1 атомъ водорода амидной группой, получаемъ амидопропионовую кислоту  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{NH}_2)\text{COOH}$ , или аланинь. Присоединеніемъ къ аланину ароматической (оксифенильной  $\text{C}_6\text{H}_5(\text{OH})$ ) группы и образуется тирозинъ  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{C}_2\text{H}_3(\text{NH}_2)\text{COOH}$ , который есть не что иное, какъ такъ называемый оксифениль-аланинь.

Амидокислоты, содержа карбоксиль, способны давать съ основаніями соли; но такъ какъ онѣ содержатъ кромѣ того и амміачный остатокъ, который можно сравнить по химическому значенію съ спиртовымъ амидомъ, амидокислоты образуютъ соли также и съ кислотами; въ случаѣ образованія солей съ металлами, послѣдніе становятся на мѣсто водорода въ карбоксильной группѣ; кислоты же присоединяются къ амиду. Такъ, напримѣръ, лейцинъ съ натріемъ образуетъ соль состава  $\text{C}_5\text{H}_{10}(\text{NH}_2)\text{COONa}$ , а съ хлористоводородной кислотой даетъ соль, составъ которой можно выразить формулой



Мы видимъ, что амидокислотамъ присущи одновременно свойства кислоты и основанія; но кислотныя свойства въ нихъ преобладаютъ.

Если же, напримѣръ, въ капроновой кислотѣ, отъ которой производится лейцинъ, замѣстить амидными группами не одинъ, какъ въ лейцинѣ, а два атома водорода, получимъ вещество формулы  $C_5H_9(NH_2)_2COOH$ , въ которомъ содержится одна кислотная группа (карбоксиль) и 2 основныхъ (амидныхъ) группы; естественно, что въ такомъ соединеніи преобладаютъ уже не кислотныя, а основныя свойства, что, между прочимъ, сказывается и тѣмъ, что на лакмусовую бумажку такое соединеніе дѣйствуетъ, какъ щелочь, т. е. окрашиваетъ красную бумажку въ синій цвѣтъ.

Только что приведенная формула  $C_5H_9(NH_2)_2COOH$  и выражаетъ собой составъ одного изъ веществъ II группы—лизина, получающагося при трипсиновомъ пищевареніи. Слѣдовательно, лизинъ есть не что иное, какъ діамидокапроновая (двуамидокапроновая) кислота.

Мы видимъ на примѣрѣ лейцина и лизина, что вхожденіе въ частицу азота въ видѣ амидныхъ группъ придаетъ веществу все болѣе усиливающейся (по мѣрѣ увеличенія числа амидовъ) основной характеръ. Капроновая кислота не имѣетъ вовсе основныхъ свойствъ и реагируетъ исключительно, какъ кислота; амидокапроновая кислота (лейцинъ) обладаетъ, главнымъ образомъ, кислотными свойствами, хотя не лишена уже и основныхъ; наконецъ, въ діамидокапроновой кислотѣ (лизинѣ) преобладаютъ уже основныя свойства.

Легко понять, что и два другія вещества II группы, образующіяся при трипсиновомъ пищевареніи,—аргининъ и гистидинъ,—также обладаютъ основными свойствами, потому что они содержатъ еще больше азота, чѣмъ лизинъ. Формула аргинина  $C_6H_{14}N_4O_2$ , формула гистидина  $C_6H_7N_3O_2$ .

Къ сожалѣнію, химическое строеніе этихъ двухъ веществъ въ настоящее время еще не выяснено. Всѣ 3 основанія, получающіяся при трипсиновомъ пищевареніи, названы Косселемъ гексоновыми основаніями, потому что всѣ они содержатъ 6C (гекса—шесть).

Распаденіе крахмала при кипяченіи съ кислотами на рядъ частицъ винограднаго сахара даетъ поводъ заключить, что сложная молекула крахмала состоитъ изъ большого числа соединенныхъ между собой частицъ винограднаго сахара. Прилагая тотъ же способъ разсужденія къ гидролизу бѣлка при помощи трипсина, мы должны сдѣлать выводъ, что молекула бѣлковыхъ тѣлъ составлена соединеніемъ нѣкотораго числа молекулъ амидокислотъ и гексоновыхъ основаній.

Коссель показалъ, что 3 гексоновыя основанія (лизинъ, аргининъ и гистидинъ), соединяясь другъ съ другомъ, даютъ вещество (такъ называемый протаминъ), которое въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ приближается къ бѣлку, почему и разсматривается Косселемъ, какъ простѣйшее бѣлковое тѣло. Путемъ постепеннаго усложненія изъ этого простѣйшаго бѣлка могутъ образоваться болѣе и болѣе сложныя бѣлковыя вещества, находямыя въ природѣ. Мы видѣли, что путемъ такого же постепеннаго усложненія можно себѣ представить образованіе



высших углеводовъ изъ высшихъ. Но въ случаѣ углеводовъ усложненіе идетъ, такъ сказать, лишь количественно, увеличивается лишь число молекулъ винограднаго сахара, входящихъ въ составъ высшихъ углеводовъ; такъ мальтоза, напримѣръ, содержитъ всего лишь двѣ молекулы винограднаго сахара, декстринъ уже больше, крахмалъ еще болѣе; качественного же различія между матеріаломъ, изъ котораго образуется мальтоза, декстринъ и крахмалъ, нѣтъ.

Въ случаѣ бѣлковыхъ тѣлъ дѣло обстоитъ иначе. Основнымъ веществомъ, изъ котораго образуется истинный бѣлокъ, такъ сказать, ядромъ бѣлковой молекулы является протаминъ, образованный соединеніемъ 3 тексоновыхъ основаній. Переходъ отъ протамина къ высшимъ бѣлкамъ осуществляется путемъ присоединенія къ протамину другихъ веществъ, прежде всего амидокислотъ жирнаго ряда (лейцинъ, аспарагиновая к., глутаминовая к.); дальнѣйшее усложненіе состоитъ въ присоединеніи ароматической группы въ видѣ тирозина. Наконецъ, въ образовавшуюся, такимъ образомъ, уже очень сложную частицу могутъ входить другіе элементы, какъ сѣра, іодъ и проч.

Далѣе, эти молекулы могутъ еще въ разнообразныхъ комбинаціяхъ соединяться другъ съ другомъ и такимъ образомъ даютъ тѣ колоссальныя частицы бѣлковыхъ тѣлъ, о которыхъ мы говорили выше.

Приведенный взглядъ на строеніе бѣлковыхъ тѣлъ, конечно, не болѣе, какъ гипотеза, но, во всякомъ случаѣ, она основана на большемъ числѣ твердо установленныхъ фактовъ, чѣмъ другія предложенныя по тому же вопросу гипотезы; такъ несомнѣнно, что вещества, получаемыя изъ бѣлковъ при трипсиновомъ пищевареніи, входятъ интегральной составной частью въ молекулу бѣлка.

Для полнаго расщепленія бѣлка на вышеупомянутыя простыя соединенія требуется очень продолжительное время (нѣсколько мѣсяцевъ). Въ физиологическихъ же условіяхъ, во время кишечнаго пищеваренія, лишь часть бѣлка подвергается такому глубокому расщепленію, остальное количество бѣлка успѣваетъ достигнуть лишь станціи альбумозъ и пептоновъ. Въ виду того, что въ кишечникѣ, какъ и въ желудкѣ, содержится сычужный ферментъ, можно думать, что и здѣсь альбумозы и пептоны подвергаются обратному превращенію въ бѣлокъ, такъ что полная схѣма химическаго превращенія бѣлковъ въ кишечникѣ въ общемъ напоминаетъ вышеприведенную схѣму желудочнаго пищеваренія.

О расщепленіи углеводовъ подъ вліяніемъ сока поджелудочной железы приходится сказать очень немного.

Процессъ перевариванья крахмала ферментомъ поджелудочной железы совершенно тождественъ съ перевариваніемъ его слюной; точно также, какъ и въ случаѣ слюны, здѣсь крахмалъ расщепляется сперва на рядъ промежуточныхъ декстриновъ и въ концѣ концовъ даетъ мальтозу.

Расщепленіе жировъ сокомъ поджелудочной железы, обыкновенно, не достигаетъ сколько нибудь значительной степени; разложенію подвергается лишь небольшая часть жира, остальное количество его остается неразложеннымъ.

Но тѣмъ не менѣе, и это, незначительное по объему, дѣйствіе поджелудочнаго сока на жиры играетъ видную роль въ усвоеніи организмомъ жира. Жиры и масла, какъ извѣстно, въ водѣ нерастворимы и, будучи налиты на поверхность воды, образуютъ большихъ или меньшихъ размѣровъ капли, имѣющія стремленіе сливаться другъ съ другомъ въ одну массу. Такое состояніе жира очень неудобно для процесса всасыванья его, который въ кишечникѣ происходитъ слѣдующимъ образомъ.

Клѣтки эпителия кишки на поверхности, обращенной въ просвѣтъ, снабжены палочкообразными отростками, которые способны укорачиваться и удлиняться, т. е. производить движенія, напоминающія амебодныя движенія одноклѣточныхъ организмовъ. Путемъ попеременнаго выпусканія и втягиванья этихъ отростковъ эпителиальная клѣтка имѣетъ возможность захватывать и вводить въ свою протоплазму мельчайшія капельки жира, плавающія въ содержимомъ кишечника (рис. 57).

Но, разумѣется, клѣтки могутъ овладѣвать такимъ образомъ лишь самыми мельчайшими капельками жира. Поэтому то натуральнй, неизмѣненный жиръ, образующій одну сплошную массу, былъ бы недоступенъ для кишечнаго эпителия. Для того, чтобъ создать условія, необходимыя для всасыванія жира, требуется, слѣдовательно, превратить его въ мелко раздробленное состояніе, т. е.

произвести такъ называемую эмульсію жира (эмульсіей называется смѣсь двухъ жидкостей, изъ которыхъ одна распредѣляется въ другой въ формѣ мелкихъ капелекъ, но не растворяется въ послѣдней). Эмульсію жира можно произвести и съ водой, но такая эмульсія очень непрочная и легко разлагается на свои составныя части: жиръ всплываетъ наверхъ, вода остается внизу. Несравненно болѣе тонкую и болѣе прочную эмульсію можно получить, взбалтывая жиръ не съ чистой водой, а съ воднымъ растворомъ мыла. Въ такой эмульсіи жиръ долгое время остается въ формѣ мельчайшихъ капелекъ, не стремящихся сливаться другъ съ другомъ.

Частичное разложеніе жировъ и создаетъ условія для образованія прочной жировой эмульсии.

Какъ только хотя небольшая часть жира разложилась подъ вліяніемъ поджелудочнаго сока на глицеринъ и жирныя кислоты, послѣднія не остаются свободными, а тотчасъ же, съ водой поджелудочнаго сока, образуютъ натріевую соль жирной кислоты, т. е. мыло, по уравненію:

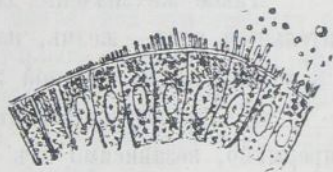
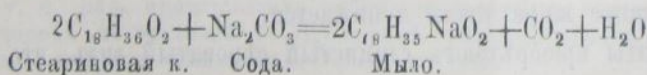


Рис. 57. Захватыванье жировыхъ капельъ эпителиемъ кишки.

Мыло, растворяясь въ жидкости, и поддерживает жиры въ мелко раздробленномъ видѣ.

Въ связи съ эмульгирующимъ дѣйствіемъ поджелудочнаго сока на жиры стоятъ многіе факты, касающіеся всасыванья жира и открытыя, главнымъ образомъ, Кл. Бернаромъ. У кроликовъ выводной протокъ поджелудочной железы впадаетъ въ стѣнку кишки, сравнительно, на далекомъ разстояніи отъ желудка. Вскрывая кролика послѣ того, какъ онъ накормленъ содержащей жиры пищей, можно легко замѣтить, что млечные сосуды, идущіе отъ кишечника, по которымъ всасывается изъ кишечника жировая эмульсія, выше протока поджелудочной железы почти вовсе не содержатъ жира; наоборотъ, ниже мѣста впаденія протока въ кишку, гдѣ, слѣдовательно, нища имѣть уже возможность смѣшиваться съ поджелудочнымъ сокомъ, млечные сосуды туго наполнены жировой эмульсіей.

Собаки, у которыхъ вырѣзана поджелудочная железа, отличаются замѣчательной прожорливостью; это зависитъ отъ того, что у такихъ собакъ всасываніе жировъ почти совершенно прекращается, и въ калѣ можно найти почти весь жиръ, принятый животнымъ съ пищей.

Такое же значеніе для всасыванья жировъ имѣть и слѣдующій пищеварительный сокъ—желчь, изливающаяся въ кишечникъ, обыкновенно, вмѣстѣ съ сокомъ поджелудочной железы.

Желчь вырабатывается печенью и выдѣляется печеночными клѣтками непрерывно, независимо отъ того, происходитъ ли въ данный моментъ пищевареніе, или нѣтъ. Но выдѣляющійся такимъ образомъ секретъ временно скопляется въ особомъ резервуарѣ—такъ называемомъ желчномъ пузырьѣ; изъ этого послѣдняго въ кишечникъ желчь поступаетъ лишь одновременно съ поджелудочнымъ сокомъ, т. е. во время прохожденія пищевой кашицы по двѣнадцати-перстной кишкѣ.

Желчь, подобно поджелудочному соку, способна эмульгировать жиры; это свойство желчи зависитъ отъ присутствія въ ней незначительныхъ количествъ мыла. Кромѣ того, значеніе желчи во всасыванья жировъ наглядно демонстрируется слѣдующимъ опытомъ: если фильтровать жиръ чрезъ какую либо животную перепонку, то при обыкновенныхъ условіяхъ жиръ чрезъ перепонку не проходитъ, и требуется значительно повысить давленіе для того, чтобы продавить жиръ чрезъ перепонку. Если же предварительно смочить перепонку желчью, жиръ фильтруется чрезъ нее и при обыкновенномъ давленіи.

Наконецъ, замѣчено, что движенія эпителиальныхъ клѣтокъ кишки, направленные къ захватыванью жировыхъ капелекъ изъ содержимаго кишечника, въ присутствіи желчи становятся гораздо болѣе энергичными.

Соотвѣтственно сказанному, послѣ операціи желчной фистулы, когда отдѣленіе желчи въ кишечникъ не происходитъ, а вся желчь отводится изъ пузыря наружу, всасыванье жира также понижается.

Экскременты приобрѣтаютъ глинистый сѣроватый видъ, что зависитъ отъ

большой примѣси къ нимъ жира; то же наблюдается при желтухѣ, когда желчь также не попадаетъ въ кишечникъ.

Описаннымъ отношеніемъ къ всасыванію жира, въ сущности, и ограничивается участіе желчи въ пищевареніи.

На бѣлки желчь совершенно не дѣйствуетъ. Ей приписывается слабое переваривающее дѣйствіе по отношенію къ крахмалу, но въ виду весьма энергичныхъ амилолитическихъ (== расщепляющихъ крахмалъ) свойствъ поджелудочнаго сока, на долю желчи едва-ли выпадаетъ сколько нибудь замѣтное участіе въ перевариваньи углеводовъ.

Несмотря на очень малое пищеварительное значеніе желчи, она очень богата плотными составными веществами.

Такъ въ 100 частяхъ человѣческой желчи (взятой изъ пузыря) по анализамъ Гаммарстена содержится:

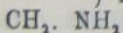
Воды . . . . .	82,96—83,98%
Органич. веществъ . . . . .	16,53—15,48%
Солей . . . . .	0,51— 0,54%

Такимъ образомъ, по содержанію твердыхъ составныхъ частей желчь богаче всѣхъ пищеварительныхъ соковъ. И тѣмъ не менѣе, всѣ эти твердыя вещества не имѣютъ рѣшительно никакого пищеварительнаго значенія. Они представляютъ собой продукты обмѣна веществъ печеночныхъ клѣтокъ, отбросы жизненнаго процесса ихъ, или побочные продукты тѣхъ въ высшей степени сложныхъ химическихъ реакцій, которыя протекаютъ въ печени.

Впрочемъ, одно изъ содержащихся въ желчи твердыхъ составныхъ веществъ образуется не въ печени, а присоединяется къ желчи во время пребыванія ея въ желчномъ пузырьѣ. Это бѣлковое вещество, придающее желчи слизистый характеръ и выдѣляющееся въ видѣ осадка послѣ прибавки къ желчи уксусной или соляной кислоты. Оно носитъ названіе желчнаго муцина. Въ желчи, собранной прямо изъ печени, этого вещества нѣтъ. Желчный муцинъ выдѣляется железами, выстилающими слизистую оболочку желчнаго пузыря и желчныхъ протоковъ.

Наиболѣе характерными составными частями желчи являются двѣ такъ называемыя желчныя кислоты. Обѣ онѣ представляютъ собой парное соединеніе такъ называемой холевои (холе—желчь) кислоты (формула  $C_{24}H_{40}O_5$ ); соединяясь съ извѣстнымъ уже намъ гликоколламъ (амидо-уксусной кислотой  $CH_2(NH_2)COOH$ ), холевая кислота образуетъ глико-холевую кислоту. При соединеніи той же холевои кислоты съ тауриномъ ( $C_2H_7NSO_3$ ) <sup>1)</sup> образуется вторая желчная кислота—такъ называемая таурохолевая.

<sup>1)</sup> Тауринъ можетъ быть изображенъ формулой



$CH_2. SO_3H$ , т. е. онъ представляетъ собой этилосѣрную кислоту  $C_2H_5. SO_3H$ , въ которой 1 водородъ въ этиловой ( $C_2H_5$ ) группѣ замѣщенъ амидомъ. Поэтому, рачіональное названіе таурина—амидо-этило-сѣрная кислота.

Что касается физиологическаго значенія желчныхъ кислотъ, надо сознаться, что неоспоримыхъ данныхъ по этому вопросу неизвѣстно. Предполагалось, что желчныя кислоты дезинфицируютъ кишечникъ и ограничиваютъ происходящія въ немъ процессы гнѣенія. Это предположеніе основывалось на томъ фактѣ, что при прекращеніи доступа желчи въ кишечникъ (напр. послѣ наложенія желчной фистулы, или при желтухѣ) экскременты приобретаютъ особенно противный запахъ, что указывало на усиленіе гнѣенія въ кишкахъ.

Но точные опыты показали, что это усиленное гнѣеніе зависитъ отъ несовершеннаго перевариванья жира въ отсутствіи желчи; жиръ обволакиваетъ куски пищи и дѣлаетъ ихъ непроницаемыми для пищеварительныхъ соковъ; бѣлокъ, такимъ образомъ, не переваривается, не всасывается и дѣлается добычей гнилостныхъ микроорганизмовъ.

Что же касается антисептическихъ свойствъ самихъ желчныхъ кислотъ, то надо сказать, что свободныя желчныя кислоты, какъ вообще всякія кислоты, обладаютъ слабыми антисептическими свойствами. Но въ желчи кислоты содержатся не въ свободномъ видѣ, а въ видѣ солей; соли же желчныхъ кислотъ, какъ показалъ опытъ, совершенно не способны задерживать гнилостные процессы. Поэтому, и объ антисептическомъ дѣйствіи желчи говорить не приходится.

Повидимому, пока наиболѣе правильно разсматривать желчныя кислоты просто, какъ продуктъ обмѣна веществъ печеночныхъ клѣтокъ; съ желчью эти продукты выбрасываются вонъ и, какъ отбросы, не имѣютъ, конечно никакого дальнѣйшаго физиологическаго значенія—это уже отработавшее, выполнившее свою задачу вещество, и организмъ выбрасываетъ его вонъ, какъ негодный болѣе и къ тому же еще и ядовитый матеріалъ.

Къ такимъ же отбросамъ принадлежатъ и красящія вещества желчи—билирубинъ (желтаго цвѣта) и биливердинъ (зеленаго цвѣта). Они представляютъ собою продукты разрушенія кровяной краски, и эта составная часть желчи никакого пищеварительнаго значенія не имѣетъ.

Сопоставляя слабыя пищеварительныя свойства желчи съ обиліемъ въ ней веществъ, которыя въ пищевареніи вовсе не участвуютъ, а являются лишь шлаками, отбросами сложныхъ реакцій, протекающихъ въ организмѣ, приходится сдѣлать выводъ, что желчь лишь въ очень ограниченномъ смыслѣ можно разсматривать, какъ пищеварительный сокъ въ тѣсномъ значеніи этого слова; главная же ея роль состоитъ въ выведеніи продуктовъ обмѣна веществъ и, поэтому, желчь можно сопоставить не съ пищеварительными жидкостями, а, напримѣръ, съ мочей, которая также предназначена для выведенія изъ организма продуктовъ обмѣна веществъ.

Послѣдняя пищеварительная жидкость, съ которой встрѣчается пища, есть кишечный сокъ. Онъ выделяется железами (такъ называемые Либеркюновыми, по имени автора, открывшаго ихъ), находящимися въ слизистой оболочкѣ кишекъ.

Чистый кишечный сок получается при помощи кишечной фистулы, которая накладывается слѣдующимъ образомъ.

Вскрывши брюшную полость, вырѣзаютъ кусокъ кишечной петли, оставляя его въ связи съ брыжейкой. Одно отверстіе такого цилиндрическаго отрѣзка кишки зашивается наглухо, другое вшивается въ кожную рану; верхній же и нижній отдѣлы кишечника, раздѣленные другъ отъ друга вслѣдствіе вырѣзки изъ нихъ куска, сшиваются другъ съ другомъ, и такимъ образомъ непрерывность кишечной трубки вновь восстанавливается, такъ что кишечное пищевареніе можетъ совершаться нормально.

Выдѣляющійся въ полости отрѣзаннаго куска кишки сокъ можетъ быть собранъ чрезъ отверстіе фистулы.

Кишечный сокъ представляетъ собою блѣдно-желтую жидкость сильно щелочной реакціи, вслѣдствіе большого сравнительно (до  $1\frac{1}{2}\%$ ) содержанія соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

Это высокое содержаніе соды служитъ, между прочимъ, причиной того явленія, что кишечный сокъ съ кислотами вскипаетъ, выдѣляя пузырьки углекислоты (явленіе выдѣленія газа при смѣшеніи соды съ кислотой извѣстно каждому изъ примѣра приготовленія шипучаго напитка при помощи  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и винокаменной кислоты).

100 частей кишечнаго сока содержатъ:

97,02%—воды

2,5%—органическихъ веществъ.

0,48%—солей, среди которыхъ, какъ сказано, преобладаетъ углекислый натръ (0,37%).

Пищеварительныя свойства кишечнаго сока незначительны.

На бѣлковыя вещества онъ не дѣйствуетъ совершенно, если только исключить гнилостные микроорганизмы. Бѣлки, введенные въ кишечную фистулу, не измѣняются въ ней въ теченіи 24 часовъ.

Точно также и отношенію къ жирамъ кишечный сокъ совершенно индифферентенъ—онъ не расщепляетъ нейтральныхъ жировъ и не эмульгируетъ ихъ, если они не содержатъ примѣси свободныхъ жирныхъ кислотъ. Въ противномъ случаѣ, когда въ жирѣ присутствуютъ жирныя кислоты, какъ это бываетъ, на примѣръ, въ прогорклomъ маслѣ, кислоты тотчасъ же даютъ съ содой кишечнаго сока мыло, растворъ котораго, какъ выше указано, способенъ давать съ жиромъ довольно прочную эмульсію.

Истинно—пищеварительное дѣйствіе кишечный сокъ оказываетъ только на углеводы.

Подобно слюнкѣ и поджелудочному соку, кишечный сокъ довольно энергично перевариваетъ крахмальный клейстеръ. Такъ, 50 куб. сант. двухпроцентнаго клейстера, введенные въ отрѣзокъ кишки длиною въ 20 центиметровъ, въ теченіи 1 часа успѣваютъ перевариться и всосаться.

При перевариваньи крахмала кишечнымъ сокомъ конечнымъ продуктомъ, какъ и въ случаѣ слюны и поджелудочнаго сока, является солодовый сахаръ, мальтоза.

Но тотчасъ же подъ вліяніемъ другого фермента мальтоза расщепляется далѣе на двѣ молекулы винограднаго сахара. Тростниковый сахаръ также подвергается расщепленію подъ вліяніемъ кишечнаго сока на виноградный и плодовый сахаръ.

Такимъ образомъ, кишечный сокъ, какъ пищеварительная жидкость, дополняетъ собою дѣйствіе слюны и поджелудочнаго сока на углеводы. Принимая во вниманіе, какія громадныя количества углеводовъ принимаются въ пищу травоядными животными, легко понять, что у этихъ животныхъ на долю кишечнаго сока выпадаетъ значительная часть пищеварительной работы, такъ какъ едва-ли поджелудочный сокъ и слюна успѣваютъ переварить этотъ громадный углеводный матеріалъ.

Наконецъ, кишечный сокъ продолжаетъ разложеніе углеводовъ, произведенное упомянутыми пищеварительными жидкостями. Слюна и поджелудочный сокъ расщепляютъ крахмалъ лишь до стадіи дисахарида; кишечный же сокъ ведетъ расщепленіе далѣе и, расщепляя дисахариды на двѣ молекулы моносахаридовъ, такимъ образомъ, доводитъ разложеніе углеводной молекулы до нисшаго члена этого ряда, до элементарной углеводной молекулы—моносахарида.

Въ недавнее время въ кишечномъ сокѣ открыты два новыхъ фермента: 1) энтерокиноза (Павловъ) 2) эрепсинъ (Конгеймъ).

Энтерокиноза сама не дѣйствуетъ на пищевыя вещества, но способствуетъ какимъ то до сихъ поръ невыясненнымъ образомъ перевариванью бѣлковъ трипсиномъ; въ присутствіи энтерокинозы раствореніе бѣлка трипсиномъ происходитъ во много разъ скорѣе, чѣмъ въ отсутствіи ея.

Эрепсинъ разлагаетъ, подобно трипсину, бѣлковую молекулу на рядъ простыхъ кристаллическихъ продуктовъ, не имѣющихъ бѣлковаго характера (моно—и діамидокислоты); но, въ противоположность трипсину, эрепсинъ не дѣйствуетъ на активныя бѣлки, онъ можетъ расщеплять только альбумозы и пептоны и, слѣдов., только доканчиваетъ, т. сказать, дѣйствіе другихъ ферментовъ

Кишечнымъ сокомъ тонкихъ кишекъ оканчивается перевариванье пищи. На дальнѣйшемъ протяженіи кишечника (въ толстыхъ кишкахъ) пищевыя остатки уже не встрѣчаютъ болѣе истинно-пищеварительныхъ жидкостей. Отдѣляемое либеркюновыхъ железъ толстой кишки не содержитъ въ себѣ растворимыхъ ферментовъ и, слѣдовательно, неспособно переваривать пищевыхъ веществъ.

Но здѣсь пища подпадаетъ разлагающему дѣйствію организованныхъ ферментовъ—бактерій и дрожжевыхъ клѣтокъ, которыми кишитъ нижній отдѣлъ кишечника. Микроскопическій препаратъ изъ содержимаго кишечника показываетъ громадное количество микроорганизмовъ, которые буквально сплошь покрываютъ собою поле зрѣнія. Эти микроорганизмы и производятъ окончательное разложеніе непереваренныхъ и не всосавшихся остатковъ пищи: бѣлки подвер-

гаются настоящему гніенію, углеводы переходятъ въ броженіе (спиртовое, молочнокислое, маслянокислое),—словомъ, микроорганизмы окончательно разрушаютъ непереваренные остатки пищи. Смѣсь продуктовъ бактеріальнаго разложенія пищи съ непереваденными остатками, а также съ остатками пищеварительныхъ соковъ въ толстой кишкѣ мало по малу сгущаются вслѣдствіе всасыванья воды и наконецъ выбрасывается наружу въ видѣ экскрементовъ.

Мы прослѣдили, такимъ образомъ, превращенія, которымъ подвергаются пищевыя вещества въ желудочно-кишечномъ каналѣ.

Подъ вліяніемъ пищеварительныхъ соковъ: слюны, желудочнаго, поджелудочнаго и кишечнаго сока всѣ три труппы пищевыхъ веществъ: бѣлки, углеводы и жиры подверглись расщепленію на болѣе простыя тѣла, сложная молекула распалась на рядъ болѣе простыхъ частицъ.

Спрашивается, какой фізіологической смыслъ имѣетъ эта первая стадія пищеварительной работы, какія фізіологическія задачи организма она выполняетъ собой?

По отношенію къ бѣлковымъ тѣламъ общепринятой гипотезой, объясняющей смыслъ аналитической стадіи пищеваренія, является теорія Функе. Теорія эта основывается на разницѣ физическихъ свойствъ натуральныхъ бѣлковъ и образующихся изъ нихъ въ кишечникѣ пептоновъ. Натуральные бѣлки, какъ вещества, обладающія очень высокимъ молекулярнымъ вѣсомъ, принадлежатъ къ типичнымъ коллоидамъ; одно же изъ болѣе рѣзкихъ и издавна (еще изъ работъ Грэма) извѣстныхъ свойствъ коллоидовъ состоитъ въ неспособности ихъ просачиваться черезъ перепонки, диффундировать. Пептоны, какъ продукты расщепленія бѣлка, имѣютъ, конечно, меньшую величину частицы, по сравненію съ бѣлкомъ. Параллельно съ уменьшеніемъ частицы идетъ и ослабленіе коллоидальныхъ свойствъ, что сказывается, между прочимъ, тѣмъ, что пептоны въ значительно большей степени, чѣмъ бѣлки, способны къ диффузіи черезъ перепонки.

Принимая во вниманіе эту разницу бѣлковъ и пептоновъ по отношенію къ диффузіи, Функе и сдѣлалъ предположеніе, что единственная фізіологическая цѣль пептонизаціи состоитъ въ превращеніи неспособныхъ къ диффузіи, а слѣдов., не способныхъ и всасываться въ кишечникѣ бѣлковъ въ легко диффундирующіе пептоны. Читатель видитъ, что процессъ всасыванья пищевыхъ веществъ въ кишечникѣ, согласно теоріи Функе, сводится на явленія диффузіи растворовъ черезъ перепонки; перепонкой же служитъ стѣнка кишечника.

Такимъ образомъ, теорія Функе основана на двухъ молчаливо допущенныхъ предположеніяхъ: 1) что живая кишечная стѣнка по отношенію къ всасыванью можетъ быть приравнена, напр., пергаментной бумагѣ, т. е. никакого активнаго участія во всасываньи не принимаетъ и представляетъ собой дѣйствительно непрерывную перепонку, черезъ которую могутъ проникать исключительно растворенныя вещества и 2) что непептонизированные, натуральные бѣлки черезъ эту перепонку диффундировать, т. е. всасываться, не могутъ.



Посмотримъ же, насколько справедливы эти предположенія, лежащія въ основѣ теоріи Функе.

Кишечная стѣнка одѣта слоемъ цилиндрическаго эпителія, кѣтки котораго не только не имѣютъ на своей поверхности никакой оболочки, а могутъ даже вытягивать изъ своего тѣла протоплазматическіе отростки и этими отростками захватывать капельки жира. Если-бы кѣтки эпителія кишки имѣли на своей поверхности непрывную перепонку, подобную перепонкѣ изъ пергаментной бумаги, очевидно, что черезъ такую перепонку капельки жира, взвѣшеннаго въ жидкости, не могли бы пройти. А между тѣмъ, мы видимъ, что онѣ въ большомъ количествѣ проникаютъ въ протоплазму кѣтокъ. Такимъ образомъ, на поверхности кишечной стѣнки перепонки, чрезъ которую происходила бы диффузія, нѣтъ; содержимое кишечника непосредственно соприкасается съ протоплазмой эпителіальныхъ кѣтокъ, а протоплазма эта, какъ вообще всякая протоплазма, имѣетъ свойства полужидкаго студня.

Посмотримъ далѣе, нѣтъ ли условій для осмоза (диффузіи черезъ перепонки) на дальнѣйшемъ пути всасыванья, отъ кѣтокъ эпителія кишки до начала лимфатическихъ и кровеносныхъ сосудовъ ея.

Эпителіальныя кѣтки кишечника находятся въ непосредственной связи съ соковыми щелями, расположенными въ нижележащемъ слое стѣнки кишки, а эти соковыя щели въ свою очередь открываются въ полость центрального лимфатическаго пространства кишечной ворсинки. Кровеносные же сосуды настолько близко подходят къ поверхности слизистой оболочки, что непосредственно расположены подъ ея эпителиемъ. Между эпителіальной кѣткой и лимфатическими путями также нѣтъ никакой непрерывной перепонки, чрезъ которую могла бы происходить диффузія, такъ какъ капельки жира изъ протоплазмы эпителіальныхъ кѣтокъ попадаютъ непосредственно въ полость лимфатическихъ сосудовъ; если-бы на этомъ пути существовала перепонка безъ отверстій, объяснить себѣ прохожденіе черезъ нее нерастворенныхъ жировыхъ капелекъ положительно не было бы возможности. Наконецъ, что стѣнка кровеносныхъ капилляровъ не представляетъ собой такой сплошной перепонки, это непосредственно слѣдуетъ изъ того, что во время пищеваренія бѣлыя кровяныя кѣтки громадными массами проходятъ чрезъ капиллярную стѣнку въ окружающую ткань и обратно—изъ ткани въ кровь.

Такимъ образомъ, предположеніе о существованіи въ кишечной стѣнкѣ непрерывной перепонки, чрезъ которую могутъ проходить лишь растворенныя вещества (путемъ диффузіи), не подтверждается.

Раземотримъ, далѣе, насколько справедливо второе предположеніе, на которомъ зиждется теорія Функе—предположеніе о неспособности къ всасыванью неизмѣненныхъ бѣлковъ.

Для рѣшенія этого вопроса, въ прямую кишку (какъ человѣка, такъ и животныхъ) вводился куриный и другіе бѣлки; въ прямой кишкѣ, несомнѣнно, пищеварительные ферменты отсутствуютъ, поэтому и пептонизаціи введеннаго

бѣлка ожидать нельзя, а, между тѣмъ, введенный бѣлокъ всасывался въ очень большомъ размѣрѣ.

Далѣе, при приѣмѣ въ пищу очень большого количества куриного бѣлка, часть его не успѣваетъ пептонизироваться и переходить въ неизмѣненномъ видѣ въ кровь, а оттуда въ мочу (такъ какъ яичный бѣлокъ не можетъ циркулировать въ крови).

Наконецъ, что неизмѣненные бѣлки способны всасываться въ значительномъ размѣрѣ, показываетъ слѣдующій опытъ Гейденгайна. Въ кишечную петлю, оба конца которой были предварительно завязаны, а содержимое удалено, Гейденгайнъ вводилъ кровяную сыворотку; затѣмъ петля вкладывалась обратно въ полость живота и оставлялась тамъ на 50 минутъ. Пептонизаціи введенныхъ бѣлковъ и въ этомъ опытѣ нельзя ожидать, такъ какъ кишечный сокъ не способенъ переваривать бѣлки; и тѣмъ не менѣе черезъ 50 минутъ около  $\frac{1}{3}$  веѣхъ бѣлковъ всосалось въ кровь. Этотъ опытъ показываетъ также, что процессъ всасыванья бѣлковъ не можетъ быть объясненъ осмотическими явленіями; еслибы всасыванье представляло собой простую диффузію черезъ перепонку—стѣнку кишки, то въ опытѣ Гейденгайна бѣлокъ вовсе не долженъ былъ бы всасываться, такъ какъ диффузія происходитъ только въ томъ случаѣ, если по ту и другую сторону перепонки находятся жидкости различнаго состава; въ опытѣ же Гейденгайна въ полости кишки находилась кровяная сыворотка; по ту сторону кишечной стѣнки—въ кровеносныхъ сосудахъ кровь, въ жидкой своей части почти не отличающаяся отъ кровяной сыворотки; такимъ образомъ, по одну и по другую сторону кишечной стѣнки находилась одна и та же жидкость, и между тѣмъ изъ содержимаго кишечника всосалось около  $\frac{1}{3}$  твердыхъ веществъ. Этотъ опытъ, равно какъ и другіе опыты Гейденгайна, показываетъ, что процессы всасыванья въ кишечникѣ не могутъ быть сравниваемы съ диффузіей; всасыванье управляется какими то иными законами, выясненіе которыхъ принадлежитъ еще будущему.

Очевидно, что съ паденіемъ двухъ предположеній, на которыхъ зиждется теорія Функе, падаетъ и вся теорія.

Поэтому объясненія фізіологической задачи пептонизаціи и вообще аналитической стадіи пищеварительныхъ процессовъ нужно искать не въ физическихъ условіяхъ всасыванья, а, какъ будетъ показано далѣе, въ химическихъ потребностяхъ организма.

Чтобы приблизиться къ пониманію фізіологическаго смысла расщепленія пищевыхъ веществъ въ желудочно-кишечномъ каналѣ, рассмотримъ прежде дальнѣйшую судьбу продуктовъ пищеваренія, т. е. 1) пептоновъ, 2) сахара, 3) глицерина и жирныхъ кислотъ.

Въ виду болѣе простыхъ отношеній послѣдней (3) группы, мы начнемъ съ нея.

Мы видѣли, что, по крайней мѣрѣ, часть жировъ подъ вліяніемъ подже-

лудочнаго сока расщепляется на глицеринъ и жирныя кислоты. А между тѣмъ въ организмѣ мы встрѣчаемъ жиръ, состоящій исключительно изъ нейтральныхъ жировъ и не содержащій вовсе свободныхъ жирныхъ кислотъ. Отсюда естественно сдѣлать выводъ, что гдѣ то на пути отъ кишечника къ складочнымъ мѣстамъ жира въ организмѣ продукты расщепленія жировой молекулы обратно соединились и образовали вновь молекулу нейтральнаго жира.

Мункъ показалъ, что уже въ главномъ лимфатическомъ протокѣ, отводящемъ жиръ изъ кишечника въ кровь, большая часть жирныхъ кислотъ находится въ соединеніи съ глицериномъ, въ видѣ нейтральнаго жира.

Мункъ кормилъ собаку жирными кислотами, затѣмъ въ то время, когда всасыванье пищи изъ кишечника у животнаго достигало наибольшей высоты, онъ вскрывалъ грудной лимфатическій протокъ, собиралъ вытекающую лимфу и опредѣлялъ въ ней содержаніе нейтральнаго жира и свободныхъ жирныхъ кислотъ. При этомъ оказалось, что до 97% жирныхъ кислотъ соединились съ глицериномъ, образовавши нейтральный жиръ, и лишь 3% осталось въ формѣ свободныхъ жирныхъ кислотъ.

Ясно, что продукты нормальнаго фізіологическаго расщепленія жира подвергаются такому же процессу обратнаго превращенія въ жиръ; такимъ образомъ, вслѣдъ за аналитическимъ процессомъ, процессомъ расщепленія, тотчасъ же начинается синтетическій процессъ, ведущій къ образованію вновь исходной молекулы жира и этотъ синтетическій процессъ происходитъ тутъ же, въ стѣнкѣ кишечнаго канала.

Подобному же синтетическому процессу подвергается и продуктъ разложенія крахмала—сахаръ. Виноградный сахаръ, являющійся конечнымъ продуктомъ углеводнаго пищеваренія, не можетъ въ большихъ количествахъ восприниматься кровью и циркулировать въ ней, такъ какъ, лишь только содержаніе сахара въ крови превышаетъ 0,3%, онъ тотчасъ же начинаетъ выбрасываться почками. Поэтому, всасывающійся изъ кишечника сахаръ тотчасъ же превращается въ печени въ труднорастворимую форму, переходитъ въ полисахаридъ, приближающійся по свойствамъ къ декстрину, такъ называемый гликогенъ.

Гликогенъ принадлежитъ уже къ высшимъ углеводамъ формулы  $n(C_6H_{10}O_5)$ , и его можно себѣ представить образованнымъ путемъ соединенія многихъ молекулъ винограднаго сахара другъ съ другомъ при выдѣленіи элементовъ воды, подобно тому, какъ образуется декстринъ при дѣйствіи на виноградный сахаръ крѣпкой сѣрной кислоты. Подобно декстрину, гликогенъ окрашивается іодомъ въ красный цвѣтъ, хотя и растворяется въ водѣ, но растворы его не прозрачны, а мутнобѣлаго цвѣта, т. е. до нѣкоторой степени напоминаютъ крахмальный клейстеръ. При кипяченіи съ кислотами и при дѣйствіи ферментовъ, напримѣръ, слюннаго птіалина гликогенъ даетъ рядъ декстриновъ и, наконецъ, превращается въ мальтозу. Словомъ, это типичный сахарокolloидъ, или полисахаридъ, имѣющій столь много общихъ свойствъ съ крахмаломъ, что даже предложено было называть гликогенъ «животнымъ крахмаломъ».

Въ печеночныхъ клѣткахъ присутствіе гликогена можетъ легко быть доказано благодаря способности гликогена окрашиваться іодомъ въ краснубурый цвѣтъ. При продолжительномъ голоданіи печеночныя клѣтки совершенно лишены своихъ запасовъ гликогена; но стоитъ накормить животное углеводами, чтобы тотчасъ же въ протоплазмѣ печеночныхъ клѣтокъ появились безформенныя глыбки вещества, окрашивающагося іодомъ въ красный цвѣтъ—это не что иное, какъ отложенія гликогена. Въ періоды голоданія животное мало по малу тратитъ эти запасы гликогена, превращая его въ виноградный сахаръ и отдавая послѣдній изъ печени въ кровяное русло—словомъ, гликогенъ въ экономіи животнаго организма является такимъ же запаснымъ питательнымъ матеріаломъ, какъ крахмалъ въ растеніяхъ.

Но что же, въ сущности, представляетъ собой весь процессъ углеводнаго пищеваренія въ обѣихъ его формахъ, начиная съ поступленія въ ротъ крахмала и кончая образованіемъ гликогена въ печени? Крахмалъ и гликогенъ—оба относятся къ одному и тому же классу полисахаридовъ, оба составлены изъ изъ молекулъ винограднаго сахара, оба, наконецъ, призваны играть въ организмѣ одну и ту же роль запаснаго питательнаго матеріала. Для чего же потребовался такой сложный круговой путь, ведущій сперва къ разложенію крахмала на рядъ частицъ винограднаго сахара и къ синтезу изъ этихъ обломковъ крахмальной частицы новаго коллоидальнаго углевода—гликогена?

Отвѣтъ на это дается слѣдующими соображеніями.

Крахмалъ встрѣчается исключительно въ растеніяхъ и никогда не наблюдался въ животномъ организмѣ; наоборотъ, гликогенъ представляетъ собой типичный животный продуктъ, а если и найденъ въ нѣкоторыхъ растительныхъ организмахъ, то, во всякомъ случаѣ, исключительно въ паразитныхъ растеніяхъ которыя по условіямъ обмѣна веществъ приближаются къ животнымъ.

Естественно заключить отсюда, что одинъ изъ этихъ двухъ полисахаридовъ по своимъ химическимъ свойствамъ приспособленъ къ условіямъ обмѣна веществъ животнаго организма, другой—къ условіямъ жизнедѣятельности растенія. Такимъ образомъ, физиологическій смыслъ пищеварительнаго измѣненія углеводовъ состоитъ въ приспособленіи пищевого полисахарида—крахмала къ физиологическимъ потребностямъ животнаго организма.

Но почему организмъ выбираетъ такой длинный путь для этого превращенія крахмала въ гликогенъ? Почему требуется сперва разложить крахмалъ на элементарныя углеводныя единицы—виноградный сахаръ и затѣмъ строить молекулу гликогена, такъ сказать, съ самаго основанія? Можно думать, что расположеніе и связь молекулъ винограднаго сахара въ гликогенѣ иная, чѣмъ въ крахмалѣ, и поэтому, очевидно, что въ первоначальной стадіи пищеварительной работы всѣ прежнія связи должны быть разорваны, и вмѣсто нихъ должны установиться новыя связи. Наконецъ, такой сложный путь углеводнаго пищеваренія дѣлаетъ возможнымъ превращеніе всѣхъ пищевыхъ углеводовъ (ряда винограднаго сахара) въ гликогенъ. Въ пищѣ, какъ сказано, преобладаетъ крах-

маль; но кромѣ крахмала, въ ней содержатся и декстрины, и мальтоза, и виноградный сахаръ. Превращая въ первой, аналитической фазѣ пищеваренія все пищевые углеводы въ однообразный углеводный матеріалъ—виноградный сахаръ, организмъ создаетъ условія для образованія во второй—синтетической фазѣ всегда одного и того же продукта—гликогена.

Та же эхэма пищеварительнаго процесса пригодна для выясненія физиологическаго смысла бѣлковаго пищеваренія.

Мы видѣли, что со стороны физическихъ условій организма нѣтъ препятствій для всасыванья неизмѣннаго бѣлка; поэтому, видѣть въ пептонизаціи процессъ, направленный исключительно на облегченіе всасыванья бѣлковаго матеріала и невозможно. Однако, если бы неизмѣнные пищевые бѣлки и всосались въ кровь, тѣмъ не менѣе многіе изъ нихъ по своимъ химическимъ свойствамъ на столько не соотвѣтствуютъ условіямъ, царствующимъ въ кровеносной системѣ, что организмъ тотчасъ же освобождается отъ нихъ, какъ отъ чуждыхъ веществъ, выдѣляя ихъ съ мочей; такъ выдѣляются, выбрасываются изъ крови куриный бѣлокъ и молочный бѣлокъ.

Ясно, что организму въ этомъ случаѣ предстоитъ не физическая задача, не облегченіе всасыванья, а химическое превращеніе негодныхъ для непосредственнаго воспринятія въ кровь бѣлковъ въ новое бѣлковое тѣло, которое удовлетворяло бы физиологическимъ условіямъ животнаго организма. Это химическое измѣненіе пищевого бѣлка организмъ, какъ и въ случаѣ углеводовъ, начинаетъ съ разложенія бѣлковой молекулы на рядъ элементарныхъ бѣлковыхъ частицъ (альбумозы и пептоны); изъ этого индифферентнаго бѣлковаго матеріала во второй стадіи пищеваренія организмъ синтезируетъ новый бѣлокъ, пластеинъ; сложный круговой процессъ первоначальнаго разложенія на альбумозы и пептоны и дальнѣйшаго синтеза позволяетъ организму изъ разнообразнаго бѣлковаго матеріала создавать всегда одну и ту же бѣлковую молекулу—пластеинъ.

Такимъ образомъ, пептонизація имѣетъ цѣлью не приготовленіе способныхъ къ диффузіи веществъ, а разложеніе пищевого бѣлка на такія простѣйшія бѣлковыя молекулы, изъ которыхъ во второй стадіи возможно, группируя ихъ по новому плану, получить новое бѣлковое тѣло, приспособленное къ физиологическимъ задачамъ организма <sup>1)</sup>.

Такимъ образомъ, весь процессъ химическаго превращенія пищи въ пищеварительномъ аппаратѣ всего правильнѣе сравнить, на примѣръ, съ перекладкой каменнаго строенія. Первая задача, которую предстоитъ въ этомъ случаѣ исполнить, состоитъ въ томъ, чтобъ разобрать старое зданіе на кирпичи, т.-е. разложить его на такія единицы, которыя всегда одинаковы, какое бы зданіе

<sup>1)</sup> Изложенная «химическая» теорія пищеваренія (въ противоположность «физической» теоріи Функе) развита подробнѣе въ моей книгѣ «Къ теоріи бѣлковаго пищеваренія» и въ статьѣ, которая напечатана въ «Научномъ Обзорѣннн», къ которой и отсылаю читателя.

ни подвергалось перестройкѣ и изъ которыхъ во второй стадіи работы можно выстроить новое зданіе по какому угодно плану. Лишь послѣ этой, такъ сказать, аналитической фазы, приступаютъ къ возведенію новаго зданія, комбинируя элементарныя составныя части стараго зданія по новому плану, сообразно съ новыми потребностями. Организмъ, разлагая бѣлокъ при помощи пепсина на индифферентныя бѣлковыя молекулы, альбумозы и пептоны, и комбинируя ихъ при помощи сычужнаго фермента новымъ, своеобразнымъ способомъ, дѣлаетъ, въ сущности, то же самое.

Наиболѣе интереснымъ въ этой сложной переработкѣ пищевого матеріала является тотъ фактъ, что углеводъ и бѣлокъ, стоящіе въ концѣ пищеварительнаго процесса, всегда обладаютъ одними и тѣми же свойствами, какіе бы бѣлковые или углеводные матеріалы животное ни принимало въ пищу.

Благодаря этому, дается возможность доставлять клѣткамъ тѣла всегда одинъ и тотъ же питательный матеріалъ—кровь, которая, какъ учить повседневный опытъ и точные анализы, всегда одинаковаго состава, несмотря на различія въ составѣ пищи. Кровь, какъ мы уже знаемъ, въ сущности, представляетъ собою ту внутреннюю среду, въ которой живутъ все органы нашего тѣла. Своеобразный ходъ пищеварительнаго процесса, дающаго въ концѣ концовъ одинъ и тотъ же бѣлокъ-пластенинъ, дѣлаетъ возможнымъ сохраненіе за этой средой неизмѣнно одного и того же состава и свойствъ, что, конечно, въ высшей степени выгодно для тканей нашего тѣла, такъ какъ избавляетъ ихъ отъ всехъ случайныхъ колебаній въ составѣ пищи.

Такимъ образомъ, на пищевареніе нужно смотрѣть, какъ на процессъ, фізіологическое значеніе котораго состоитъ въ приготовленіи внутренней среды—крови и въ сохраненіи за этой средой всегда одинаковаго состава, несмотря на разнообразный составъ пищи.

---

## МОЧЕОТДѢЛЕНІЕ.

Мы видѣли, что всякій жизненный процессъ связанъ съ непрерывнымъ превращеніемъ веществъ, разрушеніемъ сложныхъ органическихъ соединеній и превращеніемъ ихъ въ болѣе простыя тѣла; энергію, освобождающуюся при этомъ превращеніи, живой организмъ и употребляетъ для развитія тѣхъ живыхъ силъ, которыя, въ сущности, составляютъ своей совокупностью всѣ жизненные проявленія, какъ: движеніе, животная теплота, животное электричество и проч.

Но, извлекиши изъ этого процесса разложенія необходимую ему энергію, организмъ долженъ позаботиться еще объ удаленіи тѣхъ веществъ, которыя образуются—какъ отбросы, какъ шлаки жизненнаго процесса. Эти вещества, вырабатываемыя организмомъ, обычно являются веществамъ, болѣе или менѣе ядовитыми и притомъ ядовитыми исключительно, или, главнымъ образомъ, для того организма, который ихъ вырабатываетъ. Явленіе это настолько общее, что можно сказать: каждое живое существо вырабатываетъ при своей жизнедѣятельности вещества, отравляющія это живое существо, такъ что жизнь вела бы и ведетъ къ смерти, если эти отбросы жизненнаго процесса не будутъ своевременно и надлежащимъ образомъ удалены. Приведу нѣсколько примѣровъ.

Если мы приготовимъ растворъ питательныхъ веществъ и, наливши его въ открытый сосудъ, предоставимъ его самому себѣ, то, какъ извѣстно, онъ очень скоро загниваетъ. Это происходитъ оттого, что въ него попадаютъ зародыши бактерій, которыя, развиваясь въ питательной средѣ, разрушаютъ ее, разрушаютъ содержащіяся съ ней питательныя начала. Но черезъ нѣкоторое время, когда далеко еще не весь питательный матеріалъ истраченъ, гніеніе и развитіе бактерій прекращается и мало по малу все бактеріальное населеніе нашей питательной среды умираетъ. Это происходитъ оттого, что бактерии вырабатываютъ при своей жизнедѣятельности извѣстное количество свободной кислоты, а въ кислой средѣ развитіе бактерій прекращается, такъ какъ кислота ядовита для нихъ. Такимъ образомъ, бактерии отравляютъ сами себя своими продуктами обмѣна веществъ. Но какъ только количество кислоты, вырабатываемой бактеріями, достигло извѣстной величины, на питательной средѣ поселяются плѣсени, для которыхъ присутствіе кислоты является однимъ изъ важныхъ условій ихъ жизнедѣятельности. Развиваясь на кислой питательной средѣ, плѣсени мало по малу потребляютъ всю содержащуюся въ ней кислоту и превращаютъ реакцію среды изъ кислой вновь въ щелочную. Какъ только щелочность среды усилилась до извѣстнаго процента, тотчасъ же плѣсени отмираютъ, такъ какъ вырабатываемая ими щелочь представляетъ собой ядъ для плѣсени. Тогда вновь въ питательной средѣ поселяются бактерии, вновь измѣняютъ реакцію среды въ кислую, тѣмъ снова готовятъ условія для развитія плѣсени и т. д.

Цѣлый рядъ другихъ микроорганизмовъ вырабатываютъ при своемъ проростаніи также ядовитыя для себя вещества. Сюда относятся, напр. *mycoderma vini*, вырабатывающая винный спиртъ, *mycoderma aceti*, окисляющая спиртъ въ уксусную кислоту, бактерія маслянокислаго, молочнокислаго броженія сахара и проч. Всѣ эти живыя существа вырабатываютъ, такимъ образомъ, вещества, ядовитыя для нихъ же самихъ.

Далѣе, у большинства живыхъ существъ жизненный процессъ связанъ съ окисленіемъ, въ результатѣ котораго образуется тѣльная кислота. Это вещество точно также обладаетъ ядовитыми свойствами для того живого существа, которое его вырабатываетъ. Притомъ угольная кислота ядовита только въ болѣе или менѣе значительной концентраціи; небольшія доли угольной кислоты переносятся безъ всякаго вреда, но накопленіе угольной кислоты въ большихъ количествахъ неминуемо ведетъ къ смерти.

Ядовитость угольной кислоты—уже важный, почти универсальнаго значенія, фактъ, такъ какъ почти всѣ живыя существа образуютъ угольную кислоту при своей жизнедѣятельности.

Такой-же универсальный фактъ представляетъ собой ядовитость азотистыхъ продуктовъ обмѣна веществъ. Такими продуктами, какъ мы увидимъ ниже, являются мочевины для однихъ животныхъ и мочевая кислота для другихъ. То и другое вещество обладаютъ ядовитыми свойствами, но въ меньшей мѣрѣ, чѣмъ амміакъ, который, повидимому, является той первичной формой въ видѣ которой азотъ выходитъ изъ бѣлка при разрушеніи послѣдняго въ протоплазмѣ живой клѣтки. Амміакъ уже обладаетъ значительной ядовитостью.

Быть можетъ, ядовитость продуктовъ обмѣна веществъ объясняется всего проще, если исходить изъ той точки зрѣнія на жизненный процессъ, которая была развита Пфлюгеромъ. Вы припомните, что этотъ ученый сводитъ явленіе жизни къ процессу диссоціаціи. А вамъ извѣстно, что при всѣхъ явленіяхъ диссоціаціи разложеніе сложнаго вещества на болѣе простыя вещества пріостанавливается, какъ только продукты разложенія накапливаются въ болѣе или менѣе значительномъ количествѣ. Если нагревать, напр., углекислую известь въ закрытомъ пространствѣ, то только нѣкоторая небольшая часть ея разлагается на окись кальція и угольную кислоту. Накопленіе угольной кислоты въ закрытомъ пространствѣ препятствуетъ дальнѣйшему разложенію  $\text{CaCO}_3$ ; стоитъ удалить угольную кислоту, выкачать ее или просто открыть сосудъ, какъ вновь начинается разложеніе и т. д.

Разъ продукты жизненнаго обмѣна веществъ ядовиты, разъ они вызываютъ, накапливаясь въ значительномъ количествѣ, смерть организма, т. е. остановку жизненнаго процесса, или остановку разложенія бѣлка протоплазмы—это указываетъ на новыя черты сходствъ жизненнаго процесса съ явленіями диссоціаціи, и ядовитость продуктовъ обмѣна легко объясняется съ этой точки зрѣнія: они ядовиты потому, что останавливаютъ диссоціацію живого бѣлка, какъ останавливается всякая диссоціація при накопленіи продуктовъ ея. Стоитъ



удалить эти продукты—диссоциация начинается снова; то-же самое наблюдается и въ живыхъ организмахъ, гдѣ постоянное удаленіе продуктовъ обмѣна веществъ обезпечиваетъ непрерывность жизненнаго процесса, т.-е. безостановочное разложеніе, диссоциацию живого бѣлка протоплазмы.

Путь, по которому удаляются продукты обмѣна веществъ, начинается въ кровеносныхъ и лимфатическихъ капиллярахъ. Кѣтка не только воспринимаетъ изъ протекающей мимо крови питательный матеріалъ; она въ кровь же выдѣляетъ и самые отбросы, шлаки. Они попадаютъ въ венозную систему, затѣмъ въ сердце, гдѣ и смѣшиваются съ остальной массой крови, распределяются въ ней. Но, разумѣется, если-бы продукты обмѣна не выдѣлялись изъ крови, въ концѣ концовъ они накопились бы въ такомъ количествѣ, что могла бы явиться опасность отравленія организма. Артеріальная кровь, протекая по почкамъ, выдѣляетъ изъ своего состава отработавшія вещества, которыя и переходятъ въ мочу. Благодаря этому, венозная кровь, оттекающая отъ почекъ, въ противоположность другимъ органамъ, содержитъ въ себѣ меньше кристаллическихъ продуктовъ распада, чѣмъ артеріальная кровь почекъ. Слѣдовательно, въ почкахъ кровь очищается подобно тому, какъ она очищается въ легкихъ; благодаря тому, что процессъ загрязненія крови въ тканяхъ продуктами обмѣна веществъ и процессъ очищенія ея въ почкахъ находятся въ равновѣсіи, — благодаря этому, кровь сохраняетъ приблизительно одинаковый составъ, и въ ней не накапливаются въ значительномъ количествѣ продукты обмѣна веществъ.

Прежде чѣмъ перейти къ разсмотрѣнію фізіологическаго процесса отдѣленія мочи, я напому вамъ въ краткихъ чертахъ анатомическое строеніе почки и разберу составъ той жидкости,—мочи,—которая является въ результатѣ дѣятельности почекъ.

Анатомія различаетъ въ почкѣ (на разрѣзѣ) корковое вещество и мозговое вещество. Корковое вещество почти однородно, слегка лишь зернисто; мозговое вещество ясно исчерчено полосками, сходящимися, какъ радіусы, отъ периферіи почки къ ея центру, гдѣ находится т. назыв. почечная лоханка, довольно объемистый мѣшокъ, служащій бассейномъ для вытекающей изъ почки мочи. Продольныя полоски, пронизывающія почки, собираются въ конусы, носящіе названіе мальпигіевыхъ пирамидъ и оканчивающіеся въ почечной лоханкѣ сопочками, въ вершинѣ которыхъ открываются точечныя отверстія (*cribrum benedictum*), изъ которыхъ и сочится моча.

Что касается болѣе тонкаго, микроскопическаго строенія почки, то ее можно довольно близко сравнить съ фильтромъ, что соотвѣтствуетъ не только ея анатомическому устройству, но и фізіологической роли. Въ фильтрѣ фильтрующая жидкость и фильтратъ отдѣлены другъ отъ друга перепонкой. Фильтрующая жидкость находится подъ большимъ давленіемъ, фильтратъ свободно стекаетъ по трубкамъ въ соотвѣтствующій сосудъ.

Роль фильтра въ почкѣ играетъ центральное (по важности) анатомическое образованіе ея, носящее названіе мальпигіева клубочка. Представьте себѣ пере-

пунчатый шарикъ, микроскопическихъ размѣровъ, со всѣхъ сторонъ замкнутый и лишь съ одной стороны переходящій при посредствѣ тоненькой шейки въ трубочку. Представьте себѣ далѣе, что стѣнка, противоположная отверстию шарика, впячивается внутрь подъ давленіемъ клубка капиллярныхъ сосудовъ, на которые разсыпается подходящая къ клубочку артерія—и вы будете имѣть схематически строеніе мальпигіева тѣльда. Въ немъ мы имѣемъ, слѣдов., замкнутую шарообразную полость, вывернутую съ одного бока внутрь такимъ образомъ, что изъ шара образуются 2 полушарія, вставленные одно въ другое. Наружное полушаріе можно сравнить съ лоханкой, внутреннее—съ бумажнымъ фильтромъ, съ одной стороны котораго находится (въ капиллярахъ клубочка) фильтрующаяся жидкость. Стѣнки обоихъ полушарій (оба вмѣстѣ они называются баумановой капсулой) съ внутренней стороны одѣты слоемъ плоскаго эпителія. Въ бауманову капсулу попадаетъ фильтратъ изъ крови; но этотъ фильтратъ не есть еще готовая моча. Для того, чтобы сдѣлаться таковой, онъ долженъ пройти длинный путь по т. назыв. мочевымъ канальцамъ, которые берутъ начало отъ баумановой капсулы. Непосредственно изъ клубочка выходитъ тонкая шейка, которая затѣмъ переходитъ въ такъ назыв. извитой каналецъ перваго порядка, располагающійся въ корковомъ веществѣ. Подвигаясь на своемъ пути мало по малу къ мозговому веществу, извитой каналецъ даетъ въ это послѣднее прямой отростокъ, который, пройдя нѣкоторое пространство по направленію отъ корки къ лоханкѣ, заворачивается и идетъ параллельно прежнему пути, но въ обратномъ направленіи и вновь возвращается въ корковое вещество. Эта часть мочевыхъ канальцевъ носить названіе петли Гекле. Въ корковомъ веществѣ петля вновь переходитъ въ извитой каналецъ (второго порядка), который соединяется далѣе съ прямой собирательной трубкой, опускающейся вновь въ мозговое вещество и проходящей здѣсь въ составѣ мальпигіевыхъ пирамидъ. Анастомозируя другъ съ другомъ, собирательныя трубочки образуютъ канальцы все большаго и большаго калибра, которые и открываются наконецъ вытечнымъ отверстіемъ на вершинѣ пирамиды.

Сосуды почки начинаются изъ почечной артеріи, которая разсыпается на вѣтви, проходящія по границѣ между корковымъ и мозговымъ веществомъ. Отсюда отходятъ 1) вѣточки въ мозговое вещество, служащія для питанія этой части почки; 2) вѣточки въ корковое вещество, предназначенныя для выдѣленія мочи. Эти послѣднія вѣточки отходятъ по направленію прямо къ поверхности почки и отдають вправо и влѣво коротенькія вѣточки (приносящія сосуды клубочка), которыя тотчасъ же распадаются на капилляры въ мальпигіевомъ клубочкѣ. Но, пройдя чрезъ клубочекъ, кровь не теряетъ своихъ артеріальныхъ свойствъ; капилляры клубочка вновь собираются въ маленькую артерію (выносящій сосудъ клубочка), которая уже въ области окружающихъ клубочекъ извитыхъ канальцевъ распадается окончательно на сѣтъ капилляровъ, сливающихся въ венозные стволыки, выходящіе затѣмъ на поверхность почки и

здѣсь образующія такъ называемыя звѣздчатыя вены. Такимъ образомъ, кровеносная система въ почкѣ дважды разсыпается на стѣ капиллярныхъ сосудовъ.

Продуктъ отдѣлительной дѣятельности почки—моча—представляетъ собой жидкость 1) не содержащую нормально ни слѣда бѣлка; 2) обладающую кислую реакціей и 3) содержащую въ своемъ составѣ больше 4% различныхъ кристаллическихъ, органическихъ веществъ и больше 1,5% солей.

Я обращаю пока ваше вниманіе на эти свойства въ виду того, что они потребуютъ спеціальнаго объясненія, такъ какъ моча представляетъ собой выдѣленіе изъ крови, а кровь 1) содержитъ большія количества бѣлка, 2) имѣетъ щелочную реакцію и 3) содержитъ очень немного (десятыя доли %) кристаллическихъ веществъ.

Кислая реакція мочи зависитъ не отъ свободной кислоты, а отъ присутствія въ мочѣ кислыхъ солей, главнымъ образомъ, кислаго фосфорнокислаго калия и кислаго мочекислаго калия. Отсутствіе свободной кислоты въ мочѣ доказывается реакціей съ сѣрноватистокислымъ натромъ. Эта соль, встрѣчаясь съ свободной кислотой, разлагается съ выдѣленіемъ свободной сѣры въ видѣ мелко-раздробленнаго осадка, такъ называемаго сѣрнаго молока. Кислыя соли этой реакціи не даютъ; не дасть ее и моча.

Главные составныя части мочи.

Органическія

Мочевина

Мочевая кислота

Креатининъ.

Гиппуровая кислота.

Красящія вещества.

Неорганическія

Cl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>,

Na, K, Ca, Mg, слѣды Fe.

Мочевина представляетъ собой у высшихъ животныхъ главную составную часть мочи. Она содержится въ мочѣ въ количествѣ 2% и болѣе, такъ что за сутки при 1500 куб. сант. мочи выдѣляется 30—35 грм. мочевины.

Питательныя вещества—бѣлки, углеводы и жиры, послѣ длиннаго ряда измѣненій претворяющіяся въ протоплазму клѣтокъ, состоятъ изъ углерода, водорода, азота, сѣры и кислорода.

Во время физиологическаго сторанія, разрушенія составныхъ частей пищи, углеродъ и водородъ ихъ превращается въ углекислоту и воду и выдѣляется, главнымъ образомъ, легкими.

Азотъ же бѣлковыхъ тѣлъ появляется въ видѣ конечныхъ продуктовъ разрушенія въ мочѣ; послѣдняя заключаетъ въ себѣ почти весь азотъ, принятый съ пищей.

Такъ, напр., въ одномъ изъ опытовъ Фойта, собака приняла съ пищей въ теченіи 6 дней 306 граммовъ азота; за это же время выдѣлилось въ мочѣ 304,3 грм. азота въ видѣ продуктовъ распада бѣлка.

Углеродъ и водородъ выдѣляются въ видѣ вполне окисленныхъ соединений ( $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ), т. е. въ томъ же самомъ видѣ, въ какомъ они получаются при полномъ сжиганіи органическихъ соединенийъ въ лабораторіи. Не то нужно сказать относительно азота; при сжиганіи азотистыхъ веществъ, напр., въ трубкѣ, употребляемой для элементарнаго анализа органическихъ соединенийъ, большая часть азота выдѣляется въ газообразномъ видѣ, въ видѣ свободного азота, а нѣкоторая часть его даже въ видѣ окисловъ.

Въ организмѣ окисленіе бѣлковыхъ веществъ не идетъ такъ далеко, и главная масса азота бѣлковыхъ веществъ выдѣляется въ видѣ довольно сложнаго еще соединенія, такъ назыв. мочевины.

Мочевина содержитъ углеродъ, водородъ, азотъ и кислородъ; формула ея  $\text{CON}_2\text{H}_4$ . По химическому строенію она относится къ такъ назыв. кислотнымъ амидамъ, а именно—представляетъ собой амидъ угольной кислоты.

Выше мы видѣли, что амидъ ( $\text{NH}_2$ ) можетъ присоединяться къ многимъ органическимъ соединеніямъ, становясь на мѣсто водорода; такъ, изъ уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  получается амидоуксусная кислота  $\text{CH}_3(\text{NH}_2)\text{COOH}$ . Въ этомъ случаѣ амидъ присоединяется къ углеводородному радикалу кислоты (въ нашемъ случаѣ къ метилу  $\text{CH}_3$ ), и въ результатъ получается соединеніе, принадлежащее къ амидокислотамъ и обладающее двойственнымъ химическимъ характеромъ и кислоты и основанія; кислотныя свойства обуславливаются присутствіемъ въ этомъ соединеніи карбоксильной группы ( $\text{COOH}$ ), водородъ которой можетъ замѣщаться металлами; щелочной характеръ амидокислоты, т. е. способность ея давать соединенія съ кислотами основана на присутствіи въ ея частицѣ амміачнаго остатка, соединеннаго съ радикаломъ кислоты.

Но амидная группа можетъ замѣстить и тотъ водородъ, который стоитъ въ карбоксилѣ и который, въ сущности, и придаетъ соединенію кислотный характеръ; въ этомъ случаѣ, напр., изъ уксусной кислоты ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) получается соединеніе формулы  $\text{CH}_3\text{COO}(\text{NH}_2)$ .

Эти амидныя производныя кислотъ, характеризующіяся тѣмъ, что они не имѣютъ ни кислотныхъ (такъ какъ исчезъ замѣщающійся металломъ водородъ карбоксила), ни основныхъ свойствъ, и носятъ названіе кислотныхъ амидовъ.

Къ такого рода соединеніямъ принадлежитъ и мочевина; она представляетъ собой амидъ угольной кислоты. Формула газообразной угольной кислоты, какъ извѣстно, изображается въ видѣ  $\text{CO}_2$ , но эта формула представляетъ собой, въ сущности, составъ ангидрида кислоты; сама же кислота, т. е. гидратъ ея въ томъ видѣ, какъ она содержится въ соляхъ, должна быть изображена въ видѣ  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (т. е.  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ).

О строеніи гидрата угольной кислоты можно составить себѣ понятіе изъ слѣдующей структурной формулы ея  $\text{CO} \begin{cases} \text{—OH} \\ \text{—OH} \end{cases}$ , то есть угольная кислота состоитъ изъ двухъ гидроксидовъ, соединенныхъ съ группой  $\text{CO}$ .

Согласно вышезложенному способу получения кислотных амидовъ, амидъ угольной кислоты образуется въ томъ случаѣ, если на мѣсто одного или обоихъ водородовъ ея, способныхъ замѣщаться металлами, поставить амидныя группы.

Въ случаѣ вхожденія только одной амидной группы въ частицу угольной кислоты, получается соединеніе формулы  $\text{CO} \begin{cases} | - \text{OH} \\ | - \text{NH}_2 \end{cases}$ , которое носитъ названіе карбаминовой кислоты; когда же оба водорода гидроксила замѣстятся амидомъ, получается мочевиная, формула которой изображается въ видѣ  $\text{CO} \begin{cases} | - \text{NH}_2 \\ | - \text{NH}_2 \end{cases}$ .

Въ исторіи химіи мочевиная сыграла извѣстную роль, и 1828 годъ, когда мочевиная впервые была получена лабораторнымъ путемъ, представляетъ собой поворотный пунктъ въ развитіи химическихъ теорій. До этого времени въ наукѣ господствовало воззрѣніе, согласно которому углеродистыя вещества, получавшіяся до того времени исключительно въ готовомъ видѣ изъ растений и животныхъ, не могутъ быть получены синтетическимъ, лабораторнымъ путемъ изъ неорганическихъ веществъ, такъ какъ въ живыхъ организмахъ они образуются только подъ влияніемъ особой «жизненной силы», присутствующей въ мірѣ живыхъ существъ. Вѣлеръ, впервые получившій мочевиною изъ циановокислаго аммонія, нанесъ первый ударъ ученію о жизненной силѣ и началъ эпоху многообразныхъ синтезовъ, которые въ настоящее время составляютъ содержаніе органической химіи.

Мочевиная представляетъ собой вещество, въ видѣ котораго у млекопитающихъ животныхъ выводится изъ организма большая часть азота, происходящаго насчетъ внутритканевого распада бѣлка.

Такъ, у взрослыхъ людей 84—91% всего мочевого азота приходится на мочевиною.

А между тѣмъ, искусственно, лабораторнымъ путемъ до самаго послѣдняго времени получить мочевиною изъ бѣлка не удавалось. Исходя изъ предположенія, что бѣлокъ въ протоплазмѣ живыхъ кѣтокъ сторааетъ, т. е. разрушается, благодаря окислительному дѣйствію кислорода, многіе изслѣдователи дѣлали попытки получить мочевиною окисленіемъ бѣлка; но всѣ эти попытки оканчивались полной неудачей. Лишь въ недавнее время, разлагая бѣлокъ кипяченіемъ съ кислотами и щелочами въ отсутствіи кислорода, удалось получить изъ бѣлковой молекулы небольшія количества мочевины. Именно, Дрескель показалъ, что казеинъ при кипяченіи съ соляной кислотой въ присутствіи олова даетъ въ качествѣ одного изъ продуктовъ расщепленія лизинъ (діамидокапроновая кислота, см. главу о панкреатическомъ пищевареніи), а лизинъ при кипяченіи съ щелочами даетъ мочевиною. Какъ вытекаетъ изъ условій реакціи, мочевиная получена въ этомъ случаѣ безо всякаго участія кислорода, исключительно при помощи послѣдовательнаго гидролитическаго расщепленія бѣлковой молекулы. Это

лишній разъ подтверждаетъ вышеизложенную теорію Готье, согласно которой первоначальное распаденіе бѣлка протоплазмы происходитъ безъ всякаго участія кислорода, исключительно путемъ гидролитическихъ реакцій, а кислородъ лишь во второй стадіи процесса окисляетъ уже продукты распада.

Однако, повидимому, большая часть мочевины образуется не въ тканяхъ, т. е. не въ самомъ очагѣ распаденія живого бѣлка, а въ другихъ органахъ, главнымъ образомъ, въ печени; изъ тканей печень получаетъ лишь матеріалъ для образованія мочевины, и этотъ матеріалъ превращается въ печеночныхъ клѣткахъ въ окончательную форму животнаго отброса—мочевину.

Въ тканяхъ изъ бѣлковыхъ составныхъ частей протоплазмы образуется амміакъ, который затѣмъ въ видѣ солей и циркулируетъ въ крови. Часть этихъ амміачныхъ солей во время прохожденія крови по печеночнымъ капиллярамъ исчезаетъ, такъ что кровь, оттекающая отъ печени, въ  $3\frac{1}{2}$  раза бѣднѣ амміачными солями, чѣмъ притекающая къ печени кровь. Это исчезновеніе амміачныхъ солей въ печени объясняется тѣмъ, что печеночныя клѣтки превращаютъ ихъ въ мочевину.

Шредеръ давно уже доказалъ, что печень способна перерабатывать въ мочевину углекислый аммоній. Названный изслѣдователь пропускалъ чрезъ кровеносные сосуды только что вырѣзанной печени дефибрированную кровь съ прибавкой углекислаго аммонія. Содержаніе мочевины опредѣлялось въ крови до и послѣ пропусканія.

Клѣтки отдѣльныхъ органовъ, даже послѣ вырѣзыванія послѣднихъ изъ тѣла трупа, сохраняютъ нѣкоторое время всѣ свои жизненныя функціи; такъ, вырѣзанное сердце бьется при соответствующихъ условіяхъ подобно нормальному сердцу, мускуль способенъ сокращаться такъ же, какъ и въ организмѣ и т. д. Если печеночныя клѣтки при жизни обладаютъ способностью превращать соли аммонія въ мочевину, можно надѣяться, что и въ вырѣзанномъ органѣ эта способность на нѣкоторое время сохранится.

Опыты Шредера подтвердили это предположеніе. Послѣ пропусканія чрезъ печень содержаніе углекислаго аммонія въ пропускаемой крови уменьшилось, а содержаніе мочевины увеличилось. Очевидно, что въ печеночныхъ клѣткахъ произошло превращеніе углеамміачной соли въ мочевину по уравненію:



Въ согласіи съ опытами Шредера стоитъ давно уже наблюдавшійся фактъ увеличенія мочевины при приѣмѣ амміачныхъ солей внутрь.

Другіе изслѣдователи показали, что печень способна превращать въ мочевину не только углеаммоніевую соль, но и нѣкоторыя другія азотистыя соединенія, напр. гликоголь, лейцинъ, аспарагиновую кислоту.

Но всѣ эти опыты показываютъ лишь способность печени перерабатывать въ мочевину разнообразный азотистый матеріалъ. Но эти опыты не да-

ють отвѣта на вопросъ, изъ какого именно матеріала, (т. е. напр., изъ углеаммоніевой соли, или гликозоля и проч.) образуется мочевины въ организмѣ нормально.

Для рѣшенія этого вопроса требуется прибѣгнуть уже къ опыту на живомъ животномъ, что и было выполнено Нейцкимъ и Павловымъ.

Если бы намъ удалось вырѣзать тотъ органъ, въ которомъ происходитъ образованіе мочевины, т. е. печень, очевидно, что въ этомъ случаѣ въ крови животнаго долженъ бы накопляться тотъ матеріалъ, изъ котораго нормальнымъ образомъ вырабатывается мочевины; можно думать, что отчасти этотъ азотистый матеріалъ выдѣлится изъ крови и въ мочу, такъ что въ послѣдней, вмѣсто мочевины, мы можемъ ожидать появленія того вещества, которое въ нормальномъ организмѣ превращается въ печени въ мочевины.

Однако, вырѣзываніе печени представляетъ собой настолько тяжелую операцію, что оперированныя такимъ образомъ животныя живутъ всего въ теченіе нѣсколькихъ часовъ, такъ что никакія наблюденія, въ сущности, на такихъ животныхъ невозможны. Можно было бы, не вырѣзывая печени, перевязать идущіе къ ней кровеносныя сосуды и такимъ образомъ достигнуть такого же исключенія функціи печени; въ самомъ дѣлѣ, разъ кровь не будетъ вовсе протекать черезъ печень, очевидно, что печеночныя кѣтки не могутъ перерабатывать азотистый матеріалъ въ мочевины.

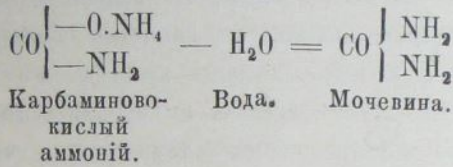
Печень, какъ извѣстно, получаетъ кровь изъ двухъ источниковъ: 1) къ ней подвозится артеріальная кровь чрезъ печеночную артерію и 2) гораздо большія количества крови приносятся къ печени по такъ назыв. воротной венѣ, собирающей кровь, оттекающую отъ всѣхъ брюшныхъ внутренностей.

Перевязать главный путь для крови—воротную вену также невозможно, потому что животныя въ этомъ случаѣ очень быстро погибаютъ. Поэтому Павловъ воспользовался слѣдующей уловкой, предложенной Эккомъ. Воротная вена, приносящая кровь къ печени, проходитъ въ близкомъ соеѣдствѣ съ нижней полой веной, по которой кровь оттекаетъ отъ печени къ сердцу. Нормально кровь протекаетъ изъ воротной вены по капиллярамъ печени, собирается затѣмъ въ печеночныя вены и черезъ нихъ попадаетъ въ нижнюю полую вену.

Павловъ образовалъ искусственное сообщеніе между воротной и нижней полой веной и затѣмъ перевязалъ первую у мѣста впаденія ея въ печень. Теперь кровь отъ кишечника направлялась, минуя печень, прямо къ сердцу. Для полного исключенія функціи печени оставалось еще перевязать печеночную артерію (рис. 58), что дѣлается, сравнительно, безъ особенной опасности.

У оперированныхъ описаннымъ образомъ животныхъ количество мочевины въ мочѣ значительно уменьшилось, а вмѣсто нея появился карбаминовокислый аммоній. Въ то же время у животныхъ наблюдались припадки, въ точности соответствующіе обычной картинѣ отравленія карбаминовой кислотой; это указывало на накопленіе карбаминовой кислоты въ крови.

Изъ изложенныхъ опытовъ слѣдуетъ, что въ нормальномъ организмѣ матеріаломъ для образованія мочевины служитъ карбаминовокислый аммоній, который, теряя одну частицу воды, и превращается въ мочевины:



Въ нормальномъ организмѣ сколько нибудь замѣтныхъ количествъ карбаминовокислаго аммонія въ крови не находится, такъ какъ онъ почти цѣликомъ превращается въ мочевины. Но небольшія количества карбаминовой кислоты доказаны, во всякомъ случаѣ, и въ нормальной крови.

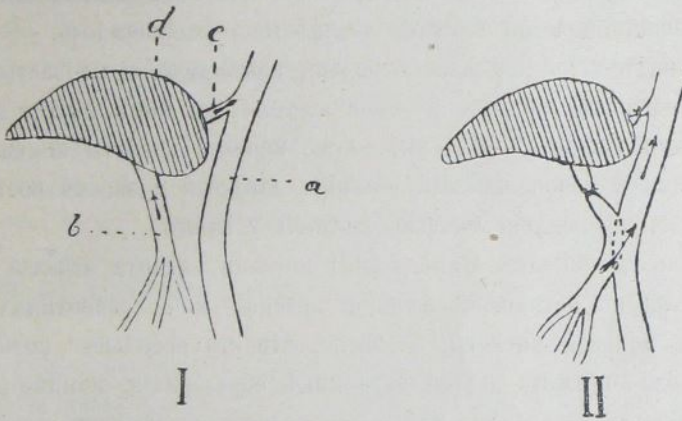


Рис. 58. Схѣма операціи Экка. I—расположеніе органовъ до операціи; II—послѣ операціи; *a* — нижняя полая вена; *b* — воротная вена; *c* — печеночная вена; *d* — печень; стрѣлками обозначено направленіе кровяного тока.

Такимъ образомъ, судьба бѣлковаго азота можетъ быть очерчена слѣдующимъ образомъ: въ тканяхъ образуется карбаминовокислый аммоній, который и переходитъ въ омывающую ткани кровь; попадая затѣмъ въ печень, карбаминовокислый аммоній превращается въ мочевины; эта послѣдняя не остается лежать въ печеночныхъ клѣткахъ, а вымывается оттуда кровью и переносится въ почки, гдѣ и выдѣляется съ мочей.

Другой продуктъ азотистаго обмѣна, содержащійся въ мочѣ, представляетъ собой мочева кислота, которая у млекопитающихъ животныхъ содержится въ мочѣ въ очень небольшихъ количествахъ; въ мочѣ птицъ и пресмыкающихся въ видѣ мочевои кислоты выводится большая часть азота мочи и, слѣдовательно, мочева кислота у этихъ животныхъ играетъ роль мочевины млекопитающихъ. Моча птицъ, какъ извѣстно, выдѣляется вмѣстѣ съ каломъ и въ свѣжемъ состояніи представляетъ собой густую, сиропообразную жидкость, которая быстро при охлажденіи на воздухъ затвердѣваетъ въ бѣлую кристаллическую массу, состоящую изъ трудно растворимыхъ солей мочевои кислоты.



У птицъ мочева́я кислота образуется въ печени. Это доказы́вается, во-пер-  
выхъ, тѣмъ, что печень птицъ содержи́тъ въ нѣсколько разъ больше мочево́й  
кислоты, чѣмъ кровь тѣхъ же животны́хъ (почти въ 15 разъ); это наблюде́нiе  
можно объяснить только въ тѣмъ смыслѣ, что печень-то и представляе́тъ со-  
бой очагъ выработкы мочево́й кислоты, въ которомъ образуются все новыя и  
новыя количества мочево́й кислоты, которыя кровь не въ состоянiи захватить  
сразу, въ результатѣ чего мочева́я кислота и накопляе́тся въ печеночны́хъ клѣт-  
кахъ. Въ пользу того же мнѣнiя говори́тъ тотъ фактъ, что при пропусканiи  
крови черезъ вырѣзанную печень кровь нагружа́ется мочево́й кислотой и послѣ  
прохожде́нiя черезъ печень содержи́тъ въ себѣ больше этого вещества, чѣмъ до  
соприкоснове́нiя съ печеночны́ми клѣтками.

Наконецъ, когда Минковскому удалось исключить у гусей печень изъ об-  
щей системы кровообраще́нiя, на подобiе того, какъ это дѣлалъ Павловъ съ со-  
баками, образова́нiе мочево́й кислоты значительно уменьшилось.

Моча такихъ гусей сдѣлалась жидкой, какъ вода, и не застывала въ кри-  
сталлическую массу. Содержа́нiе мочево́й кислоты въ мочѣ вмѣсто нормальныхъ  
60—70% понизилось до 2—3%; вмѣсто же мочево́й кислоты появился въ боль-  
шихъ количествахъ молочнокислый аммонiй, который и можно поэтому считать  
материаломъ для образова́нiя мочево́й кислоты у птицъ.

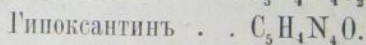
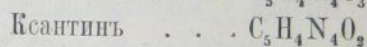
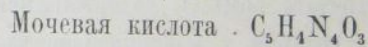
Однако, и въ опытахъ Минковского мочева́я кислота исчезла изъ мочи не  
нацѣло; несмотря на исключе́нiе функцiи печени, моча животны́хъ содержи́ла  
все же 2—3% мочево́й кислоты; очевидно, что это небольшое количество моче-  
во́й кислоты должно имѣть другой источникъ образова́нiя, помимо печени. Мин-  
ковский предпола́гаетъ, что это небольшое количество мочево́й кислоты образу-  
ется изъ ядернаго вещества—нуклеина.

Изъ нуклеина же происходи́тъ мочева́я кислота и у млекопитающихъ жи-  
вотны́хъ, и у челове́ка.

Истинный нуклеи́нъ представляе́тъ собой соедине́нiе бѣлка съ нуклеиновой  
кислотой; въ составъ этой послѣдней входятъ, между прочимъ, такъ называемыя  
нуклеиновыя основанiя: ксантинъ, гипоксанти́нъ, гуани́нъ и адени́нъ.

Эти-то послѣднiя вещества и служатъ источникомъ мочево́й кислоты въ  
человѣческомъ организмѣ.

Близость мочево́й кислоты къ ксантину и гипоксантину явствуе́тъ изъ  
нижеприведенныхъ формулъ этихъ веществъ:



Мочева́я кислота, ксантинъ и гипоксанти́нъ представляю́тъ собой рядъ ве-  
ществъ, послѣдующiй членъ котораго отлича́ется отъ предыдущаго большимъ со-  
держа́нiемъ 1 атома кислоро́да. Строи́е и многiя реакцiи этихъ веществъ впол-  
нѣ доказы́ваютъ близость мочево́й кислоты къ нуклеиновымъ основанiямъ, такъ  
что даже эти вещества называю́тъ иногда веществами группы мочево́й кислоты.

Въ ту же группу относятся гуанинъ и аденинъ которые, легко могутъ быть превращены въ ксантинъ или гипоксантинъ дѣйствіемъ азотистой кислоты.

Горбачевскій подвергалъ селезеночную мякоть, богатую ядернымъ веществомъ, сначала непродолжительному гніенію (которое связано всегда съ восстановленіемъ окисленныхъ веществъ, съ отнятіемъ кислорода), а затѣмъ легкому окисленію при помощи гемоглобина. Послѣ гніенія въ жидкости можно было доказать присутствіе ксантина и гипоксантина; при послѣдующемъ окисленіи оба эти вещества переходили въ мочевую кислоту. Очищенное ядерное вещество, полученное изъ мякоти селезенки, дало тѣ же результаты.

При вспрыскиваніи нуклеина подъ кожу кроликамъ количество выдѣляемой животнымъ мочевой кислоты рѣзко повышается, какъ это видно, напр., изъ слѣдующей таблицы.

(Содержаніе мочевой кислоты въ мочѣ).

I	нормальный день	1,5	грм.
II	»	2,0	»
III	»	1,8	»
IV	»	1,0	»
V	день. (Вспрыснуть нуклеинъ)	8,2	»

Такое же увеличеніе мочевой кислоты наблюдается и приѣмъ нуклеина съ пищей.

Всѣ описанные опыты заставляютъ думать, что у млекопитающихъ мочевая кислота происходитъ изъ нуклеина, освобождающагося при физиологическомъ разрушеніи клѣточныхъ ядеръ, т. е. при гибели клѣтокъ внутри организма.

Но такъ какъ наиболѣе быстро разрушаются въ крови бѣлыя кровяныя клѣтки, Горбачевскій думаетъ, что большая часть мочевой кислоты происходитъ именно на счетъ бѣлыхъ кровяныхъ клѣтокъ. Дѣйствительно, ему удалось доказать тѣсную связь между гибелью лейкоцитовъ и содержаніемъ мочевой кислоты въ мочѣ.

Бѣлыя кровяныя тѣльца представляютъ собой недифференцированную клѣтку, по своему развитію рѣзко отличающуюся отъ прочихъ клѣтокъ, входящихъ въ составъ высшаго организма, и приближающуюся по своимъ анатомическимъ и физиологическимъ свойствамъ къ одноклѣточнымъ первичникамъ. Нѣтъ ничего удивительнаго въ томъ, что и обмѣнъ веществъ этой клѣтки отличается отъ обмѣна веществъ высшихъ животныхъ. Мочевина вырабатывается только этими послѣдними, въ низшихъ же классахъ позвоночныхъ и у всѣхъ беспозвоночныхъ мѣсто ея заступаетъ мочевая кислота. Лейкоцитъ, какъ существо, стоящее на очень низкой ступени развитія, также вырабатываетъ въ своей протоплазмѣ въ качествѣ конечнаго азотистаго продукта мочевую кислоту.

Мочевина у человѣка является главнымъ продуктомъ азотистаго метаморфоза его тканей; мочева я кислота вырабатывается, по Горбачевскому, сожителями (симбионтами) высшего организма—бѣлыми кровяными тѣльцами.

Кромѣ мочевины и мочево я кислоты въ мочѣ содержатся еще небольшія количества другихъ азотистыхъ веществъ. Сюда принадлежать: 1) Креатининъ ( $C_4H_7N_3O$ ), который по мнѣнiю однихъ ученыхъ образуется изъ креатина мяса, употребляемаго въ пищу, по мнѣнiю другихъ—вырабатывается въ самомъ организмѣ во время мышечной работы и 2) Гиппурова я кислота ( $C_9H_9NO_3$ ), представляющая собой соединенiе гликоголя (амидоуксусной кислоты  $CH_2(NH_2)COOH$ ) и бензойной кислоты ( $C_6H_5COOH$ ).

Сѣра бѣлковыхъ веществъ сгораетъ въ организмѣ вполне, превращаясь въ высшую степень окисленiя—сѣрную кислоту, которая въ мочѣ содержится, главнымъ образомъ, въ видѣ сѣрнокислаго кали.

Фосфоръ нуклеина и лецитина также сполна окисляется въ организмѣ и появляется въ мочѣ въ видѣ фосфорнокислыхъ солей.

Переходя къ вопросу о механизмѣ отдѣленiя мочи, прежде всего укажемъ на тѣсную зависимость между мочеотдѣленiемъ и кровянымъ давленiемъ. Опыты на животныхъ и наблюденiя на людяхъ показываютъ, что чѣмъ выше кровяное давленiе въ сосудахъ, тѣмъ энергичнѣе отдѣляется моча изъ почки; чѣмъ ниже падаетъ кровяное давленiе, тѣмъ слабѣе токъ мочи изъ почки; наконецъ, при нѣкоторомъ предѣльномъ давленiи крови мочеотдѣленiе совершенно прекращается.

Такъ, послѣ перерѣзки спинного мозга, когда все сосу ды всего тѣла сильно расширяются и давленiе въ нихъ падаетъ до minimum'a—мочеотдѣленiе прекращается. При раздраженiи блуждающаго нерва, въ связи съ замедленiемъ ударовъ сердца, кровяное давленiе также падаетъ—падаетъ и мочеотдѣленiе. Наоборотъ, при обильномъ питьѣ воды, когда выпитая жидкость, поступа я въ артериальную систему, значительно увеличиваетъ давленiе въ ней,—мочеотдѣленiе усиливается.

Совокупность все хъ приведенныхъ фактовъ дала возможность Людвигу высказать взглядъ, согласно которому моча представляетъ собой простой фильтратъ изъ крови, профильтровывающийся чрезъ клубочки.

Но моча, какъ мы видѣли, обладаетъ такими свойствами, которыя плохо вяжутся съ представлениемъ о ней, какъ о простомъ фильтратѣ и которыя, поэтому, должны быть предусмотрѣны теорiей мочеотдѣленiя. Къ этимъ свойствамъ относится: 1) отсутствiе бѣлка въ мочѣ и 2) высокое содержанiе (до 5%) твердыхъ кристаллическихъ продуктовъ обмѣна веществъ.

Что касается вопроса о томъ, почему моча, будучи фильтратомъ изъ крови, не содержитъ ни слѣда бѣлка, въ то время какъ кровь содержитъ очень много бѣлковыхъ веществъ,—этотъ вопросъ объясняется особенными фи-

зическими свойствами баумановой капсулы, одѣвающей клубочекъ. Эта капсула необыкновенно плотна и трудно проницаема. При введеніи, напр., въ кровеносное русло мелко раздробленныхъ крупинокъ, зернышекъ туши и проч., эти зернышки проходятъ черезъ стѣнку кровеносныхъ капилляровъ и выдѣляются въ окружающую ткань; но черезъ бауманову капсулу зернышки не способны проходить и все цѣликомъ лежатъ подѣ капсулой, между ней и стѣнкой капилляровъ клубочка. Въ виду этой непроницаемости баумановой капсулы и въ виду того, что бѣлки, какъ коллоиды, не образуютъ истиннаго раствора, а частицы ихъ только взвѣшены въ жидкости, можно думать, что бауманова капсула неспособна пропускать черезъ себя бѣлокъ, а фильтруетъ только находящіеся въ состояніи истиннаго раствора кристаллоиды. Среди мертвой природы извѣстны также примѣры такихъ фильтровъ; сюда относятся, напр., тѣ фильтры, которые употребляются для отфильтровыванія бактерій; они задерживаютъ не только бактерій, но и т. назыв. растворенные бѣлки. Этимъ соображеніемъ устраняется первое затрудненіе.

Второе затрудненіе состоитъ въ томъ, что моча, какъ фильтратъ изъ крови, не должна содержать въ своемъ составѣ больше кристаллоидныхъ продуктовъ распада, чѣмъ ихъ содержитъ сама кровь. А на дѣлѣ мы видимъ какъ разъ обратное. Моча содержитъ, напр., около 2% мочевины, въ то время какъ въ крови мочевины содержится лишь въ видѣ слѣдовъ.

Для устраненія этого затрудненія Людвигъ предполагалъ, что въ клубочкахъ фильтруется очень разведенная моча, соотвѣтствующая по концентраціи содержанію кристаллическихъ продуктовъ обмѣна въ крови. Но въ дальнѣйшемъ пути по мочевымъ канальцамъ моча сгущается, отдавая воду путемъ диффузіи крови, протекающей въ капиллярахъ, окружающихъ клубочки; такимъ образомъ, къ концу своего длиннаго пути по мочевымъ канальцамъ моча достигаетъ нормальной концентраціи.

Однако, противъ теоріи Людвига были высказаны очень вѣскія соображенія. Во первыхъ, очень трудно понять, почему въ извитыхъ канальцахъ, гдѣ, по Людвигу, происходитъ всасыванье воды, послѣдняя переходитъ отъ мочи къ крови. Такой переходъ былъ бы возможенъ, если бы въ крови содержались кристаллоиды въ большемъ количествѣ, чѣмъ въ протекающей по канальцамъ жидкости, но и въ этомъ случаѣ вода переходила бы въ кровь изъ жидкости, находящейся въ канальцахъ, только до тѣхъ поръ, пока концентрація кристаллоидовъ въ ней сдѣлается равной концентраціи ихъ въ крови. Какъ только достигнуто это равенство концентрацій, всякія диффузионныя явленія должны прекратиться. Слѣдов., при помощи диффузіи воды никоимъ образомъ нельзя объяснить, почему моча обладаетъ большей молекулярной концентраціей, чѣмъ кровь.

Другое затрудненіе состоитъ въ слѣдующемъ. Принимая во вниманіе все побочныя обстоятельства, невозможно допустить, чтобы жидкость, фильтрующаяся черезъ клубочки, могла содержать, находясь еще внутри баумановой капсулы,

больше 0,05% мочевины. Слѣдов., для того чтобы этимъ путемъ вывести изъ организма суточное количество мочевины (=35 грм.), необходимо, чтобы за сутки профильтровалось не меньше 70,000 куб. сант. жидкости. Такъ какъ наружу выдѣляется съ мочей только не болѣе 2000 куб. сант., то, очевидно, 68,000 куб. сант. воды должны вновь всосаться въ канальцахъ изъ жидкости, профильтровавшейся чрезъ клубочки. Обмѣнъ такихъ громадныхъ количествъ воды (больше 5 ведеръ за сутки) чрезъ такой маленькій органъ, какъ почка, мало вѣроятенъ.

На основаніи этихъ соображеній, а также и на основаніи прямыхъ опытовъ, Гейденгайнъ высказалъ болѣе вѣроятную теорію относительно процесса мочеотдѣленія.

По взгляду Гейденгайна, въ клубочкахъ выдѣляется только вода и соли и, быть можетъ, небольшое количество органическихъ веществъ, находящихся въ растворѣ въ крови. Словомъ, безъ большой натяжки можно допустить (согласно съ Людвигомъ), что въ клубочкахъ имѣетъ мѣсто истинная фильтрація; скопляющійся въ клубочкахъ фильтратъ крови очень разведенъ; въ немъ соли и органическіе кристаллоиды содержатся не въ большемъ количествѣ, чѣмъ въ мочѣ.

Въ дальнѣйшемъ пути по мочевымъ канальцамъ клубочковый фильтратъ сгущается, но сгущается не благодаря всасыванью воды, а благодаря выдѣленію эпителиемъ канальцевъ твердыхъ веществъ въ протекающую по каналцу разведенную жидкость.

Эта секреторная дѣятельность эпителия мочевыхъ канальцевъ и представляетъ собой центръ тяжести теоріи Гейденгайна.

Непосредственное наблюденіе эпителия канальцевъ въ почкахъ птицъ указываетъ съ несомнѣнностью на его секреторныя свойства. Птицы выдѣляютъ очень концентрированную густую сиропообразную мочу съ большимъ содержаніемъ солей мочевой кислоты, которая у нихъ заступаетъ мѣсто мочевины вышнихъ животныхъ. Изслѣдуя мочу птицъ, легко убѣдиться, что въ баумановыхъ капсулахъ мочеислныя соли всегда отсутствуютъ и, наоборотъ, онѣ находятся въ большомъ количествѣ внутри эпителиальныхъ клѣтокъ извитыхъ канальцевъ, гдѣ мочевая кислота находится, по Мейсснеру, въ соединеніи съ бѣлкомъ и оттуда она выдѣляется вмѣстѣ съ обрывками протоплазмы въ просвѣтъ канальца.

Къ тому же взгляду приводятъ опыты Гейденгайна, который вспрыскивалъ въ кровь животнымъ растворъ индигосѣрникоислаго натра (синей краски) и слѣдилъ за путями его выдѣленія. Индигосѣрникоислый натръ при введеніи его въ кровь выдѣляется желчью и мочей.

Изслѣдуя почку животного, убитаго тотчасъ послѣ вспрыскиванья, Гейденгайнъ находилъ кристаллы краски внутри прямыхъ канальцевъ (собираательныхъ трубокъ) въ мозговомъ веществѣ. Если же передъ вспрыскиваньемъ животному перерѣзался спинной мозгъ, такъ что мочеотдѣленіе у животного прекращалось, и велѣдъ затѣмъ была вспрыснута животному краска—въ этомъ случаѣ

она находилась исключительно въ клѣтках эпителія мозговыхъ канальцевъ. Ни въ томъ, ни въ другомъ случаѣ краску нельзя было найти въ клубочкахъ.

Результатъ опытовъ объясняется слѣдующимъ образомъ. Клѣтки эпителія канальцевъ обладаютъ спеціальной секреторной функціей и выдѣляютъ въ просвѣтъ твердыя вещества. Клубочекъ не выдѣляетъ твердыхъ веществъ, но выдѣляетъ воду. Когда мочеотдѣленіе нормально, токъ воды изъ клубочка (рис. 59) уноситъ съ собою краску, выдѣленную эпителиемъ извитыхъ канальцевъ—въ прямыя каналцы почки. Когда же, благодаря перерѣзкѣ спинного мозга, отдѣленіе воды въ клубочкахъ прекращается—выдѣленная эпителиемъ клубочковъ краска остается лежать на мѣстѣ, такъ какъ нѣтъ тока жидкости, который могъ бы ее продвинуть дальше.

Тоже самое доказывается слѣдующимъ опытомъ. Если у нормального животного приречь поверхность почки ланисомъ, то въ прижатой области фильтрація воды въ клубочкахъ прекращается, но выдѣленіе краски черезъ эпителий канальцевъ продолжается. Выдѣляющаяся краска въ прижатомъ мѣстѣ, благодаря отсутствію водяного тока, остается лежать на мѣстѣ, въ то время какъ въ другихъ областяхъ почки она смывается токомъ воды въ собирательныя трубки. Этотъ опытъ даетъ наглядное представленіе обо всемъ процессѣ мочеотдѣленія.

Отдѣляющаяся въ почкѣ моча по каплямъ сочится изъ отверстій прямыхъ канальцевъ въ вершинѣ пирамид и, по мѣрѣ попаданія въ почечную лоханку, стекаетъ въ начало мочеточниковъ; отсюда при помощи перистальтическихъ движеній послѣднихъ моча подвозится къ мочевому пузырю.

По вступленіи мочи въ полость мочевого пузыря обратный токъ для мочи по направленію къ почкѣ становится невозможнымъ вѣдствие особаго анатомическаго устройства пузырныхъ отверстій мочеточниковъ. Какъ извѣстно, мочеточники прободаютъ стѣнку пузыря въ косомъ направленіи сверху внизъ и сзади напередъ (см. рис. 60).

Вѣдствие этого, какъ только напряженіе мочи въ пузырьѣ увеличится \*), такъ тотчасъ же верхняя часть стѣнки отверстия мочеточника, образующая надъ отверстиемъ родъ языкообразнаго клапана, — эта клапанообразная часть стѣнки тотчасъ же закроетъ отверстіе мочеточника и тѣмъ преградитъ мочѣ путь въ обратномъ направленіи.

Моча изъ почекъ отдѣляется непрерывно, непрерывно же стекаетъ она по мочеточникамъ въ пузырь. Но въ послѣд-

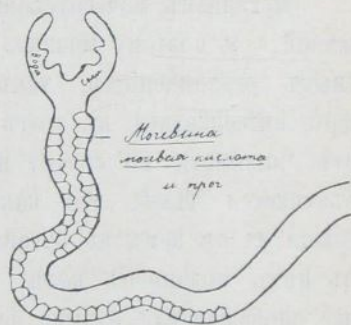


Рис. 59.



Рис. 60.

\*) А обратнаго тока мочи и можно ждать только при увеличеніи напряженія, подъ которымъ находится моча въ пузырьѣ.

нѣмъ моча накопляется въ теченіе болѣе или менѣе долгаго времени, чтобы затѣмъ при мочеиспусканіи сразу покинуть полость пузыря.

Силами, изгоняющими мочу изъ полости пузыря во время мочеиспусканія, является сокращеніе гладкихъ мышечныхъ волоконъ, залегающихъ въ стѣнкѣ пузыря и образующихъ родъ полаго мускула, при сокращеніи котораго емкость его полости естественно должна уменьшиться, и содержащаяся въ полости жидкость будетъ искать себѣ выхода наружу.

Сокращенія мускулатуры пузырной стѣнки происходятъ, впрочемъ, не только во время акта мочеиспусканія, а наблюдаются постоянно въ видѣ легкихъ, напоминающихъ отчасти перистальтику кишекъ, періодическихъ сокращеній пузырной оболочки. Но эти легкія сокращенія не вызываютъ истеченія мочи изъ мочеиспускательнаго канала, такъ какъ выходъ изъ пузыря въ уретру обычно запертъ наглухо, благодаря существованію вокругъ начальной части уретры 1) кольца изъ эластической ткани, плотно охватывающаго уретру и служащаго также запоромъ пузыря, что можно видѣть, напр., изъ того, что на трупѣ, когда всѣ мышечныя силы перестаютъ дѣйствовать, моча тѣмъ не менѣе изъ пузыря не вытекаетъ; 2) двухъ мышечныхъ сфинктеровъ: одного произвольнаго, состоящаго изъ гладкихъ мышцъ, и другого—подчиненнаго волѣ и выстроеннаго изъ поперечно-полосатыхъ волоконъ.

Механизмъ мочеиспусканія отчасти происходитъ въ сферѣ безсознательныхъ явленій, и поэтому можетъ быть подведенъ подъ типъ рефлекса, но съ извѣстнымъ ограниченіемъ, такъ какъ воля имѣетъ возможность въ значительной мѣрѣ вмѣшиваться въ этотъ рефлекторный актъ, подавлять его, или, наоборотъ, вызывать по своему произволу. Двойственный характеръ мочеиспусканія объясняется тѣмъ, что какъ для изгнанія мочи изъ пузыря, такъ и для задержки ея въ немъ въ организмѣ имѣется по парѣ органовъ, при чемъ одинъ изъ нихъ подчиненъ волѣ, другой неподчиненъ ей. Въ качествѣ произвольнаго опорожнителя пузыря функционируетъ мышечная оболочка его; произвольно можно достигнуть изгнанія мочи напряженіемъ мышцъ брюшнаго пресса. О существованіи двухъ—произвольнаго и произвольнаго сфинктеровъ пузыря мы уже упоминали.

Схема рефлекса, благодаря которому происходитъ актъ мочеиспусканія, состоитъ въ слѣдующемъ: по мѣрѣ накопленія мочи въ пузырь и по мѣрѣ растяженія мочею пузырныхъ стѣнокъ возбуждаются чувствительныя нервы слизистой оболочки пузыря, которые и передаютъ возбужденіе центрамъ, расположеннымъ въ поясничной части спиннаго мозга. Возбужденіе, исходящее изъ стѣнокъ пузыря возбуждаетъ центръ, завѣдующій сокращеніемъ пузырныхъ стѣнокъ и ослабляетъ напряженіе (тонусъ) центра, завѣдующаго сокращеніемъ сфинктера. Въ результатѣ—стѣнки пузыря сокращаются, а сфинктеръ расслабляется, и моча выгоняется наружу.

Но чувствительныя нервы пузыря не всѣми своими вѣтвями кончаются въ упомянутыхъ рефлекторныхъ центрахъ; они отдають боковыя вѣточки (кол-

лятероза) къ выше-лежащимъ центрамъ, между прочимъ, къ корѣ головного мозга. Благодаря этому, мы сознаемъ наполненіе пузыря въ видѣ своеобразнаго ощущенія напряженія и можемъ, сильно сокращая произвольный сфинктеръ пузыря, подавляя рефлекторное мочеиспусканіе, по произволу задерживать мочу.

Съ другой стороны, напрягая мышцы брюшного пресса, и расслабляя произвольный сфинктеръ, можно вызвать мочеиспусканіе, безо всякаго позыва на него, т. е. при слабо наполненномъ пузырьѣ.

---



## ОБМѢНЪ ВЕЩЕСТВЪ.

Организмъ часто сравниваютъ съ кристалломъ: указываютъ, что подобно кристаллу, организмъ имѣетъ опредѣленную внѣшнюю форму, обусловленную, очевидно, опредѣленнымъ расположеніемъ частицъ внутри протоплазмы клѣтки; что организмъ, какъ кристаллъ, зачинается съ микроскопически малаго скопленія вещества, но затѣмъ мало по малу, вбирая въ себя изъ окружающей среды вещество, тождественное съ веществомъ, его составляющимъ, растетъ, увеличивается во всѣхъ направленіяхъ, но сохраняетъ при этомъ все ту же, свойственную ему форму.

Нельзя не согласиться, что съ внѣшней стороны, со стороны формы, дѣйствительно, наблюдается извѣстная аналогія между этими двумя представителями организованной матеріи.

Но на этихъ морфологическихъ чертахъ сходства и кончается параллель между кристалломъ и организмомъ: какъ только изъ области изученія формы мы переходимъ къ изученію т. наз. жизненныхъ свойствъ клѣтки, то есть, говоря проще и ничего не предвѣдая, займемся изученіемъ перемѣнъ, которыя происходятъ съ веществомъ клѣтки во времени, мы тотчасъ же наталкиваемся на глубокую разницу между живымъ и мертвымъ организованнымъ тѣломъ.

Кристаллъ представляетъ собой наиболѣе неподвижное, наиболѣе инертное состояніе матеріи. Кристаллическое состояніе веществъ, по мнѣнію физиковъ, является единственно типичнымъ для твердаго состоянія тѣлъ. А намъ извѣстно, что именно въ твердомъ состояніи частицы матеріи наименѣе подвижны, обладаютъ наименьшей внутренней энергіей. Увеличьте энергію частицъ кристалла нагрѣваніемъ—кристаллическая форма разрушится—кристаллъ расплавится, перейдетъ въ жидкость.

Совершенно обратное состояніе веществъ мы наблюдаемъ въ живомъ организмѣ. Матеріальный составъ живой клѣтки, въ противоположность кристаллу, отличается необыкновенной неустойчивостью, лабильностью, текучестью. Матеріальныя частицы, входящія въ составъ живой клѣтки, постоянно, каждую минуту, каждое мгновенье замѣняются новыми, и въ данный моментъ клѣтка по своему составу уже не та, что была въ предшествующій моментъ; въ ближайшее будущее мгновенье ея составъ вновь измѣнится и будетъ отличнымъ отъ прежняго. Жизненный процессъ связанъ съ постоянной тратой, съ непрерывнымъ изнашиваньемъ вещества, съ утратой тѣхъ матеріальныхъ частицъ, которыя входятъ въ составъ живой клѣтки. Для того, чтобы, несмотря на эту трату, клѣтка сохранила свою анатомическую и физиологическую цѣлость, необходимо постоянно возстановлять потери, возобновлять разрушенное жизненнымъ процессомъ ве-

щество изъ окружающей природы. Процессъ питанія и беретъ на себя заботу объ этой сторонѣ дѣла, доставляя организму съ пищей запасъ свѣжаго матеріала, идущаго на пополненіе жизненныхъ потерь. Такимъ образомъ, цѣпь живого вещества съ одного конца непрерывно стирается, изнашивается, съ другого конца вновь вырастаетъ, вновь увеличивается. Ясно, что ея составъ при этомъ постоянно мѣняется, хотя форма и внѣшній видъ остаются неизмѣненными, и это потому, что новыя частицы вещества, становясь на мѣсто отработавшихъ молекулъ, принимаютъ то же самое взаимное расположеніе, которое имѣли эти послѣднія. Въ этой постоянной тратѣ живого вещества и замѣнѣ его свѣжими матеріалами и состоитъ процессъ обмѣна веществъ, который является наиболѣе характерной отличительной чертой живыхъ организмовъ.

Надо, впрочемъ, помнить, что обмѣнъ веществъ живыхъ организмовъ представляетъ собой нѣчто большее, чѣмъ простую мѣну матеріала, изъ котораго состоитъ живое вещество. Если бы обмѣнъ веществъ состоялъ въ замѣнѣ однихъ бѣлковыхъ молекулъ другими такими же бѣлковыми молекулами, процессъ обмѣна веществъ не пріобрѣталъ бы того выдающагося значенія въ животной экономіи, какое онъ имѣетъ въ дѣйствительности. Способность мѣнять вещество, обмѣнивать одни матеріальныя частицы на другія свойственна не только живому веществу, но и мертвой матеріи, напр., кристаллу. Если мы возьмемъ кристаллъ, положимъ, поваренной соли и бросимъ его въ растворъ хлористаго калия, то черезъ нѣкоторое время мы найдемъ нашъ кристаллъ по внѣшности совершенно неизмѣнившимся; его кубическая форма, грани, ребра и углы остались тѣми же, что были и раньше, и тѣмъ не менѣе вещество, изъ котораго состоитъ теперь нашъ кристаллъ, отличается отъ прежняго; значительная часть поваренной соли замѣстилась въ кристаллѣ хлористымъ калиемъ и мы имѣемъ теперь предъ собой кристаллъ изоморфной смѣси  $KCl + NaCl$ . Въ этомъ случаѣ, очевидно, также произошла замѣна одного вещества, входящаго въ составъ кристалла, другимъ веществомъ, произошелъ, слѣдовательно, какъ будто обмѣнъ веществъ, подобный органическому обмѣну веществъ.

И однако, въ томъ и другомъ случаѣ явленія глубоко, принципиально разнятся между собой. Въ случаѣ кристалла замѣна поваренной соли хлористымъ натріемъ, несомнѣнно повліявши на матеріальный составъ кристалла, оставила совершенно незатронутымъ или почти незатронутымъ тотъ запасъ энергіи, который былъ заключенъ въ кристаллѣ. Молекула хлористаго натрія вышла изъ кристалла въ неизмѣненномъ видѣ, на ея мѣсто вступила молекула хлористаго калия,—въ результатѣ сумма энергіи, заключавшейся въ кристаллѣ, не потерпѣла измѣненій ни въ сторону плюса, ни сторону минуса; совершенно другое имѣетъ мѣсто въ случаѣ обмѣна веществъ въ животномъ организмѣ. Новыя частицы вещества, происходящія изъ пищи, не вытѣсняють собой, какъ въ случаѣ кристалла, подобныя же частицы; они становятся, такъ сказать, уже на свободное мѣсто, такъ какъ онѣ замѣщаютъ собой частицы живого вещества,

уже разложившіяся, разрушившіяся во время жизненнаго процесса. Въ свою очередь и эти вновь поступающія въ царство жизни молекулы ждуть та же участь, участь быть разрушенными, разложиться, сгорѣть въ организмѣ на рядъ болѣе простыхъ продуктовъ. Говоря другими словами, обменъ веществъ въ живомъ организмѣ связанъ съ химическимъ превращеніемъ, съ измѣненіемъ вещества. Вещество, входящее въ организмъ съ пищей, имѣетъ другой составъ и свойство, чѣмъ вещество, покидающее организмъ съ выдѣленіями (выдыхаемымъ воздухомъ, мочей, каломъ). Входящее въ область жизни вмѣстѣ съ пищей вещество состоитъ изъ очень сложныхъ соединений, бѣлковъ, углеводовъ и жировъ, способныхъ сгорать въ организмѣ въ амміаки,  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ; послѣ прохожденія чрезъ организмъ это вещество превращается въ рядъ веществъ простыхъ, вполнѣ окисленныхъ, неспособныхъ къ соединенію съ кислородомъ воздуха. Такъ какъ при горѣніи сложныхъ органическихъ соединений освобождается большее или меньшее количество энергіи, то очевидно, что органическій обменъ веществъ связанъ съ отдачей организму изъ пищи извѣстнаго запаса энергіи, которая накоплена въ скрытомъ видѣ въ пищевыхъ веществахъ и въ этомъ видѣ подвизится къ организму, чтобы затѣмъ въ его тканяхъ и органахъ освободиться, превратиться изъ скрытаго состоянія въ дѣятельное, изъ потенціальной перейти въ кинетическую энергію.

Слѣдоват., и обменъ веществъ организма самымъ интимнымъ образомъ связанъ не только съ подвозомъ новыхъ молекулъ матеріи къ организму, но также и съ доставкой новыхъ и новыхъ запасовъ силы къ этому послѣднему. И мы не ошибемся, если припишемъ этой послѣдней сторонѣ дѣла—обмѣну энергіи значеніе гораздо большее для жизненнаго процесса, чѣмъ—принадлежитъ обмѣну матеріи въ тѣсномъ смыслѣ слова. Матерія, вещество является въ органическомъ обмѣнѣ веществъ только носителемъ энергіи, пищевое вещество является только средствомъ для доставленія организму того запаса потенціальной энергіи, который въ немъ заключается. Считая это положеніе принципиально важнымъ и исходнымъ для всего пониманія процесса обмена веществъ, я позволю себѣ сослаться въ подтвержденіе его на нѣсколько реальныхъ примѣровъ.

Разнохарактерность пищи: бѣлки, углеводы и жиры принадлежать къ совершенно различнымъ классамъ химическихъ соединений, которыя въ химическомъ смыслѣ ни въ коемъ случаѣ не могутъ замѣнять друга друга. И тѣмъ не менѣе въ пищѣ, какъ извѣстно всякому, бѣлокъ можетъ замѣняться въ очень большомъ масштабѣ крахмаломъ и жиромъ. Примѣръ—питаніе собаки, напр., 1) чистымъ мясомъ, 2) жирнымъ мясомъ и 3) хлѣбомъ.

Не говоря уже о разницѣ строенія и химической функціи бѣлковъ, углеводовъ и жировъ, бѣлки отличаются отъ углеводовъ и жировъ присутствіемъ азота, котораго нѣтъ ни въ жирахъ ни въ углеводѣ, и вотъ оказывается, что для организма въ значительной мѣрѣ безразлично, находится ли въ пищѣ азотъ, или нѣтъ; слѣдов., даже элементарный составъ пищи для него почти безразличенъ.

Мало того. Организмъ утилизируетъ въ качествѣ пищи цѣлую массу случайныхъ веществъ, принадлежащихъ къ самымъ разнообразнымъ классамъ химическихъ соединений. Спиртъ, глицеринъ, многоатомные спиртокислоты жирнаго ряда, цѣлый рядъ азотистыхъ соединений и т. д.—все это можетъ утилизировать организмъ въ извѣстной мѣрѣ въ качествѣ пищи.

И это потому, что организмъ пользуется пищей не какъ химическимъ соединеніемъ, а извлекаетъ изъ разныхъ сортовъ пищи заключающуюся въ ней энергію; вѣдь химическій составъ пищи по одному тому уже долженъ быть безразличенъ для организма, что всѣ пищевыя вещества въ концѣ концовъ разрушаются въ организмѣ, сгораютъ въ одни и тѣ же продукты; отличительныя черты химическаго соединенія, его внутреннее строеніе, слѣдов., при этомъ все равно погибаютъ и для организма только важна та энергія, которая освобождается при этомъ сгораніи. А эта энергія, разумѣется, качественно совершенно одинакова, изъ какого бы химическаго соединенія она ни происходила. Всѣ различія здѣсь будутъ количественныя: одно пищевое вещество даетъ большую сумму энергіи, другое—меньшую сумму энергіи. Позвольте пояснить сказанное сравненіемъ. Источникомъ тепла въ хозяйствѣ и въ техникѣ служатъ также самыя разнообразныя вещества: уголь, клѣтчатка, отбросы животныхъ—все это бросается въ огонь и все это въ концѣ концовъ служитъ одной и той же цѣли выработки тепла, только одно топливо даетъ тепла больше, другое меньше.

Что не химическія свойства пищевыхъ веществъ, а именно заключающаяся въ нихъ потенциальная энергія является опредѣляющимъ моментомъ въ дѣлѣ питанія—это можно видѣть также и изъ того, что пищевыя вещества замѣщаютъ другъ друга въ количествахъ, пропорціональныхъ запасу потенциальной энергіи въ нихъ. Въ 1 грам. жира содержится столько же потенциальной энергіи, сколько въ двухъ съ лишнимъ граммахъ бѣлка или углеводовъ. И въ обмѣнѣ веществъ для замѣны, напр., двухъ граммовъ крахмала достаточно одного грамма жира.

Углеводы и жиры подвергаются въ живомъ организмѣ полному окисленію, превращаясь въ угольную кислоту и воду. Согласно съ этимъ, они отдають при прохожденіи чрезъ организмъ всю содержащуюся въ нихъ энергію.

Но бѣлки сгораютъ не цѣликомъ; мочевиная, конечный продуктъ азотистаго метаморфоза, при сжиганіи способна еще развивать большое количество теплоты, т. е. заключаетъ въ себѣ извѣстный запасъ химической энергіи; 1 грам. мочевины, сгорая, развиваетъ 2537 калорий. Слѣдовательно, бѣлокъ при прохожденіи чрезъ организмъ отдаетъ послѣднему не всю заключающуюся въ немъ энергію; часть послѣдней остается непотребленной и ускользаетъ отъ организма вмѣстѣ съ мочевиной.

Поэтому, чтобы составить сужденіе о дѣйствительной извлекаемой организмомъ энергіи изъ бѣлковыхъ тѣлъ, нужно вычесть изъ количества тепла, которое получается при полномъ сгораніи бѣлка, теплоту, выдѣляющуюся при

сжиганіи соотвѣтственнаго бѣлку количества мочевины. Такимъ образомъ, получается такъ называемая «физиологическая теплота сгоранія» бѣлка, которая и даетъ понятіе о количествѣ энергіи, отдаваемой бѣлкомъ организму.

Среднія величины физиологической теплоты сгоранія для 3-хъ главныхъ группъ пищевыхъ веществъ выражаются слѣдующими цифрами (въ круглыхъ числахъ):

1 грм. бѣлка . . . . .	4100 калор.
1 » жира . . . . .	9300 »
1 » углеводовъ <sup>1)</sup> . . . . .	4100 »

Изъ приведенныхъ цифръ видно, что физиологическая теплота сгоранія жира и углеводовъ точно соотвѣтствуетъ теплотѣ сгоранія ихъ въ калориметрѣ, такъ какъ и въ организмѣ, и въ калориметрѣ эти двѣ группы веществъ сгораютъ совершенно. Но для бѣлковъ средняя теплота сгоранія въ калориметрѣ оцѣнивается цифрой въ 5700 калор., въ то время какъ въ организмѣ то же количество бѣлка, сгорая лишь до мочевины, выдѣляетъ только 4100 калор.

Для чего же нужна организму это непрерывная доставка энергіи извнѣ въ видѣ пищевыхъ веществъ? Мы получимъ отвѣтъ на этотъ вопросъ, какъ только разберемъ, что, въ сущности, характеризуетъ жизнь, какъ таковую, какія отличительныя признаки того процесса, который мы называемъ жизненнымъ процессомъ?

Во первыхъ, животное всегда нагрѣто нѣсколько выше температуры окружающей среды; температура холоднокровнаго животнаго превышаетъ температуру среды на 2—3°, температура теплокровнаго животнаго можетъ превышать температуру окружающаго воздуха на нѣсколько десятковъ градусовъ. Эта внутренняя теплота животнаго организма составляетъ одно изъ существенныхъ условій жизненнаго процесса. Какъ только тѣмъ или инымъ путемъ температура тѣла понижается до извѣстнаго минимума, жизнь животнаго прекращается, наступаетъ смерть.

Другимъ признакомъ, отличающимъ живое животное отъ трупа, является, какъ всякому извѣстно, способность къ движеніямъ. До тѣхъ поръ, пока животное сохранило способность къ движеніямъ въ скелетныхъ мышцахъ, или хотя минимумъ движенія въ видѣ сокращеній сердца и дыхательныхъ мышцъ, мы говоримъ, что животное живетъ. Замираетъ этотъ остатокъ движенія въ тѣлѣ—это значитъ, что наступила смерть.

Такимъ образомъ, самое поверхностное наблюденіе показываетъ, что въ организмѣ вырабатываются, по крайней мѣрѣ, двѣ формы энергіи: энергія тепловая и энергія механическая. Точное изслѣдованіе обнаруживаетъ, кромѣ того, что въ организмѣ вырабатывается электрическое напряженіе, связывается энергія въ видѣ химической энергіи при процессахъ органическаго синтеза и проч.

На основаніи принципа сохраненія энергіи, разсматривая организмъ какъ

<sup>1)</sup> Средняя величина для различныхъ пищевыхъ углеводовъ.

машину, мы должны разсматривать его (это относится, конечно, ко всякой машинѣ), не какъ источникъ энергіи, а лишь какъ трансформаторъ ея. Энергія должна быть доставлена организму въ той или иной формѣ; организмъ не въ силахъ создать изъ ничего ни одной динь силы; но онъ способенъ переработать доставляемую ему энергію въ новыя формы, соотвѣтственно своимъ потребностямъ.

Вотъ эту то энергію и доставляютъ организму пищевыя вещества. Пища состоитъ, какъ я уже упоминалъ, изъ очень сложныхъ соединений, которыя, сгорая въ организмѣ, выдѣляютъ заключенный въ нихъ запасъ энергіи. Вся энергія, обнаруживаемая организмомъ въ жизненныхъ проявленіяхъ, есть не что иное, какъ превращеніе, модификація той энергіи, которая была доставлена ему съ пищей.

Никакихъ другихъ источниковъ энергіи, кромѣ пищи, животный организмъ не имѣетъ. Другое дѣло—растеніе. Благодаря присутствію хлорофилла, растеніе непосредственно улавливаетъ разлитую въ атмосферѣ энергію солнечнаго луча и утилизируетъ ее для превращенія въ другія формы энергіи, въ жизненные проявленія.

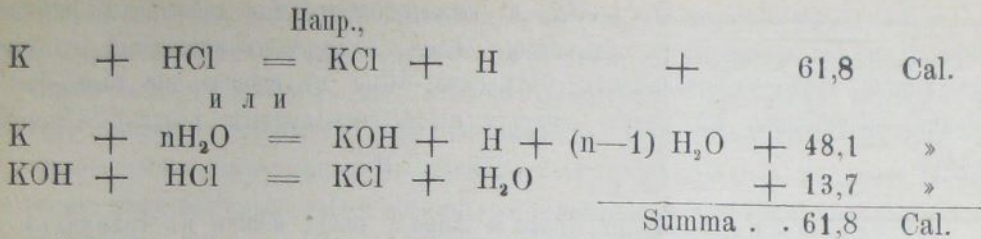
Поэтому—то растеніе и не нуждается въ пищѣ въ томъ смыслѣ, въ какомъ мы употребляемъ это слово относительно животнаго. Животное принимаетъ въ пищу сложныя органическія соединения, заключающія въ себѣ большой запасъ энергіи; разрушая эти вещества въ тѣлѣ, оно утилизируетъ содержащуюся въ нихъ энергію.

Пища растенія состоитъ изъ простыхъ, минеральныхъ веществъ, не содержащихъ въ себѣ сколько нибудь замѣтнаго запаса энергіи. Эти вещества въ тѣлѣ растенія не могутъ служить и не служатъ источникомъ силы; они утилизируются только какъ матерія, какъ матеріалъ для синтеза углеводовъ, жировъ, бѣлковъ. Слѣдовательно, пища для животнаго представляетъ интересъ только съ ея динамической стороны, со стороны заключающагося въ ней запаса энергіи; матеріальная основа пищи—только носитель ея динамическихъ свойствъ.

Наоборотъ, для растенія единственное важное свойство пищи—ея матеріальный составъ, свойство элементовъ, входящихъ въ ея составъ; запаса энергіи растеніе съ пищей не получаетъ. Да оно въ немъ и не нуждается, такъ какъ оно получаетъ энергію изъ другого источника.

Явленія обмѣна веществъ совершаются отчасти внутри микроскопической единицы живого міра—кѣтки, отчасти на границѣ между этой послѣдней и внутренней средой организма—словомъ, процессы обмѣна веществъ протекаютъ въ условіяхъ, исключаящихъ, повидимому, всякую возможность экспериментально подойти къ ихъ разрѣшенію. Въ самомъ дѣлѣ, изолировать живую кѣтку, подвергнуть ее вивисекціи, установить въ наши обычные фізіологическіе приборы нѣтъ возможности уже просто въ виду микроскопически малыхъ размѣровъ кѣтки. Поэтому и изслѣдованія обмѣна веществъ не производятся непосредственно надъ самымъ

субъектомъ обмѣна,—живой кѣткой; во всѣхъ изслѣдованіяхъ обмѣна веществъ принимается за данное и извѣстное вышеочерченный ходъ измѣненій, которымъ подвергается пища на пути отъ полости рта до извитыхъ канальцевъ почки или до легочныхъ альвеолъ. Предполагается (разумѣется, на основаніи точно провѣреннаго экспериментальнаго матеріала), что все то, что принято въ пищеварительный аппаратъ, здѣсь переварилось и всосалось — все это доставляется къ очагу физиологическаго окисленія—кѣткѣ. Наоборотъ, все то, что выдѣлилось изъ организма черезъ легкія и почки—все это происходитъ изъ процесса физиологическаго распада пищевыхъ веществъ внутри живой кѣтки. Принятая пища,—это приходъ живой кѣтки, ея активъ; выдѣленія—мѣра расхода кѣтки, пассивъ животной экономіи. Отсюда ясно, что, слѣдя точно за принятой пищей и выдѣленными продуктами обмѣна веществъ, мы можемъ составить себѣ вполне точное понятіе о потребленіи вещества во всѣхъ живыхъ тканяхъ организма. Мы знаемъ и умѣемъ точно учесть, сколько и какой пищи принимаетъ организмъ; можемъ учесть, какой % принятой пищи усваивается организмомъ, т. е. дѣйствительно доставляется къ очагу животнаго окисленія—живой кѣткѣ. Сравнивая съ этими величинами цифру выдѣленій организма, мы легко можемъ вычислить, истратилось ли, сгорѣло ли все органическое вещество, доставленное организму, или часть его задержалась въ тѣлѣ въ видѣ запаса, или же, наконецъ, не только вся доставленная пища сгорѣла внутри тканей, но и еще окислился нѣкоторый плюсъ, происходящій изъ веществъ органовъ самого тѣла. Такимъ образомъ, мы знаемъ, сколько бѣлковъ, углеводовъ и жира, доставленныхъ съ пищей, сгорѣло; сколько этихъ пищевыхъ веществъ уцѣлѣло отъ сгоранія и отложилось въ тѣлѣ. Наконецъ, сколько бѣлка, жира и углеводовъ самихъ органовъ тѣла подверглось распаду. Другими словами, мы получаемъ точное понятіе о вещественномъ балансѣ животной экономіи. Правда, что при этомъ отъ насъ ускользаетъ вся та область процессовъ обмѣна, которую можно обозначить какъ промежуточный обмѣнъ веществъ. Но это не имѣетъ для насъ существеннаго значенія, по двумъ причинамъ. Во первыхъ, различныя стадіи промежуточнаго обмѣна веществъ остаются неизмѣнными при физиологическихъ условіяхъ. Слѣдов., если мы въ началѣ ряда превращеній, которымъ подвергается пища,—имѣемъ, напр., бѣлокъ, въ концѣ ряда мочевины, то мы знаемъ, что въ промежуткѣ между этими стадіями проходитъ стадія амміака, углекислаго и карбаминовокислаго аммонія. Во вторыхъ, еслибы даже стадіи промежуточнаго обмѣна веществъ качественно мѣнялись, т. е. въ одномъ случаѣ азотъ бѣлковой молекулы продѣлалъ бы вышеописанный путь, въ другомъ—другой, но въ томъ и другомъ случаѣ въ концовъ концовъ изъ бѣлка образовалась бы мочевина, то для общей экономіи организма, для баланса энергіи это уклоненіе не имѣло бы никакого значенія. Въ самомъ дѣлѣ, извѣстная намъ изъ общей химіи теорема Гесса гласитъ: «количество энергіи, поглощеніемъ или выдѣленіемъ которой сопровождается переходъ одной химической системы въ другую, не зависитъ отъ промежуточныхъ состояній».



Слѣдов., какое бы направленіе ни принялъ промежуточный обмѣнъ веществъ, для насъ это, въ сущности, безразлично, поскольку насъ интересуетъ въ обмѣнѣ веществъ сумма энергіи, доставляемой организму и утилизируемой этимъ послѣднимъ. А именно эта то точка зрѣнія и является преобладающей въ ученіи объ общемъ обмѣнѣ веществъ.

Наиболѣе простой и одинъ изъ болѣе поучительныхъ случаевъ обмѣна веществъ представляетъ собой обмѣнъ при голоданіи. Опыты съ изслѣдованіемъ обмѣна веществъ при голоданіи производились какъ надъ животными, такъ и надъ людьми (такъ называемыми «искусниками голоданія», какъ Суччи, Четти).

Всѣ изслѣдователи единогласно пришли къ одному и тому же результату касательно общаго характера обмѣна при голоданіи, а именно: не смотря на полное устраненіе пищи, несмотря на то, что организмъ рѣшительно ничего не получаетъ, онъ неизмѣнно съ самаго перваго дня голоданія и до самой голодной смерти отдаетъ азотъ въ мочѣ, т. е. тратитъ бѣлокъ, который, очевидно, не можетъ въ этомъ случаѣ имѣть другого источника, кромѣ протоплазмы тканей самого организма. Болѣе подробное изслѣдованіе обмѣна при голоданіи показываетъ, что разложенію подвергается не только бѣлокъ, но и жиръ, накопленный въ организмѣ. Жиръ до извѣстной степени предохраняетъ бѣлокъ отъ сторанія, ограничиваетъ потерю бѣлка. По крайней мѣрѣ 1) до тѣхъ поръ, пока въ организмѣ еще сохраняется извѣстный запасъ жира, ежедневныя траты бѣлка со стороны организма бывають меньше, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда уже весь жиръ будетъ потребленъ; 2) жирное, упитанное животное тратитъ при голоданіи ежедневно меньше бѣлка, чѣмъ животное худое, содержащее мало запаснаго жира въ тѣлѣ.

Ежедневная трата бѣлка (и отчасти жира) въ организмѣ голодающаго животнаго не остается все время на одной и той же высотѣ. Въ первые дни голоданія (1—3, 1—5 дня) организмъ расходуетъ гораздо больше бѣлка, чѣмъ въ послѣдующіе дни и притомъ тѣмъ больше, чѣмъ обильнѣе была доставка бѣлка въ дни, предшествовавшіе голоданію. Затѣмъ, на 3-й, самое позднее на пятый день голоданія устанавливается минимумъ траты бѣлка и жира, который и держится далѣе на одной и той же приблизительно высотѣ до самой смерти животнаго. Иногда, незадолго до смерти животнаго трата бѣлка рѣзко повышается; это зависитъ оттого, что къ этому моменту весь запасъ жира въ организмѣ истощается и для того, чтобы располагать той же суммой калорій, какъ и раньше, организмъ долженъ теперь тратить больше бѣлка, такъ какъ другой источникъ энергіи—жиръ—изсякъ.



Всё сказанное можно видѣть на нижеприведенныхъ таблицахъ, изъ которыхъ первая показываетъ разложеніе бѣлка и жира въ организмѣ голодающей кошки, а вторая показываетъ разложеніе бѣлка въ первые дни голоданія у собаки, получавшей въ трехъ опытахъ предъ голоданіемъ различныя порціи бѣлка.

Таблица (разложеніе бѣлка и жира у голод. кошки въ граммахъ).

День голоданія	Бѣлокъ	Жиръ	День голоданія	Бѣлокъ	Жиръ
1	24,5	4,3	10	10,2	8,0
2	16,4	7,6	11	9,1	8,2
3	12,9	9,6	12	8,4	8,7
4	11,7	9,4	13	10,5	7,2
5	14,7	7,3	14	10,5	6,7
6	13,4	7,4	15	9,1	7,0
7	11,9	7,5	16	9,3	6,2
8	12,1	7,0	17	5,0	7,2
9	12,5	6,9	18	2,4	6,5

Таблица (выдѣленіе мочевины у голод. собаки <sup>1)</sup> въ граммахъ).

День голоданія	1-ый опытъ	2-ой опытъ	3-ий опытъ	День голоданія	1-ый опытъ	2-ой опытъ	3-ий опытъ
1	60,1	26,5	13,8	5	12,3	14,8	12,1
2	24,9	18,6	11,5	6	13,3	12,8	12,6
3	19,1	15,7	10,2	7	12,5	12,9	11,3
4	17,3	14,9	12,2	8	10,1	12,1	10,7

Непрерывная трата бѣлка и жира вызывается необходимостью для животнаго, во первыхъ, поддерживать на извѣстной высотѣ температуру тѣла, во вторыхъ, неизбѣжностью нѣкоторыхъ мышечныхъ движеній. Голодающее животное быстро слабѣетъ и, насколько возможно, воздерживается отъ произвольныхъ мышечныхъ движеній; но сердцебиеніе и дыхательныя движенія происходятъ при голоданіи такъ же, какъ и при доставкѣ пищи; слѣдов., извѣстная доля энергіи и у голодающаго животнаго тратится на мышечную дѣятельность. Эта неотложность траты организма на развитіе тепла и мышечную работу при отсутствіи пищевыхъ поступленій и приводитъ очень быстро къ полному истощенію, къ голодной смерти.

Но въ борьбѣ съ голодомъ организмъ напрягаетъ всё свои силы и, такъ сказать, облагаетъ менѣе работающіе органы налогомъ въ пользу органовъ, болѣе необходимыхъ организму и больше участвующихъ въ ежедневной работѣ

<sup>1)</sup> Собака предъ голоданіемъ получала: въ 1-омъ опытѣ 2500 грм. мяса, во 2-омъ — 1500 грм. мяса и въ 3-емъ — незначительное количество яичнаго бѣлка.

его. Въ самомъ дѣлѣ, еслибы каждый органъ при голоданіи располагалъ только тѣмъ количествомъ бѣлка, которое входитъ въ организацію его, въ этомъ случаѣ можно было бы ожидать, что наиболѣе энергично работающіе органы, какъ напр., сердце, потеряютъ при голоданіи въ вѣсѣ значительно больше, чѣмъ органы, мало работающіе. На самомъ же дѣлѣ происходитъ какъ разъ обратное этому: чѣмъ болѣе работаетъ органъ при голоданіи (а при этомъ работаютъ только тѣ органы, работа которыхъ безусловно необходима органу), тѣмъ меньше, оказывается, теряетъ онъ въ вѣсѣ при голоданіи животного. Напротивъ, органы, мало работающіе, напр., поперечнополосатая мускулатура, которая при голоданіи находится почти въ полномъ покоѣ,—эти органы теряютъ наибольшій % своего вѣса.

Единственно возможное объясненіе такого на первый взглядъ парадоксальнаго явленія состоитъ въ томъ, что бѣлокъ, входящій въ составъ мало работающихъ органовъ, растворяется, переходитъ въ кровь и съ кровью доставляется къ рабочимъ органамъ, которымъ и служитъ питательнымъ матеріаломъ. Такъ, мышцы скелета растворяются и передаютъ содержащейся въ нихъ бѣлокъ мышцѣ сердца. У рейнской лососи, идущей изъ моря въ верховья Рейна метать икру и во время этого длиннаго пути совершенно не принимающей пищи—у нея мускулатура сильно атрофируется, отдавая свой бѣлокъ отчасти мышцѣ сердца, отчасти же принося его въ жертву важной въ этотъ моментъ для рыбы функции размноженія: несмотря на полное голоданіе, несмотря на сильнѣйшее исхуданіе животного, у него развиваются и достигаютъ громаднхъ размѣровъ яичники, содержащіе въ себѣ будущее потомство.

Потера въ вѣсѣ различныхъ органовъ при голоданіи:

	Въ %/о свѣжаго органа	Въ %/о/о сухого органа		Въ %/о/о свѣжаго органа	Въ %/о/о сухого органа
Кости . . . .	14	—	Легкія . . . .	18	19
Мышцы . . . .	31	30	Сердце . . . .	3	—
Печень . . . .	54	57	Кишки . . . .	18	—
Почки . . . .	26	21	Мозгъ . . . .	3	0
Селезенка . . . .	67	63	Кожа . . . .	21	—
Панкреасъ . . . .	17	—	Жировая ткань .	97	—
Яички . . . .	40	—	Кровь . . . .	27	18

Что касается субъективныхъ ощущеній при голоданіи, то чувство голода даетъ себя знать только въ первые дни голоданія; въ привычные часы приѣма пищи человѣкъ чувствуетъ сильный позывъ на ѣду, который, однако, черезъ нѣсколько часовъ проходитъ. Въ дальнѣйшемъ же, по мѣрѣ ослабленія организма, чувство голода угасаетъ все болѣе и болѣе и смѣняется чувствомъ слабости и сильнѣйшей апатіей, нерасположеніемъ къ самому малѣйшему движенію. Въ этомъ состояніи апатіи, при постепенномъ паденіи t<sup>o</sup> тѣла, угасаніи сердцебиенія и дыхательныхъ движеній наступаетъ смерть.

Разсмотримъ теперь обмѣнъ веществъ при доставкѣ пищи.

Бѣлки являются необходимой составной частью пищи; жизненный процесс связанъ съ постоянной тратой основного вещества протоплазмы—бѣлка, который требуетъ поэтому постояннаго возобновленія. Животное, питаемое исключительно жирами и углеводами, продолжаетъ выдѣлять въ мочѣ азотъ, который въ этомъ случаѣ образуется, очевидно, насчетъ распада собственного бѣлка, входящаго въ составъ тканей животнаго. Мало по малу такое животное растрчиваетъ весь свой запасъ бѣлковыхъ веществъ, результатомъ чего является неминуемая смерть животнаго, наступающая несмотря на какія угодно количества углеводовъ и жировъ, даваемыя съ пищей.

Въ доказательство можно привести слѣдующіе примѣры:

I	Доставка корма	Распадъ бѣлка	Доставка корма	Распадъ бѣлка.
	0	341	0	138
	0	167	390 грм. жира	227
II	Доставка жира	Выд. мочевины	Доставка жира	Выд. мочевины
	0	11,9	300	12,0
	1	12,0	0	11,9
	100	12,0	0	11,3
	200	12,4	—	—

Наоборотъ, исключительно одинъ бѣлокъ можетъ поддерживать жизнь плотояднаго животнаго безъ малѣйшей прибавки углеводовъ и жировъ. Слѣдовательно, жизненный процессъ не требуетъ одновременной доставки всѣхъ трехъ группъ питательныхъ веществъ. Въ случаѣ исключительно—бѣлковой пищи, животное, очевидно, утилизируетъ бѣлокъ какъ для развитія живыхъ силъ, такъ и для построения разрушенной протоплазмы кѣловокъ. Эта послѣдняя роль бѣлка, тканеобразовательная, не можетъ выполняться ни жирами, ни углеводами.

Но первую функцію—доставленія, такъ сказать, горючаго матеріала для живой машины, могутъ взять на себя и 2 остальные группы питательныхъ веществъ, которыя въ этомъ случаѣ заступаютъ мѣсто бѣлка въ пищѣ и позволяютъ ограничить до извѣстной мѣры потребление бѣлка.

Согласно съ своей задачей—доставлять организму запасъ химической энергіи, углеводы и жиры могутъ заступать мѣсто бѣлка пропорціонально теплотѣ, отдаваемой ими организму, т. е. пропорціонально физиологической теплотѣ сгоранія.

1 грм. бѣлка отдаетъ организму 4100 калорій; такое же количество теплоты вырабатывается организмомъ изъ 1 грм. углеводовъ; поэтому, углеводы могутъ замѣщать бѣлокъ лишь въ одинаковыхъ съ послѣдними количествахъ; т. е. уменьшая въ пищѣ бѣлокъ на 1 грм., мы должны прибавить вмѣсто него также 1 грм. углеводовъ; наоборотъ, физиологическая теплота сгоранія жира значительно больше теплоты сгоранія бѣлка.

Поэтому, для замѣщенія одного грамма бѣлка жиромъ потребуется уже не 1 грм. этого послѣдняго, а около 0,44 грм., такъ какъ именно это количество

жира доставляетъ организму 4100 калорій, т. е. ровно столько, сколько получалъ организмъ въ видѣ 1 грм. бѣлка.

Относительныя количества, въ которыхъ различныя пищевыя вещества способны заступать другъ друга, получили названіе изодинамическихъ (т. е. равносильныхъ) количествъ.

На основаніи отчасти калориметрическихъ опредѣленій, отчасти опытовъ на животныхъ выводится, что 100 грм. жира изодинамичны съ 227 грм. бѣлка или углеводовъ (такъ какъ фізіологическая теплота сгоранія бѣлка и углеводовъ одинакова).

Въ этихъ изодинамическихъ количествахъ жиръ и углеводы и могутъ замѣнять пищевой бѣлокъ.

Это сберегающее бѣлокъ дѣйствіе жира и углеводовъ можно видѣть, напр., изъ слѣдующихъ опытовъ:

Опытъ №	Пища.		Распадъ.		Калоріи.
	Мясо	Жиръ	Мясо	Жиръ	
1	500	0	599	61	1106
2	500	100	491	75	1144

Въ первомъ изъ приведенныхъ опытовъ собака получала въ пищу исключительно т. назыв. „тощее“, т. е. не содержащее видимыхъ прослоекъ жира мясо. Такъ какъ животное получало при этомъ недостаточное количество мяса, то расходъ бѣлка (599 грм.) превышалъ его приходъ, т. е. собака разлагала бѣлокъ собственного тѣла; какъ только въ слѣдующемъ періодѣ опыта къ прежней пищѣ было прибавлено 100 грм. жира, тотчасъ это дало возможность животному сберечь, предохранить отъ разрушенія тотъ бѣлокъ тѣла, который оно разрушило для цѣлей питанія въ предыдущемъ періодѣ. Мы видимъ, что во второмъ періодѣ опыта расходъ бѣлка (491 грм.) почти въ точности соответствуетъ его приходу.

Такой же результатъ получается отъ прибавки углеводовъ въ пищу, какъ это явствуетъ изъ слѣдующаго опыта:

№ періода.	Пища			Распадъ			Калоріи
	Мясо	Жиръ	Углеводы	Мясо	Жиръ	Углеводы	
1	500	—	—	599	61,0	—	1106
2	500	10,2	167	568	19,9	167	998
3	500	4,6	182	537	10,9	182	1117
4	500	10,3	167	530	14,0	167	1020

Въ приведенномъ опытѣ животное разлагало цѣликомъ введенныя съ пищей углеводы, и это дало ему возможность понизить трату бѣлка съ 599 грм. до 530 грм., т. е. сберечь 69 грм. бѣлка.

Однако, какъ сказано, исключить совершенно бѣлокъ изъ пищи невозможно. Спрашивается, до какого же предѣла можетъ идти замѣщеніе бѣлка безазотистыми пищевыми веществами, каково наименьшее возможное количество бѣлка въ пищѣ?

Очевидно, вопрос этот может быть разрешенъ только путемъ опыта на животномъ или человѣкѣ. Животному даютъ въ пищу углеводы и жиры съ малой прибавкой бѣлка; если эта прибавка меньше требуемой, организмъ будетъ тратить собственный запасъ бѣлка, т. е. расходовать бѣлокъ тканей; поэтому въ мочѣ будетъ выдѣляться азотъ, соответствующій пищевому бѣлку + азотъ, происходящій отъ разрушенія тканевого бѣлка; другими словами, при недостаточномъ количествѣ пищевого бѣлка въ мочѣ будетъ выдѣляться больше азота, чѣмъ его принимается съ пищей.

При увеличеніи количества пищевого бѣлка эта разница между азотомъ пищи и азотомъ мочи будетъ становиться все меньше и, наконецъ, при нѣкоторомъ содержаніи бѣлка въ пищѣ эта разница исчезнетъ, т. е. организмъ будетъ выдѣлять съ мочей ровно столько же азота, сколько онъ получаетъ его съ пищей,—приходъ азота въ организмъ будетъ равняться его расходу; организмъ въ этомъ случаѣ, какъ говорятъ, находится въ состояніи азотистаго равновѣсія. Очевидно, что то самое меньшее количество бѣлка, при которомъ возможно азотистое равновѣсіе, т. е. при которомъ не тратится бѣлокъ тканей, и представляетъ собой нисшую границу потребностей организма въ бѣлковой пищѣ.

Изъ опытовъ надъ однимъ вегетаріанцемъ выведено, что этотъ необходимый минимумъ бѣлка равняется 0,6 грм. на килограммъ вѣса тѣла, т. е. при обычномъ вѣсѣ тѣла въ 70 килограммовъ, человѣкъ требуетъ ежедневной доставки по крайней мѣрѣ  $0,6 \times 70 = 42$  граммовъ бѣлка съ пищей. Если же пищевой бѣлокъ не достигаетъ этой величины, все равно животное будетъ потреблять свой собственный бѣлокъ, т. е. питаться, такъ сказать, на счетъ своего тѣла, или голодать, какія бы количества углеводовъ и жира оно ни принимало при этомъ съ пищей.

Впрочемъ, надо замѣтить, что и вышеприведенная величина, повидимому, не можетъ имѣть всеобщаго значенія, такъ какъ въ другихъ опытахъ и при болѣе обильной доставкѣ бѣлка организмъ потреблялъ собственный тканевой бѣлокъ; очевидно, упомянутый вегетаріанецъ лишь путемъ долговременной привычки низвелъ свои потребности въ бѣлкѣ до минимума, который для другого организма не достижимъ.

Въ другихъ опытахъ минимумъ этотъ былъ равенъ 2 грм. бѣлка на килограммъ тѣла животного. Повидимому, онъ мѣняется съ индивидуальностью.

При повышеніи содержанія бѣлка въ пищѣ повышается и разложеніе бѣлка въ организмѣ, такъ что сколько бы мы ни увеличивали доставку бѣлка съ пищей, накопленія бѣлковыхъ веществъ въ протоплазмѣ клѣтки отъ одного этого не происходитъ. Клѣтка изъ доставляемаго ей бѣлка, повидимому, превращаетъ въ свою протоплазму только такое количество бѣлковыхъ тѣлъ, которое соответствуетъ ея потребностямъ; все же остальное количество бѣлка употребляется для цѣлей развитія живыхъ силъ, т. е. подвергается немедленному окисленію.

Поэтому, сколько бы мы ни увеличивали ежедневную порцию бѣлка въ пищу, этимъ путемъ накопить запасъ бѣлка въ тѣлѣ, напр., увеличить въсь мускульной системы, намъ не удастся. Наростаніе живой протоплазмы обусловливается прежде всего потребностями и физиологическимъ состояніемъ живой клѣтки. Такъ, до тѣхъ поръ, пока организмъ растетъ, въ немъ образуется новая масса протоплазмы независимо отъ избыточной доставки бѣлка. Точно также мышечнымъ упражненіемъ (конечно, при достаточной, хотя и не избыточной доставкѣ бѣлка съ пищей) можно достигнуть накопленія бѣлка въ мышцѣ, потому что упражненіе, повышая вообще жизнедѣятельность клѣтокъ, увеличиваетъ и ихъ способность къ росту. Увеличить же ростъ клѣтокъ, такъ сказать, насильно избыточной доставкой бѣлка не удастся; весь избытокъ бѣлка клѣтка подвергнетъ немедленному окисленію.

Бѣлокъ не можетъ накопляться въ организмѣ исключительно путемъ обильной доставки его съ пищей, такъ какъ для такого отложенія онъ долженъ прежде организоваться, войти въ составъ клѣтокъ; организація же опредѣляется внутренними силами клѣтки.

Сказанное легко видѣть изъ слѣдующаго примѣра; собака получала въ пищу различнѣйшія количества мяса (отъ 500—2500 грм. въ сутки); несмотря на такія значительныя колебанія доставки бѣлка, разложеніе бѣлка въ тѣлѣ всегда шло параллельно величинѣ доставки.

№	Мясо пищи	Распадъ мяса въ тѣлѣ	№	Мясо пищи	Распадъ мяса въ тѣлѣ
1	0	165	5	1500	1500
2	500	599	6	1800	1757
3	1000	1079	7	2000	2014
4	1500	1499	8	2500	2512

Такимъ образомъ, при какихъ угодно количествахъ мяса животное можетъ разлагать столько бѣлка, сколько оно получаетъ его съ пищей; расходъ его равняется приходу, т. е., какъ говорятъ, животное находится въ состояніи азотистаго равновѣсія. Отложить, задержать бѣлокъ въ тѣлѣ удастся съ большимъ трудомъ, такъ какъ немедленно все введенное количество подвергается окисленію и притомъ очень быстро, почти непосредственно вслѣдъ за введеніемъ пищи. Если слѣдить за выдѣленіемъ азота въ различные часы дня, легко видѣть, что послѣ каждаго приема пищи выдѣленіе азота изъ организма, а, слѣдовательно, и разрушеніе азота въ организмѣ значительно увеличивается. Это увеличеніе разложенія бѣлка только отчасти объясняется той усиленной работой, которая выпадаетъ на долю кишечника (отдѣленіе соковъ) и которая связана съ усиленнымъ разрушеніемъ протоплазмы. Главнымъ же образомъ, повидимому, усиленіе потребленія бѣлка послѣ приема пищи зависитъ оттого, что бѣлокъ, всасывающійся изъ кишечника, немедленно же подпадаетъ въ тканяхъ процессу окисленія.

Выдѣленіе азота мочою.

Время	Отдача азота въ граммахъ	Время	Отдача азота въ граммахъ
Отъ 12 ч. н. до 8 ч. у. <sup>1)</sup>	0,79	Отъ 4 ч. д. до 6 ч. д.	1,15
» 8 » у. » 10 » » (завтр.)	0,68	» 6 ч. » » 8 » в.	1,04
» 10 » » » 12 » »	0,82	» 8 » в. » 10 » н. (уж.)	0,94
» 12 » » » 2 » дня	0,85	» 10 » н. » 12 » »	1,26
» 2 » д. » 4 » » (обѣдъ)	0,75	— — —	—

Не то нужно сказать объ углеводахъ и жирахъ. Безазотистый матеріалъ откладывается въ организмѣ въ видѣ запасовъ гликогена въ печени и мышцахъ и въ видѣ жировой ткани. Какъ гликогенъ, такъ и жиръ не представляютъ собой живого вещества, они отлагаются лишь въ клеткахъ, но не входятъ въ организацію ихъ; поэтому, накопленію безазотистаго питательнаго матеріала въ организмѣ, особенно жира, физиологическое состояніе клетки не ставитъ никакихъ предѣловъ. Жиръ при избыточномъ питаніи откладывается въ громадныхъ количествахъ, измѣряемыхъ пудами.

Нисшая граница потребности организма въ базазотистомъ питательномъ матеріалѣ опредѣляется спросомъ на живыя силы, предъявляемымъ со стороны организма. Даже при полномъ видимомъ покоѣ въ организмѣ происходитъ трата питательнаго матеріала и превращеніе потенціальной энергіи его въ кинетическую.

Такъ, во всякомъ организмѣ производится механическая работа мускуломъ сердца и дыхательными мышцами; если только животное не лежитъ, тратится работа на поддержаніе туловища въ вертикальномъ положеніи; вырабатывается теплота, служащая для поддержанія температуры тѣла на извѣстной высотѣ и. т. д.

Поэтому, даже покойный организмъ нуждается въ доставкѣ ему извнѣ энергіи въ видѣ питательныхъ веществъ.

На основаніи многочисленныхъ опытовъ Фойтъ опредѣляетъ потребность организма въ энергіи въ 40 калорій на 1 килограммъ вѣса тѣла животнаго.

Въ видѣ какого вещества будетъ доставлена организму требуемая ему потенціальная энергія, это, въ сущности, безразлично, лишь бы организмъ получалъ необходимый для замѣщенія разрушенныхъ тканей минимумъ бѣлка.

Остальное количество необходимой организму энергіи можетъ быть доставлено ему или въ видѣ углевода или въ видѣ жира; какое изъ этихъ веществъ предпочесть, или въ какихъ относительныхъ количествахъ взять жиры и углеводы въ пищу, это зависитъ уже отъ побочныхъ условій и, прежде всего, отъ состоянія пищеварительныхъ органовъ. Если всю остальную энергію доставлять организму исключительно въ видѣ жира, можно опасаться, что эта масса жира вызоветъ заболѣваніе кишечника. Поэтому, для человѣка болѣе цѣ-

<sup>1)</sup> Моча собиралась только въ одну порцію и выдѣленіе азота выведено двухъ-часовое среднее.

лесообразной должна считаться смѣшанная діета, которая, по Фойту, выражается слѣдующими цифрами.

### Ежедневный пищевой рационъ.

	Бѣлокъ.	Жиръ.	Углеводы.	Калоріи.
Для мужчинъ . .	118 грм.	56 грм.	500 грм.	2810000
Для женщины . .	94 »	45 »	400 »	2240000

Конечно, вышеприведенныя цифры относятся только къ среднимъ субъ-ектамъ, напр., они годятся для мужчинъ въ 70—75 килограммъ вѣсомъ при 10-часовой не изнурительной работѣ.

При увеличенной доставкѣ организму жира и углеводовъ животное отла-гаетъ ихъ въ тѣлѣ въ видѣ жира.

Жиръ въ организмѣ можетъ накопляться путемъ простого отложенія въ жировыхъ клѣткахъ пищевыхъ жировъ. При избыточномъ кормленіи жиромъ послѣдній, всасываясь въ кровь, не весь подвергается окисленію; избытокъ жи-ра переносится въ запасные магазины жира—жировую ткань, гдѣ и сохраняется до поры до времени. Въ періоды голоданія животное и прибѣгаетъ къ этимъ запасамъ. Голодающее животное прежде всего потребляетъ содержащійся въ его организмѣ жиръ, экономя такимъ образомъ на драгоцѣнномъ матеріалѣ—бѣлкѣ и тратя послѣдній въ самомъ ограниченномъ количествѣ. Лишь когда весь за-пасный жиръ уже израсходованъ, голодающее животное начинаетъ усиленно разлагать бѣлокъ своихъ тканей, что и сказывается внезапнымъ увеличеніемъ азота мочи; слѣдовательно, слѣдя точно за выдѣленіемъ азота въ мочѣ, можно съ точностью установить тотъ пунктъ, когда животное потребило весь свой жиръ.

Для доказательства образованія животнаго жира путемъ простого отло-женія въ жировыхъ клѣткахъ пищевыхъ жировъ Гофманъ производилъ слѣ-дующія опыты.

Собака подвергалась тридцатидневному голоданію; за это время весь за-пасный жиръ ея организма успѣвалъ израсходоваться. Затѣмъ въ теченіе 5 дней животное кормили пищей, состоящей изъ небольшого количества бѣлка и очень большого количества жира, такъ что въ теченіе этихъ пяти дней собака приняла съ пищей 1854 грм. жира и 254 грм. бѣлка. Черезъ пять дней жи-вотное было убито, въ трупѣ было найдено 1353 грм. жира, который образо-вался за пятидневный періодъ усиленнаго кормленія. Изъ 254 грм. пищевого бѣлка, очевидно, не могло образоваться 1353 грм. жира; ясно, что въ опи-санномъ опытѣ жиръ произошелъ непосредственно изъ принятыхъ въ пищу жировъ.

Другой путь для доказательства той же мысли былъ избранъ Лебеде-вымъ. Послѣдній воспользовался для своихъ опытовъ разницей температуръ плавленія жировъ различныхъ животныхъ. Собачій жиръ при комнатной температурѣ твердъ; онъ плавится между 30 и 42°.



Если животному давать въ пищу жиры, имѣющіе отличную отъ указанной температуру плавленія, и если, дѣйствительно, пищевой жиръ способенъ отлагаться непосредственно, мы должны ожидать, что послѣ такого кормленія и жиръ собаки измѣнитъ свою температуру плавленія.

Лебедевъ заставлялъ двухъ собакъ голодать въ теченіе 1 мѣсяца, чтобы за это время онѣ успѣли израсходовать содержащейся въ ихъ организмѣ жиръ. Затѣмъ въ теченіе 3 недѣль онъ давалъ въ пищу животнымъ очень большія количества жира. Первая собака получала льняное масло, незатвердѣвающее даже при 0°, второй собакѣ давалось почечное баранье сало, имѣющее температуру плавленія 50°.

Черезъ три недѣли обѣ собаки были убиты. Въмѣсто нормального собачьяго жира, плавящагося при 30—42°, трупъ первой собаки содержалъ въ жировой ткани масло, незаствывающее даже при 0°, въ трупѣ второй найденъ былъ жиръ, плавящійся лишь при 50°.

Описанные опыты показываютъ, что принятый съ пищей жиръ можетъ увеличивать запасы жира въ организмѣ; слѣдовательно, жирная пища предрасполагаетъ къ ожиренію.

Но и обильное кормленіе углеводами приводитъ къ тому же результату. Еще Либихъ указывалъ на возможность образованія жира изъ углеводовъ, приводя въ примѣръ пчелъ, которыя вырабатываютъ воскъ (въ химическомъ отношеніи близкій къ жиру) при исключительномъ кормленіи ихъ однимъ медомъ (т. е. углеводами). При точномъ изслѣдованіи выработки воска у пчелъ мнѣніе Либиха въ полной мѣрѣ подтвердилось. Но примѣръ пчелъ, какъ животныхъ безпозвоночныхъ, не даетъ права дѣлать выводъ, что и у высшихъ позвоночныхъ животныхъ жиръ способенъ вырабатываться изъ углеводовъ. Для позвоночныхъ это должно быть доказано особыми опытами, что и было сдѣлано Чирвинскимъ. Онъ взялъ двухъ боровковъ одного помета десятинедѣльнаго возраста, изъ которыхъ одинъ вѣсилъ 7300 грм., другой—7290 грм.

На основаніи равенства вѣса тѣла и равныхъ условій жизни животныхъ, можно допустить, что содержаніе бѣлка и жира въ организмѣ обонхъ поросятъ было одинаковое; такъ что, пожертвовавъ однимъ изъ нихъ до опыта и опредѣливши въ его тѣлѣ содержаніе жира и бѣлка, можно составить понятіе о содержаніи этихъ веществъ въ организмѣ другого поросенка, который собственно и употреблялся для опыта. Оставшійся въ живыхъ боровокъ кормился въ теченіе 4 мѣсяцевъ крупой, состоящей, главнымъ образомъ, изъ углеводовъ, но содержащей и небольшіе количества бѣлка и жира, которыя точно опредѣлялись. По истеченіи 4 мѣсяцевъ второй поросенокъ былъ также убитъ, и въ трупѣ было опредѣлено содержаніе бѣлка и жира.

№ II содержалъ 2,52 килограмм. бѣлка и 9,25 килограмм. жира

№ I » 0,96 » » » 0,69 » »

Такъ какъ до опыта № I и II находились въ совершенно одинаковыхъ условіяхъ, можно думать, что и второй поросенокъ до кормленія крупой содержалъ въ своемъ тѣлѣ столько же бѣлка и жира, сколько и первый (т. е. 0,96 килограмм. бѣлка и 0,69 килограмм. жира). Слѣдовательно, вычитая числа, приведенныя во второй строчкѣ таблички, изъ цифръ первой строчки, мы можемъ узнать, сколько бѣлка и жира накопилъ второй поросенокъ за 4 мѣсяца кормленія крупой.

	Бѣлка	Жира.
№ II накопилъ за 4 мѣсяца . . . . .	1,56 килограмм.	8,56 килограмм.
За это время съ крупой онъ получилъ	7,49 »	0,66 »
Разница — 5,93 килограмм. + 7,90 килограмм.		

Такимъ образомъ, за періодъ опыта въ организмѣ поросенка образовалось 7,90 килограммовъ жира, происходящихъ не изъ жира пищи, а, очевидно, или изъ углеводовъ, или изъ бѣлковъ пищи. Но изъ всего количества пищевого бѣлка 1,56 килограммовъ отложилось въ тѣлѣ поросенка въ видѣ бѣлка же. Слѣдовательно, исчезло 5,93 килограмм. Можно думать, что безазотистая часть бѣлковой молекулы въ этомъ случаѣ перешла въ жиръ. Но даже и при этомъ предположеніи остается нѣкоторый избытокъ жира; изъ 5,93 килограмм. бѣлка, конечно, не можетъ образоваться 7,90 килограмм. жира; остается допустить, что часть жира, накопленнаго въ организмѣ этого поросенка, произошла изъ углеводовъ пищи, что и требовалось доказать.

Наконецъ, есть факты, показывающіе, что жиръ можетъ образоваться и на счетъ бѣлковъ пищи. Образование жира изъ бѣлковъ протоплазмы наблюдается, какъ выше сказано, при нормальномъ (въ сальныхъ железахъ) и патологическомъ (при отравленіяхъ) жировомъ перерожденіи. Кромѣ того, есть наблюденія, что бѣлковыя вещества, подвергаясь въ водѣ своеобразному разложенію, превращаются въ такъ называемый жировоскъ, который очень сходенъ съ обычными жирами.

Проф. Фойту были доставлены легкія горнаго оленя, которыя были брошены въ одно изъ альпійскихъ озеръ и пролежали тамъ около года; черезъ этотъ промежутокъ времени легкія цѣликомъ перешли въ жировоскъ. Гофманъ сдѣлать для доказательства образованія жира изъ бѣлка слѣдующій опытъ. Онъ собиралъ яйца мухъ, откладываемыя ими лѣтомъ на гниющихъ кускахъ мяса. Собранныя яйца были раздѣлены на 2 порціи, въ одной изъ которыхъ было опредѣлено содержаніе жира, другая была брошена въ дефибринированную кровь, содержащую жиръ въ которой также опредѣлялось заранѣе.

Послѣ того какъ яйца превратились въ личинки, эти послѣднія были вынуты изъ жидкости и въ нихъ снова опредѣлено содержаніе жира. Если жиръ не можетъ образоваться изъ бѣлка, въ личинкахъ должно содержаться столько же жира, сколько его было въ яйцахъ и въ крови. Если же мы найдемъ въ личинкахъ больше жира, чѣмъ его содержится въ крови и въ яйцахъ, очевидно,

что это новое количество жира образовалось из другого материала; а единственный питательный материал в крови, кроме жира, — бѣлокъ.

Въ яйцахъ и крови содержалось 0,0599 грм. жира.

Въ личинкахъ найдено . . . 0,6328 » »

Разность . . 0,0729 грм.

Слѣдовательно, въ опытѣ Гофмана изъ бѣлка крови образовалось 0,0729 грм. жира.

Есть опыты, говорящіе въ пользу образованія жира изъ бѣлка и у вышнихъ животныхъ.

Такимъ образомъ, жиръ можетъ образоваться изъ всѣхъ трехъ группъ питательныхъ веществъ — бѣлковъ, углеводовъ и жировъ. Но на практикѣ, конечно, ожирѣніе происходитъ, главнымъ образомъ, вслѣдствіе злоупотребленія крахмалистой, сладкой и жирной пищей. Впрочемъ, нельзя не согласиться съ мнѣніемъ Бунге, что даже при очень обильной пищѣ ожирѣніе наступаетъ преимущественно при отсутствіи мышечной дѣятельности.

«Причиной ожирѣнія служить во всѣхъ безъ исключенія случаяхъ недостаточная работа мышцъ», говоритъ Бунге. «Человѣкъ, работающій физически, не ожирѣетъ при какомъ угодно питаніи. Необходимо согласиться съ тѣмъ, что предрасположеніе къ ожирѣнію можетъ быть весьма различно. Но изъ этого слѣдуетъ только заключить, что не всякій можетъ безнаказанно атрофировать тѣ органы <sup>1)</sup>, которые составляютъ половину по вѣсу нашего тѣла; такое предрасположеніе къ ожирѣнію, которое не могло бы быть уничтожено напряженіемъ мышцы, не случается. Пусть покажутъ мнѣ хоть одного ожирѣвшаго полевого рабочаго. Не слѣдуетъ говорить, что всѣ эти люди дурно питаются. Многие изъ нихъ питаются такъ хорошо, какъ люди вообще могутъ питаться. Во всякомъ случаѣ, ихъ пища не бѣдна углеводами, большею частью она также не бѣдна и жирами».

Чтобы покончить съ обмѣномъ веществъ, намъ остается сказать о значеніи для организма минеральныхъ составныхъ частей пищи — воды и солей.

Вода представляетъ собой вполне окисленное соединеніе водорода и не заключаетъ въ себѣ запаса потенциальной энергіи. Слѣдовательно, она не подходитъ подъ данное выше опредѣленіе питательныхъ веществъ. Принятая организмомъ вода проходитъ чрезъ тѣло неизмѣнной и, слѣдовательно, говорить объ ея химическомъ значеніи для организма не приходится, ея значеніе чисто физическое — она служитъ растворителемъ для твердыхъ веществъ, входящихъ въ составъ живого организма. Всѣ наши ткани и соки содержатъ большее или меньшее количество воды.

Въ среднемъ выводѣ содержаніе воды по всемъ организмѣ равняется 63%; если же не принимать во вниманіе при этомъ расчетѣ костей, содержаніе воды въ мягкихъ частяхъ организма достигаетъ 75%, т. е., въ сущности, организмъ представляетъ собой 25% водный растворъ различныхъ твердыхъ веществъ.

<sup>1)</sup> Мышцы.

Это богатство водой имѣетъ свое фізіологическое значеніе. Извѣстно, что большинство химическихъ реакцій имѣютъ мѣсто лишь въ растворахъ, такъ что даже существуетъ старинное химическое правило: «*corpora non agunt nisi soluta*», т. е. всѣ тѣла подвергаются химическимъ превращеніямъ только въ растворахъ. Въ водныхъ растворахъ всасываются изъ кишечника въ кровь питательныя вещества; водный растворъ представляетъ собой кровь; протоплазма клѣтокъ также не что иное, какъ коллоидальный водный растворъ. Продукты жизнедѣятельности органовъ и тканей требуютъ для своего растворенія также большого количества воды; человѣкъ выдѣляетъ ежедневно около 1500 грм. воды съ мочей. Къ этому количеству нужно прибавить еще пары воды, теряемые при дыханіи и съ потомъ.

Ежедневное выдѣленіе воды изъ организма естественнымъ образомъ требуетъ постояннаго возмѣщенія потерянной жидкости, потому что вода, какъ упомянуто, составляетъ одно изъ главныхъ условій жизненнаго процесса. При большой потерѣ воды организмомъ жизнь замираетъ, переходитъ у низшихъ животныхъ въ такъ называемую скрытую жизнь, у высшихъ животныхъ наступаютъ смерть. Любопытный примѣръ въ этомъ отношеніи представляетъ собой маленькое животное, обитающее въ щеляхъ на крышахъ домовъ и проч., такъ назыв. *macrobiotus Hufelandi*. Когда въ окружающей его средѣ находится достаточное количество влаги, животное проявляетъ свойственную ему жизнедѣятельность и имѣетъ внѣшній видъ, соответствующій строенію его тѣла. Какъ только во время засухи содержаніе воды въ окружающей средѣ понижается, все кругомъ засыхаетъ,—засыхаетъ и *macrobiotus*, превращаясь мало по малу въ комочекъ, въ которомъ рѣшительно невозможно даже предполагать живого существа. Но достаточно пройти дождю, смочить животное, чтобы оно вновь приобрѣло свойственную ему внѣшность и жизненныя функціи.

Однако, несмотря на потребность организма въ водѣ, чистая, напр., дистиллированная вода является сильнымъ ядомъ для всякой протоплазмы. Такъ напр., мышца при пропусканіи черезъ нея кровеносные сосуды чистой воды скоро подвергается окоченѣнію, первъ теряетъ подъ вліяніемъ воды возбудимость, красныя кровяныя тѣльца лишаются гемоглобина и т. д. Поэтому и вода, пропитывающая организмъ, представляетъ собой не чистую воду, а слабый растворъ солей.

Соли входятъ въ составъ всѣхъ тканей и жидкостей. Наибольшее количество солей приходится на костную ткань, которая содержитъ около 22% золы. Мягкія ткани, въ среднемъ, содержатъ лишь 1% неорганическихъ составныхъ частей. Но, во всякомъ случаѣ, нѣтъ ни одной растительной и животной ткани, въ которой не содержалось бы золы. Повидимому, соли представляютъ собой необходимую составную часть протоплазмы, входятъ, такъ сказать, въ организацию клѣтки. Либихъ показалъ, что растенія способны развиваться правильно только въ томъ случаѣ, если они получаютъ въ достаточномъ количествѣ не только элементы, входящіе въ составъ органическихъ веществъ растительнаго

тѣла, но и всѣ необходимые элементы растительной золы. И если растеніе будетъ получать въ громадномъ избыткѣ всѣ остальные элементы, требующіеся для постройки его тканей, но среди нихъ не будетъ содержаться хотя одного единственнаго элемента золы, напр., калия,—такое растеніе неспособно къ развитію. Для образованія тканей, для роста растеній необходимо не только присутствіе всѣхъ элементовъ, входящихъ въ составъ растенія, но также необходимо, чтобы эти элементы содержались въ тѣхъ самыхъ относительныхъ количествахъ, въ которыхъ они содержатся въ готовомъ растеніи. Если же хотя одинъ изъ этихъ элементовъ будетъ содержаться въ очень небольшомъ количествѣ, то и изъ всѣхъ другихъ элементовъ растеніе можетъ утилизировать только такую часть, которая соотвѣтствуетъ этому находящемуся въ наименьшемъ количествѣ (въ минимумѣ) элементу. Пусть растеніе получаетъ въ громадныхъ количествахъ углеродъ, водородъ, азотъ и проч., но если калий доставляется ему въ недостаточномъ размѣрѣ, то и всѣ прочіе элементы будутъ утилизироваться растеніемъ лишь въ такихъ количествахъ, которыя приходится на данное количество калия въ составѣ взрослога растенія.

Ростъ растенія находится въ зависимости отъ элемента пищи, доставляемаго въ наименьшемъ количествѣ (въ минимумѣ). Этотъ такъ называемый законъ минимума объясняется тѣмъ, что ткани взрослога растенія состоятъ изъ различныхъ элементовъ, которые содержатся въ нихъ въ строго опредѣленныхъ пропорціяхъ другъ къ другу. Слѣдовательно, и изъ пищи растеніе воспринимаетъ элементы для построенія тканей, для роста въ этихъ же самыхъ отношеніяхъ. Поэтому, оно не можетъ утилизировать даже очень большого количества всѣхъ прочихъ элементовъ, если хотя одинъ необходимый для растенія элементъ находится въ недостаточномъ количествѣ; въ этомъ случаѣ и всѣ другіе элементы воспринимаются только въ количествахъ, пропорціональныхъ находящемуся въ минимумѣ элементу.

Либиховскій законъ минимума, повидимому, имѣетъ приложеніе и къ растущему животному организму.

Извѣстно, что фосфорнокислый калий въ большомъ количествѣ входитъ въ составъ мышечной ткани, т. е., вѣроятно, эта соль необходима для организациіи мышечнаго волокна. Когда пробовали кормить растущій животный организмъ пищей, содержащей недостаточныя количества фосфорнокислаго калия, то, хотя всѣ остальные необходимыя вещества и присутствовали въ пищѣ въ большомъ количествѣ, въ такомъ организмѣ замѣчалось недоразвитіе мышечной ткани. Очевидно, организмъ, имѣя въ своемъ распоряженіи всѣ прочія вещества, входящія въ составъ мышцы, т. е. и бѣлки, и гликогенъ, и лецитинъ и проч., но не располагая достаточнымъ количествомъ фосфорнокислаго калия, не могъ образовать мышечную ткань въ должномъ размѣрѣ. Мускульная ткань должна содержать извѣстное опредѣленное количество фосфорнокалиевой соли. Поэтому, если эта соль находится въ минимумѣ, то и всѣ другія вещества,

служація для построенія мышцъ, могли утилизироваться лишь въ количествахъ, соотвѣствующихъ минимуму фосфорнокислаго калия.

Кормя молодыхъ животныхъ пищей, бѣдной известью, удавалось вызвать у нихъ рахитъ, т. е. неправильное развитіе костей: очевидно, что и этотъ опытъ долженъ быть объясненъ закономъ минимума.

Соли входятъ, повидимому, въ химическое соединеніе съ бѣлками. При обычныхъ способахъ добыванія бѣлковыхъ тѣлъ иногда не удается получить вещество, совершенно свободное отъ золы. Даже наиболѣе чистые бѣлковые препараты—кристаллическіе бѣлки—и тѣ содержатъ всегда хотя немного солей. Далѣе, соли въ нѣкоторыхъ случаяхъ служатъ растворителями бѣлковыхъ тѣлъ; въ организмѣ есть бѣлки, въ чистой водѣ нерастворимые, а растворяющіеся лишь въ соляныхъ растворахъ. Наконецъ, соли въ нѣкоторыхъ химическихъ процессахъ съ бѣлковыми тѣлами является необходимымъ условіемъ реакціи. Такъ, коллоидальный фибринъ, образующійся при дѣйствіи фибринъ-фермента на фибриногенъ, выдѣляется въ нерастворимомъ видѣ только въ присутствіи солей. Свертыванье молока сычужнымъ ферментомъ требуетъ присутствія растворимыхъ кальціевыхъ солей и проч.

Соли входятъ въ соединеніе не только съ бѣлковыми тѣлами, но и съ другими веществами. Такъ, сахаръ въ мочѣ (у больныхъ) содержится въ видѣ соединенія съ хлористымъ натріемъ; при выпариваньи мочи содержащаяся въ ней мочеви́на кристаллизуется также въ видѣ соединенія съ поваренной солью.

Щелочно-реагирующія соли (главнымъ образомъ, сода) необходимы организму еще и въ другихъ цѣляхъ. При внутритканевомъ окисленіи сѣра бѣлковыхъ тѣлъ сгораетъ, какъ сказано, въ сѣрную кислоту, фосфоръ нуклеина и лецитина—въ фосфорную кислоту; и та, и другая кислота въ свободномъ видѣ представляютъ собой ядъ для организма и требуютъ или соды или поташа ( $K_2CO_3$ ) для нейтрализаціи, для превращенія въ соотвѣствующія соли, въ видѣ которыхъ эти кислоты и выдѣляются съ мочей. Изъ приведенныхъ примѣровъ ясно, что не только растущій, но и взрослый организмъ требуетъ постоянного подвоза солей.

Въ организмѣ непрестанно образуются фосфорная и сѣрная кислоты, требующія для нейтрализаціи щелочныхъ солей. Кромѣ того, также непрестанно разрушается въ организмѣ протоплазма его кѣловокъ, причемъ соединенныя съ бѣлкомъ протоплазмы соли освобождаются и выбрасываются вонъ почками; моча содержитъ довольно большія количества солей.

За сутки съ мочей выдѣляется изъ организма:

Хлора . . . . .	7—8 грм.	Кальція . . . . .	0,26 грм.
Натрія . . . . .	11 »	Магнія . . . . .	0,21 »
Калия . . . . .	2,5 »		

Такимъ образомъ, ежедневно изъ организма выдѣляется съ мочей больше 20 грм. солей. Что эти соли происходятъ, дѣйствительно, изъ тканей самого

организма, а не представляют собой пищевых солей, лишь проходящих через организм, не вступая въ организацию кѣтокъ,—это доказывается тѣмъ, что и во время полнаго голоданія соли продолжаютъ выдѣляться съ мочей.

Очевидно, что разъ въ организмѣ происходитъ постоянная трата солей, постоянное выдѣленіе ихъ наружу, организмъ нуждается въ постоянномъ же подвозѣ солей съ пищей. Въ противномъ случаѣ начинаетъ ощущаться недостатокъ минеральныхъ составныхъ частей въ организмѣ, наступаетъ минеральное голоданіе. Это минеральное голоданіе приводитъ организмъ къ смерти даже раньше, чѣмъ при полномъ воздержаніи отъ пищи. Форстеръ кормилъ двухъ собакъ и трехъ голубей искусственно приготовленнымъ кормомъ, изъ котораго большая часть солей была удалена вывариваньемъ. Животныя при такой діетѣ погибали очень быстро. Голуби жили въ теченіе 13, 25 и 29 дней. Собаки были близки къ смерти одна черезъ 26, другая черезъ 36 дней, несмотря на то, что кормъ былъ вполне достаточенъ, но содержалъ лишь очень мало солей.

Однако, въ сущности, ежедневная потребность въ соляхъ настолько невелика, что человѣкъ не нуждается въ прибавкѣ постороннихъ солей къ пищѣ, такъ какъ содержащаяся въ самыхъ пищевыхъ продуктахъ соли вполне покрываютъ потребность въ нихъ.

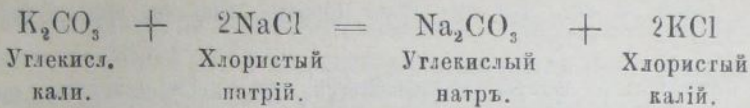
Единственное исключеніе составляетъ поваренная соль, которую человѣкъ прибавляетъ въ довольно значительномъ количествѣ къ своей пищѣ. Потребность въ поваренной соли Бунге объясняетъ слѣдующимъ образомъ.

Извѣстно, что плотоядныя животныя отказываются отъ употребленія поваренной соли; наши домашнія плотоядныя, напр., кошки, собаки, охотнѣе ѣдятъ несоленую пищу, чѣмъ соленую. Наоборотъ, домашнія травоядныя, коровы, лошади, съ большой охотой ѣдятъ свою обыкновенную пищу съ прибавкой поваренной соли, дикія травоядныя стадами приходятъ къ природнымъ мѣсто-рожденіямъ лизать соляные пласты.

Эта разница въ отношеніи плотоядныхъ и травоядныхъ животныхъ къ поваренной соли не можетъ быть объяснена различнымъ содержаніемъ поваренной соли въ обычной пищѣ тѣхъ и другихъ животныхъ. Травоядныя животныя принимаютъ съ пищей даже больше поваренной соли, чѣмъ плотоядныя животныя. Тѣмъ не менѣе и этого количества недостаточно для ихъ организма. Это зависитъ отъ большого содержанія калийныхъ солей въ пищѣ травоядныхъ животныхъ. Растительная зола, какъ извѣстно, очень богата углекислымъ калиемъ, который отчасти находится въ растеніяхъ въ готовомъ видѣ, отчасти получается при сжиганіи растенія изъ калийныхъ солей органическихъ кислотъ; послѣднія превращаются при этомъ въ углекислоту, которая и соединяется съ калиемъ въ углекалиевую соль.

Такому же превращенію подвергаются соли растительныхъ кислотъ и въ животномъ организмѣ. При физиологическомъ стараніи въ тканяхъ онѣ также окисляются въ углекислый калий, который, благодаря этому, и скопляется въ большихъ количествахъ въ крови.

Но въ кровяной плазмѣ углекислый калий встрѣчается съ хлористымъ натріемъ крови и между ними происходитъ обмѣнное разложеніе по уравненію:



Благодаря этому процессу, въ плазмѣ появляется не свойственная ей соль (хлористый калий) и значительно увеличивается содержаніе соды.

Но качественный и количественный составъ крови долженъ оставаться постояннымъ; поэтому всё чуждыя крови соли, а также избытокъ нормальныхъ солей ея быстро удаляется изъ крови почками. Та же судьба постигаетъ и хлористый калий, избытокъ соды, образующіеся въ крови травоядныхъ по вышеприведенному уравненію.

Но этотъ процессъ, какъ само собой понятно, ведетъ къ обмѣннѣю кровяной плазмы поваренной солью; поваренная соль превращается въ хлористый калий и выдѣляется почками; содержаніе хлористаго натрія въ крови уменьшается; вслѣдствіе этого, въ организмѣ и развивается потребность въ поваренной соли, которую уносить съ собою углекислый калий растительной пищи.

Приведенный взглядъ Бунге подкрѣпляетъ любопытными этнографическими ссылками, изъ которыхъ можно видѣть, что, дѣйствительно, потребность въ поваренной соли проявляютъ лишь тѣ племена, которыя употребляютъ, главнымъ образомъ, растительную пищу. Наоборотъ, племена, питающіяся животной пищей, не только не ощущаютъ недостатка въ хлористомъ натріи, но даже отказываются употреблять его.

Такъ, камчадалы питаются исключительно рыбой и, не зная употребленія соли, консервируютъ свои рыбные запасы самымъ примитивнымъ способомъ; они сваливаютъ рыбу въ большія ямы, гдѣ она и подвергается сильному гніенію. Въ виду того, что употребленіе гнилой рыбы вызывало нерѣдко повальные заболѣванія, было издано постановленіе, обязывающее камчадаловъ солить на зиму рыбные запасы. Населеніе послушно выполнило распоряженіе начальства, рыба была посолена, но... она такъ и осталась нетронутой, туземцы предпочли лучше голодать, чѣмъ употреблять соленую рыбу; впоследствии, когда распоряженіе было уже отмѣнено, старожилы рассказывали о немъ, какъ о тяжкомъ народномъ бѣдствіи.

Наоборотъ, у земледѣльческихъ народовъ соль охотно употребляется, какъ приправа къ кушаньямъ и, если въ данной земледѣльской мѣстности природной соли мало, она очень дорого цѣнится. Такъ, во внутренней Африкѣ, по словамъ Mungo Park'a «соль считается величайшимъ лакомствомъ. Европейцу покажется довольно страннымъ, когда онъ видитъ, что ребенокъ лижетъ кусокъ каменной соли, какъ будто бы это былъ сахаръ. Это я часто видѣлъ, хотя болѣе бѣдный классъ населенія внутреннихъ частей до того скудно снабженъ этимъ дорогимъ предметомъ, что если тамъ говорятъ о комъ либо: «онъ упо-



требляеть соль за обѣдомъ», то это значить, что онъ богатъ». «На Сиерра-Леонскомъ берегу страсть негровъ къ соли была до того велика, что они отдавали женъ, дѣтей, и все, что имъ было дорого, лишь бы только ее получить» (Бунге).

Всѣ приведенные факты показываютъ, что исключительно растительная пища вызываетъ настоятельную потребность въ поваренной соли.

Культурный человѣкъ, питаясь смѣшанной животной и растительной пищей, отчасти также подчиняется этой зависимости и долженъ сопровождать растительные ингредиенты своей діеты ихъ физическимъ спутникомъ—поваренной солью.

Разсмотрѣвши въ общихъ чертахъ общіе законы обмѣна веществъ, мы перейдемъ къ краткому обзору питанія человѣка въ условіяхъ дѣйствительной жизни и прежде всего займемся пищевыми веществами.

Согласно вышесказанному, питательное значеніе различныхъ сортовъ пищи зависитъ отъ содержанія въ ней пищевыхъ началъ—бѣлковъ, углеводовъ и жировъ. Поэтому, имѣя въ рукахъ данныя анализа пищевыхъ продуктовъ, мы безъ труда можемъ оцѣнить ихъ питательное значеніе.

Въ слѣдующей таблицѣ сооставлены анализы наиболѣ употребительныхъ пищевыхъ веществъ:

	Вода	Бѣлокъ	Жиръ	Углеводы		Вода	Бѣлокъ	Жиръ	Углеводы
Коровье мясо	75,9	21,9	0,9	—	Мансъ . .	13,9	10,0	4,8	69,6
Телячье мясо	78,0	15,3	1,3	—	Горохъ . .	14,3	22,5	—	53,2
Курин. яйца	73,9	14,1	10,9	—	Рѣпа . .	85,0	1,5	—	12,3
Молоко . .	87,1	4,1	3,9	4,2	Картофель	75,0	2,0	—	21,8
Жиров. ткань	3,7	1,7	94,5	—	Шпинать	90,3	3,1	0,5	4,1
Масло . .	17,0	0,9	92,1	—	Салатъ . .	94,3	1,4	0,3	2,8
Сыръ . . .	40,0	43,0	7,0	—	Яблоки . .	83,6	0,4	—	12,9
Пшен. хлѣбъ	31,5	7,1	0,75	58,1	Земляника	87,7	1,1	—	6,8
Рись . . .	13,5	7,5	—	78,1	Апельсины	89,0	0,7	—	7,3

Въ приведенной табличкѣ пищевыя вещества раздѣлены на 3 естественныя группы: въ первую входятъ животныя пищевыя вещества; во вторую—растительныя вещества, принадлежащія, главнымъ образомъ, къ злакамъ (за исключеніемъ картофеля) и употребляющіяся въ качествѣ основной пищи при растительной діетѣ; наконецъ, въ третью группу входятъ овощи и фрукты, употребляемые лишь въ качествѣ приправы и какъ дополнительное блюдо при растительной и животной діетѣ.

Основной характеристикой первой группы служить 1) богатство ея бѣлковыми веществами, которыя содержатся въ животной пищѣ въ количествѣ, въ среднемъ, около 15%; въ наиболѣ употребительномъ пищевомъ средствѣ этой группы—мясѣ содержаніе бѣлковъ подымается до 20%. 2) вторымъ характернымъ отличіемъ животныхъ пищевыхъ веществъ является отсутствіе углеводовъ;

за исключеніемъ молока, ни одно пищевое средство животнаго происхожденія не содержитъ совершенно углеводовъ.

Несмотря, однако, на отсутствіе углеводовъ, недостатка безазотистыхъ пищевыхъ началъ въ животной пищѣ не ощущается, такъ какъ она содержитъ (и иногда въ значительныхъ количествахъ) другой классъ безазотистыхъ пищевыхъ веществъ—жиры, которые, какъ мы видѣли, обладаютъ очень большимъ калорическимъ значеніемъ и могутъ, поэтому, находясь даже въ незначительныхъ количествахъ, замѣщать большія, сравнительно, массы углеводовъ. Наконецъ, человѣкъ искусственно увеличиваетъ содержаніе жира въ пищѣ прибавкой жировой ткани или коровьяго масла.

Растительныя пищевыя вещества, служащія основной пищей, отличаются вдвое, приблизительно, меньшимъ содержаніемъ бѣлка, обыкновенно полнымъ отсутствіемъ жира, но за то большимъ содержаніемъ углеводовъ (преимущественно, крахмала); наконецъ, овощи и фрукты характеризуются своей малой питательностью вообще, такъ какъ они содержатъ очень много, сравнительно, воды и небольшое количество твердаго остатка. Поэтому то они и не могутъ служить основнымъ питательнымъ веществомъ.

Разсматривая составы употребительнѣйшихъ сортовъ растительной и животной пищи, не трудно убѣдиться, что какъ та, такъ и другая могутъ удовлетворять потребностямъ обмѣна веществъ, потому что та и другая содержатъ достаточныя количества азотистаго и безазотистаго питательнаго матеріала; разница же въ составѣ безазотистаго матеріала въ пищѣ животной и растительной не имѣетъ существеннаго значенія, такъ какъ организмъ можетъ безразлично употреблять въ качествѣ горючаго матеріала какъ углеводы, такъ и жиры. Слѣдовательно, человѣкъ можетъ безъ вреда для своего здоровья питаться какъ исключительно растительной такъ и исключительно животной пищей. Эта возможность доказана вѣковѣчнымъ массовымъ опытомъ человѣчества: издавна и по настоящее время сельское населеніе земледѣльческихъ странъ питается почти исключительно растительной пищей; крестьянинъ видитъ мясо на столѣ развѣ только по праздникамъ, да и это далеко не всегда; въ остальное время онъ питается исключительно растительной пищей. Наоборотъ, горожане, также племена, ведущія пастушескій образъ жизни, питаются преимущественно или даже (послѣдніе) исключительно животной пищей.

Но, тѣмъ не менѣе, между животной и растительной пищей существуетъ значительная разница, которая сказывается, между прочимъ, и въ различной продажной стоимости того и другого сорта пищи.

Въ виду разнообразнаго состава различныхъ сортовъ пищи, разумѣется, было бы совершенно нецѣлесообразно сравнивать, напр., цѣну 1 фунта картофеля съ фунтомъ мяса. Тѣ питательныя начала, которыя покупаются съ пищей и которыя одни и представляютъ ея цѣнность, совершенно различны въ томъ и другомъ случаѣ. Поэтому, принимая во вниманіе количественный составъ различныхъ сортовъ пищи, вычисляютъ, сколько различныхъ пищевыхъ началъ (бѣлковъ, угле-

водовъ и жировъ) и сколько потенциальной энергіи (калорій) можно купить, напр., на 1 марку или на 1 рубль, въ видѣ различныхъ пищевыхъ веществъ. Такого рода вычисленія сдѣланы для Германіи. Хотя эти цифры и нельзя цѣликомъ переносить на Россію, но, во всякомъ случаѣ, онѣ даютъ нѣкоторое представленіе о дѣйствительной стоимости питательныхъ веществъ.

За одну марку можно купить:

	Всѣ въ грам.	Калоріи	Бѣлки	Жиры	Углеводы
Картофель . . . .	16,666	18,724	333	265	3,633
Горохъ . . . . .	4,166	14,747	937	104	2,424
Черный хлѣбъ . . .	5,350	13,492	412	76	2,307
Рисъ . . . . .	3,333	11,358	233	17	2,500
Говяжье сало . . .	1,042	9,588	—	1,031	—
Тростников. сахаръ	1,100	4,510	—	—	1,100
Молоко . . . . .	5,000	3,288	165	175	240
Масло . . . . .	333	2,567	—	276	—
Гороховая колбаса .	434	2,523	51	206	97
Селедка . . . . .	832	2,395	194	172	—
Простая селедка .	1,100	2,080	233	121	—
Швейцарскій сыръ .	460	1,891	151	126	—
Лимбургскій сыръ .	684	1,248	241	28	—
Охотничья колбаса .	449	1,154	150	58	—
Бычачье мясо . . .	980	1,142	159	53	—
Яйца . . . . .	745	1,060	93	73	—
Сыръ пармезанъ . .	261	942	114	51	—
Шпроты . . . . .	316	729	78	44	—

На основаніи цифръ этой таблицы можно вычислить, что

1	килогр.	бѣлка	въ видѣ	мяса	стоитъ	6 марокъ	30 пф.
»	»	»	»	гороха	»	0	» 30 »
»	»	жира	»	сала	»	1	» —
»	»	»	»	масла	»	3	» 62 пф.
»	»	углевода	»	картоф. крах.	»	0	» 28 »
»	»	»	»	тростн. сахара	»	0	» 91 »

Сравнивая цѣну, которая приходится за 1000 калорій, покупаемыхъ въ видѣ различныхъ сортовъ пищи, находимъ слѣдующія цифры:

1000	калорій	въ видѣ	растительной	пищи	стоятъ	7 пфенниговъ
»	»	»	сала	»	10	»
»	»	»	молока	»	30	»
»	»	»	масла	»	39	»
»	»	»	мяса	»	90	»
»	»	»	смѣшан. животн.	пищи	»	37

Такимъ образомъ, растительная пища, въ среднемъ, въ 5 разъ дешевле животной и въ 13 раза дешевле мяса.

Такая разница находится, несомнѣнно, въ зависимости отъ лучшаго вкуса животной пищи, сравнительно съ растительной. Присутствіе ряда экстрактивныхъ вкусныхъ веществъ въ мясѣ не только дѣлаетъ его болѣе пріятнымъ, но, какъ мы видѣли въ главѣ о пищевареніи, и способствуетъ пищеваренію.

Но кромѣ вкусовой разницы, между животной и растительной пищей имѣется еще и разница въ питательномъ значеніи благодаря различной усвояемости этихъ сортовъ пищи. Опытъ показываетъ, что не все то количество бѣлковъ, углеводовъ и жировъ, которое содержится въ пищевыхъ веществахъ и вводится въ пищеварительный каналъ, не все это количество всасывается въ кровь. Часть питательныхъ началъ всегда находится въ испражненіяхъ и притомъ, смотря по роду пищи, то большая то меньшая часть.

Въ слѣдующей таблицѣ показано (въ процентахъ) количество бѣлковъ, жира и углеводовъ, неусваиваемыхъ организмомъ изъ различныхъ сортовъ пищи.

	Не усваивается въ %			
	Твердыхъ веществъ	Бѣлка	Жира	Угледод.
Мясо . . . . .	5,3	2,6	—	—
Яйца . . . . .	5,2	2,6	—	—
Молоко . . . . .	5,8	7,1	—	—
Молоко съ творогомъ . . . . .	6,4	3,8	—	—
Горохъ . . . . .	9,1	17,5	—	3,6
Макарены . . . . .	5,7	11,2	—	2,3
Хлѣбъ изъ лучшей муки . . . . .	4,0	20,0	—	1,1
Хлѣбъ изъ болѣе грубой муки . . . . .	6,7	24,6	—	2,6
Хлѣбъ съ отрубями . . . . .	12,2	30,5	—	7,4
Мансъ . . . . .	6,7	15,5	—	3,2
Рисъ . . . . .	4,1	20,4	—	0,9
Рѣпа . . . . .	20,7	39,0	—	18,2
Картофель . . . . .	9,4	32,2	—	7,6
Смѣшан. пища + 200 грм. сала	9,2	14,0	7,8	6,2
» » + 240 » масла	6,7	11,3	2,7	6,2
» » + 350 » мас. и сала	10,5	9,2	12,7	6,8

Цифры приведенной таблицы показываютъ, что растительный бѣлокъ усваивается значительно хуже животнаго бѣлка; жиръ въ небольшихъ количествахъ усваивается очень хорошо (яйца, молоко); въ большихъ количествахъ усвоение жира страдаетъ (3 послѣднихъ опыта) и притомъ жиръ въ видѣ мелко раздробленныхъ капелекъ (масло) усваивается лучше. Углеводы лучше всего усваиваются изъ хлѣба. Прибавка веществъ, механически раздражающихъ кишечникъ (отруби), ускоряя выдѣленіе кала, понижаетъ усвояемость пищи.

Въ качествѣ реальнаго примѣра, иллюстрирующаго среднее питаніе, я приведу расчетъ питанія взрослого парижанина, сдѣланный Ринне. Основаніемъ для расчета служить ежедневный привозъ провизіи въ парижскій центральный рынокъ, гдѣ происходитъ строгая регистрація всей провизіи въ виду взиманія городской пошлины.

За 1890 годъ было привезено всего:

Говядины и телятины . . . . .	152	106	650	килогр.
Свинины . . . . .	27	572	442	»
Конины . . . . .	4	116	400	»
Птицы и дичи . . . . .	26	791	974	»
Земляники, грибовъ и проч. . . . .	1	076	665	»
Вишни . . . . .	3	688	350	»
Яблоковъ, грушъ, картофеля . . . . .	2	413	985	»
Молока . . . . .	91	250	000	»
Рыбы . . . . .	25	516	167	»
Яиць . . . . .	22	324	103	»
Масла . . . . .	19	932	181	»
Сыра . . . . .	7	261	189	»
Творога . . . . .	57	000	000	»
Вина . . . . .	447	446	684	литра
Спирта . . . . .	17	046	609	»
Сидра . . . . .	7	074	611	»
Пива . . . . .	27	358	389	»
Оливковаго масла . . . . .	1	255	620	»

Населеніе Парижа въ 1890 года состояло изъ 2235000 жителей. Принимая во вниманіе, что женщины и дѣти потребляютъ меньше взрослого мужчины, можно высчитать сколько мужчинъ прокормилось бы той пищей, которая потребляется парижскими женщинами и дѣтьми; внося соотвѣтственную поправку въ цифру населенія, получаемъ, что все населеніе Парижа (считая женщинъ и дѣтей) въ 1890 г. требуетъ столько же пищи, сколько нужно ея для населенія къ 1817000 человекъ, состоящаго исключительно изъ взрослыхъ мужчинъ.

Слѣдовательно, для того, чтобы вычислить среднее ежедневное потребленіе пищи для взрослого парижанина, нужно раздѣлить вышеприведенныя цифры годового привоза на  $365 \times 1817000$ .

Получаются слѣдующія величины (вышеприведенныя рубрики для упрощенія нѣсколько преобразованы, по нѣскольку рубрикъ соединены въ одну и проч.).

Ежедневная пища взрослого парижанина:

Хлѣба и мучныхъ блюдъ	550	грам.	Картофеля, риса . . . . .	100	грам.
Чистаго мяса (безъ костей)	280	»	Сахара . . . . .	45	»
Молока . . . . .	125	»	Сыра . . . . .	25	»
Яиць . . . . .	35	»	Масла коров. и оливковаго	40	»
Флодовъ и свѣжихъ овощей	600	»	Вина и спирта . . . . .	1000	»
Сушенныхъ овощей . . . . .	20	»			

# ЖИВОТНАЯ ТЕПЛОТА.

Вся сумма потенциальной энергии, доставляемой организму съ пищевыми веществами, легко можетъ быть вычислена, если принять во вниманіе суточное количество бѣлковъ, углеводовъ и жировъ, принимаемое въ пищу и вычислить, сколько тепла отдають углеводы и жиры при полномъ сгораніи, а бѣлки при сгораніи до мочевины. Другой способъ вычисленія основанъ на измѣреніи дыхательнаго газообмѣна. Зная, сколько кислорода требуется для сгоранія 1 грм. бѣлковъ, углеводовъ и жировъ и какое количество тепла при этомъ образуется, можно заранѣе опредѣлить, сколько калорій освобождаетъ, напр., литръ потребленнаго животнымъ кислорода. Измѣряя суточное количество кислорода, потребленное животнымъ, легко узнать, какова суточная сумма тепла, образующаяся въ его тѣлѣ при физиологическомъ сгораніи пищевыхъ веществъ и веществъ, входящихъ въ составъ его органовъ. Поясню сказанное примѣромъ. 1 грм. сухого мяса (главная составная часть его—бѣлокъ) требуетъ для сожиганія до мочевины 0,934 литра кислорода; при этомъ освобождается 4,047 калорій тепла. Слѣдовательно, если для сожиганія мяса употреблено не 0,934 литра, а 1 литръ кислорода, можно вычислить, что количество тепла, образующагося при этомъ,  $X = \frac{4,047 \times 1}{0,934} = 4,334$  калорій. Чистый бѣлокъ требуетъ для сожиганія до мочевины 1,063 литра кислорода; количество тепла, освобождаемаго при этомъ, = 4,860 калорій. Слѣдовательно, когда потребляется ровно одинъ литръ кислорода для сожиганія чистаго бѣлка до мочевины, то при этомъ бѣлка сгорасть не одинъ граммъ, а меньше, именно:  $X = \frac{1 \times 1}{1,063} = 0,94$  грамма бѣлка, а количество образующагося при этомъ тепла равно  $X = \frac{4,860 \times 1}{1,063} = 4,576$  калорій.

Путемъ такихъ же опытовъ и соображеній было найдено, что въ томъ случаѣ, когда 1 литръ кислорода употребляется на сожиганіе жира, при этомъ освобождается 4,598 калорій; когда 1 литръ кислорода потребляется на сожиганіе крахмала,—освобождается 4,979 калорій. Всѣ приведенныя данныя сопоставлены въ слѣдующей таблицѣ:

Вещество	Теплота, образуемая при сожиганіи 1 грм. вещества	Количество кислорода, требующагося для сожиганія 1 грм. вещества	Теплота, соотвѣтствующая 1 литру кислорода, употребленнаго на сожиганіе
Сухой бѣлокъ . . . . . (при сожиганіи до мочевины)	4,860	1,063	4,576
Жиръ . . . . .	9,423	2,930	4,598
Виноградный сахаръ . .	3,692	0,746	4,960
Крахмаль . . . . .	4,123	0,828	4,979

Въ виду того, что количества теплоты, образующіяся при сожиганіи бѣлка и жира, если разсчитать на 1 литръ потребленнаго кислорода, очень близки другъ къ другу (4,598 и 4,576), можно принять ихъ на практикѣ равной другъ другу и считать, что литръ кислорода, когда онъ идетъ на окисленіе бѣлка и жира, освобождаетъ, въ среднемъ 4,600 калорій. Слѣдовательно, когда организмъ голодаетъ или когда онъ получаетъ исключительно животную (не содержащую углеводовъ) пищу, можно считать что каждый литръ потребленнаго животнымъ кислорода отвѣчаетъ 4,600 калорій.

Когда же къ пищѣ присоединяются углеводы, очевидно, приходится принять во вниманіе, что эти послѣдніе увеличиваютъ цифру тепла, освобождаемаго при потребленіи литра кислорода, и соотвѣственнымъ образомъ измѣнить расчетъ, вычисливши предварительно, сколько углеводовъ введено и сколько кислорода требуется для ихъ сожиганія. Положимъ, животное съѣдаетъ 500 грм. бѣлка и 100 грм. углеводовъ; при этомъ за сутки оно потребляетъ 614 литровъ кислорода. Для окисленія пищевыхъ углеводовъ требуется около 83 литровъ кислорода, дающихъ организму 413,000 калорій; остальные 530 литровъ идутъ, очевидно, на окисленіе бѣлка и отдають организму  $530 \times 4,600 = 2438,000$  калорій.

Но такой путь для оцѣнки калорическаго значенія потребленнаго кислорода очень сложенъ и, въ сущности, уже сводится отчасти на первый способъ — способъ оцѣнки теплоты, вырабатываемой организмомъ, на основаніи подсчета принятыхъ имъ пищевыхъ веществъ. Поэтому предложено пользоваться и при смѣшанной пищѣ для оцѣнки вырабатываемаго животнымъ тепла только количествомъ потребленнаго кислорода, не принимая во вниманіе въ каждомъ данномъ случаѣ количество съѣденныхъ животнымъ углеводовъ. Именно, оказывается, что у травоядныхъ животныхъ окисленіе азотистыхъ и безазотистыхъ веществъ въ пищѣ довольно постоянно; вслѣдствіе этого является возможнымъ принять, что травоядное животное изъ каждого литра кислорода  $\frac{3}{4}$  употребляетъ на сожиганіе углеводовъ и  $\frac{1}{4}$  литра на сожиганіе бѣлковъ. Вслѣдствіе этого, количество тепла, образующагося у травояднаго животного на счетъ окисленій, производимыхъ однимъ литромъ кислорода, равняется

$$\begin{array}{r} \frac{3}{4} \times 4,960 = 3,720 \text{ кал. (горѣніе углеводовъ)} \\ \frac{1}{4} \times 4,600 = 1,150 \text{ » (горѣніе бѣлка).} \\ \hline 1 \text{ литръ кислорода} = 4,870 \text{ калорій.} \end{array}$$

Такимъ образомъ, мы имѣемъ въ рукахъ всѣ данныя для вычисленія тепла, которое должно образоваться въ организмѣ при опредѣленномъ пищевомъ режимѣ и при опредѣленномъ газообмѣнѣ. Но, какъ извѣстно изъ физики, это количество тепла можно и непосредственно измѣрить при помощи приборовъ, носящихъ названіе калориметровъ. Для фізіологическихъ опытовъ предложень цѣлый рядъ этого рода аппаратовъ. Чтобы дать понятіе о нихъ, я опишу только одинъ изъ наиболѣе точныхъ калориметровъ, предложенный д'Арсонвалемъ.

Аппаратъ состоитъ изъ металлическаго цилиндра, въ которомъ помещается животное. Этотъ цилиндръ охватывается другимъ, большимъ цилиндромъ. Въ промежутокъ между цилиндрами налита вода или керосинъ, имѣющій ту же температуру, какую имѣетъ окружающій воздухъ. Черезъ слой керосина проходитъ змѣевикъ, сообщающійся при помощи трубки 3 съ сосудомъ, содержащимъ ледяную воду. Вода, пройдя черезъ змѣевикъ, отводится черезъ трубку 4 къ сосуду С, гдѣ ее можно измѣрить. Но прежде, чѣмъ дойти до этого сосуда, она проходитъ черезъ регуляторъ В. Назначеніе этого регулятора состоитъ въ томъ, чтобы поддерживать температуру керосинового слоя на одной и той же высотѣ. Резиновая трубка 4 проходитъ въ регуляторъ черезъ зажимъ, состоящій изъ двухъ валовъ; на тарелку, соединенную съ верхнимъ валомъ, накладывается такой грузъ, который только что достаточенъ для того, чтобы прекратить токъ воды по трубкѣ 4. И до тѣхъ поръ, пока температура керосинового слоя остается постоянной (равной температурѣ окружающаго воздуха), тока воды нѣтъ. Но какъ только температура жидкой керосиновой оболочки калориметра поднимается выше температуры воздуха, керосинъ тотчасъ расширяется и, благодаря этому расширенію, приподнимаетъ вѣсколку верхній валъ регулятора, съ которымъ онъ соединенъ при помощи трубки 6. Вслѣдствіе этого вода изъ змѣевика (имѣющая также температуру окружающаго воздуха) начинаетъ вытекать и замѣщается ледяной водой изъ резервуара. Вслѣдствіе этого керосиновый слой охлаждается—и токъ воды вновь останавливается; какъ только керосиновая оболочка снова нагрѣется выше температуры воздуха, вновь открывается зажимъ, вода начинаетъ течь и притомъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ выше температура керосинового слоя. Благодаря такой комбинаціи, все тепло, отдаваемое организмомъ животнаго, передаваясь временно керосиновому слою, въ концѣ концовъ сообщается протекающей по змѣевикѣ водѣ. Слѣдовательно, если бы можно было измѣрить количество тепла, заимствуемаго отъ калориметра протекающей водой, то мы и имѣли бы точную мѣру тепла, отдаваемаго организмомъ. Измѣрить количество тепла, сообщеннаго водѣ, очень легко. Вода, протекающая къ змѣевнику, имѣетъ температуру  $= 0^{\circ}$ ; оттекающая отъ змѣевика вода имѣетъ температуру, равную температурѣ окружающаго воздуха, положимъ  $= 15^{\circ}$ . Слѣдовательно, каждый кубич. сантиметръ воды заимствуетъ отъ калориметра 15 малыхъ калорій тепла, каждый литръ—15 большихъ калорій.

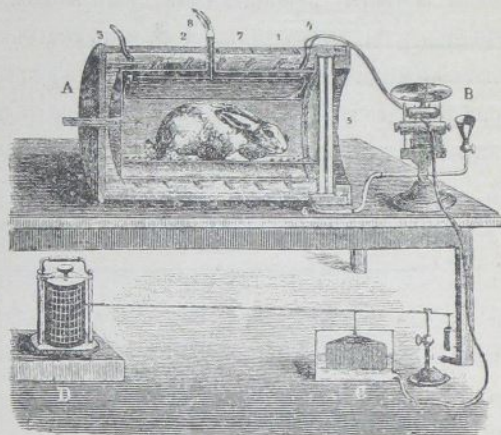


Рис. 61.

Если за время опыта вытекло, положимъ, 5,2 литра воды, это значитъ, что вода заимствовала отъ калориметра  $5,2 \times 15 = 78$  большихъ калорій, т. е.



другими словами, животное за то же время отдало 78 большихъ калорій. Къ прибору присоединено приспособленіе D, позволяющее автоматически отмѣчать объемы воды, притекающей къ сосуду C.

Прямое опредѣленіе тепла, отдаваемого животными, дало цифры, въ точности соответствующія тому количеству тепла, какое можно теоретически вычислить на основаніи учета пищевыхъ веществъ, принятыхъ животнымъ, или потребленнаго имъ кислорода. Слѣдующая таблица изображаетъ собой результаты трехъ опытовъ Рубнера, изъ которыхъ въ первомъ животное подвергалось голоданію, во второмъ оно получало въ пищу жиръ, въ третьемъ—мясо. Потребленіе въ организмѣ бѣлка и жира выражено въ количествѣ азота, соответствующаго бѣлку и—углерода, соответствующаго жиру:

	Продолжительность опыта	Азотъ разложеного въ тѣлѣ бѣлка	Углеродъ разложенъ въ тѣлѣ жира	Теплота, соответствующая бѣлку.	Теплота, соответствующая жиру	Общее кол. тепла, вычисленное теоретически	Количество тепла, найденное опытомъ.
Голоданіе	5 дней	7,12 грм.	90,84 гр.	178,50 к.	1117,5	1296,2	1305,13
Жир. пища	5 »	6,63 »	110,50 »	165,3 »	1345,5	1510,8	1496,10
Мясо.	6 »	60,57 »	54,40 »	—	—	2249,6	2276,8

Приведенный опытъ доказываетъ полное соответствіе между теоретически вычисленнымъ и дѣйствительно найденнымъ количествомъ тепла. То же самое можно видѣть изъ слѣдующаго опыта, въ которомъ сопоставлено количество тепла, теоретически вычисленное на основаніи потребленія кислорода, съ тепломъ, дѣйствительно выдѣленнымъ организмомъ.

Режимъ	Потребленный кислородъ	Вычисленное колич. теплоты	Дѣйствительное кол. теплоты.
Голоданіе . . . . .	82,812 лит.	386,935 кал.	385,403 кал.
Азотистая пища . . . . .	51,680 »	237,741 »	239,431 »
Углеводная пища . . . . .	280,230 »	1364,734 »	1371,364 »

Принимая во вниманіе, что теплота, образуемая организмомъ, обязана своимъ происхожденіемъ окисленію бѣлка, жира и углеводовъ (винограднаго сахара), легко понять, что различные органы тѣла, смотря по интенсивности ихъ химической дѣятельности, принимаютъ неодинаковое участіе въ выработкѣ тепла. Чѣмъ интенсивнѣе обмѣнъ веществъ даннаго органа или ткани, чѣмъ интенсивнѣе окислительные процессы, имѣющіе здѣсь мѣсто, тѣмъ болѣе процентъ выпадаетъ на долю даннаго органа изъ всего количества теплоты, вырабатываемой организмомъ. Слѣдовательно, о долѣ участія каждаго органа въ выработкѣ тепла можно судить, измѣряя, напр., количество потребляемаго органомъ кислорода или выделяемой имъ угольной кислоты, такъ какъ эти величины служатъ показателемъ интенсивности физиологическихъ окисленій; затѣмъ, принимая во вниманіе относительный вѣсъ даннаго органа, нетрудно вычислить, какая доля изъ общаго количества вырабатываемой организмомъ теплоты должна быть отнесена на счетъ этого органа. Въ нижеприведенной таблицѣ сопоставлены относящіяся сюда цифры.

	Вѣсъ органа въ $\frac{\text{‰}}{\text{‰}}$ вѣса всего организма	Интенсив- ность окис- леній	Доля участія органа въ выработ.теп.въ $\frac{\text{‰}}{\text{‰}}$ общ. колич. тепла.
Мышцы . . . . .	47,8	1	77
Мозгъ . . . . .	2,3	0,75	3
Внутренности . . . . .	19,3	0,35	6,5
Кровь . . . . .	5,9	0,3	3
Жировая ткань . . . . .	12,7	0,25	5,5
Кости . . . . .	19,4	0,16	5

Приведенныя цифры относятся къ организму, находящемуся въ покоѣ. Если же принять во вниманіе, что окисленія въ мышцахъ во время работы значительно усиливаются, то приходится допустить, что во время мышечныхъ движеній почти все тепло, вырабатываемое организмомъ, должно быть отнесено на счетъ мышечной ткани. Общее количество тепла, вырабатываемое 1 килограммомъ живыхъ тканей въ теченіе одного часа, весьма различно у различныхъ животныхъ, какъ это показываетъ слѣдующая таблица.

Теплокровныя.	Холоднокровныя.
Человѣкъ . . . 1,432 калорій	Лягушка . . . 0,275 калорій.
Кроликъ . . . 3,274 »	Ящерица . . . 0,638 »
Собака . . . 4,290 »	Шелкович. червь 3,307 »
Лошадь . . . 1,193 »	Пьявка . . . 0,104 »
Морская свинка 5,291 »	
Воробей . . . 31,987 »	

Прежде всего бросается въ глаза рѣзкая разница въ выработкѣ тепла между теплокровными и холоднокровными животными. Благодаря болѣе вялому

обмѣну веществъ у послѣднихъ, выработка тепла у нихъ значительно меньше, чѣмъ у теплокровныхъ. Но и среди различныхъ классовъ теплокровныхъ животныхъ количество теплоты, вырабатываемой организмомъ, далеко неодинаково; напр., воробей вырабатываетъ (въ 1 часъ на 1 килограммъ вѣса тѣла) въ 23 раза больше тепла, чѣмъ человекъ. Всѣ приведенныя разницы объясняются видовыми особенностями различныхъ животныхъ, связанными съ различной интенсивностью обмѣна, свойственной различнымъ животнымъ. Но и въ предѣлахъ одного и того же вида наблюдаются очень значительныя колебанія, смотря по величинѣ животнаго, какъ это видно изъ слѣдующей таблицы:

Вѣсъ животнаго (кролика)	Калорій на 1 килогр.	Вѣсъ животнаго (кролика)	Калорій на 1 килогр.
320	7,530	2700	3,650
1300	5,276	2900	3,570
2100	4,730	3100	3,320
2300	3,985	3600	2,970
2500	3,820		

Слѣдовательно, существуетъ зависимость между ростомъ и количествомъ тепла, вырабатываемымъ организмомъ. Эта зависимость сводится въ общемъ на простой математическій законъ, согласно которому при возрастаніи размѣровъ тѣла объемы тѣла растутъ быстрее, чѣмъ поверхности. Представимъ себѣ, что предъ нами шарообразное тѣло какаго нибудь радіуса  $R$ . Представимъ себѣ, что радіусъ шара увеличивается. Параллельно съ увеличеніемъ радіуса будетъ увеличиваться какъ объемъ, такъ и поверхность тѣла, но такъ какъ зависимость поверхности отъ радіуса выражается формулой  $4\pi r^2$ , а зависимость объема отъ радіуса—формулой  $\frac{4}{3}\pi r^3$ , очевидно, что объемы, возрастая пропорціонально кубамъ радіуса, быстро обгоняютъ соответствующія поверхности, возрастающія пропорціонально квадратамъ радіусовъ. Другими словами, если въ маломъ шарѣ на единицу объема приходится  $n$  единицъ поверхности, то у большаго шара на единицу объема будетъ приходиться  $m$  единицъ поверхности, причѣмъ  $m < n$ . Поясню сказанное примѣромъ.

Радіусъ	Объемъ	Поверхность	Отнош. повер. къ объему.
1	$\frac{4\pi}{3}$	$4\pi$	3
2	$\frac{24\pi}{3}$	$16\pi$	2
3	$\frac{108\pi}{3}$	$36\pi$	1
4	$\frac{256\pi}{3}$	$64\pi$	0,75
5	$\frac{500\pi}{3}$	$100\pi$	0,60

Такъ какъ отдача тепла организмомъ, какъ само собой понятно, происходитъ только съ поверхности, то очевидно, что мелкія животныя, у которыхъ на единицу объема приходится больше поверхности, находятся въ менѣе благоприятныхъ тепловыхъ условіяхъ, чѣмъ крупныя животныя: они теряютъ сравнительно (на 1 килогр. вѣса тѣла) больше тепла. Слѣдов., для того чтобы поддерживать температуру тѣла на одной и той же высотѣ, чтобы бороться противъ охлажденія, мелкое животное должно вырабатывать больше тепла, что мы и видимъ въ дѣйствительности.

Только благодаря отдачѣ вырабатываемаго организмомъ тепла чрезъ кожную поверхность, возможно сохраненіе температуры тѣла на постоянной высотѣ. Не будь этого выдѣленія тепла, тѣло человѣка черезъ двое сутокъ нагрѣлось бы до 100°, т. е. закипѣло бы, такъ какъ каждый килограммъ вѣса тѣла вырабатываетъ 1,4 калорій въ часъ, т. е. способенъ нагрѣть самъ себя (такъ какъ теплоемкость животныхъ тканей, въ среднемъ, близко къ единицѣ) на 1,4 град.

Надо сказать впрочемъ, что отдача тепла кожей не является единственной причиной потери тепла организмомъ. Во первыхъ, часть теплоты, освобождаемой при физиологическомъ сгораніи пищевыхъ веществъ, утилизируется на механическую работу мышцъ. Далѣе, часть тепла идетъ на нагрѣваніе пищи, питья и вдыхаемаго воздуха, которые имѣютъ обыкновенно температуру низшую, чѣмъ температура тѣла. Далѣе, часть теплоты (и у нѣкоторыхъ животныхъ весьма почтенная часть) тратится на то, чтобы превратить въ газообразное состояніе воду и угольную кислоту, содержащуюся въ выдыхаемомъ воздухѣ. Что касается потерь тепла кожей, то часть тепла отнимается отъ кожи воздухомъ и другими окружающими предметами такъ же, какъ теряютъ теплоту всѣ тѣла, живыя и мервыя, находясь въ средѣ, нагрѣтой менѣе, чѣмъ они сами, т. е. путемъ теплового проведенія и излученія. Другая часть тепловыхъ потерь кожи свойственна только живому организму: она утилизируется на превращеніе въ паръ воды, отдѣляемой потовыми железами. Въ общемъ, теплота, вырабатываемая животнымъ, слѣдующимъ образомъ распределяется между различными функціями:

### Балансъ теплоты

#### Выработка тепла.

130	грм.	Бѣлка	даютъ	630	калорій
50	»	жира	»	470	»
500	»	углеводовъ	»	2000	»

Сумма 3100 калорій.

#### Потеря тепла.

Механическая работа (150000 килограмметровъ) . . . . .	350	калорій
Нагрѣваніе пищи и питья . . . . .	50	»
Нагрѣваніе вдыхаемаго воздуха . . . . .	100	»

Превращеніе $\text{CO}_2$ въ газообразное состояніе . . . . .	100	>
Испареніе воды съ поверхности легкаго . . . . .	350	>
Испареніе воды съ поверхности кожи . . . . .	250	>
Излученіе и проведеніе кожей . . . . .	1900	>

Сумма . . . . . 3100 калорій.

Благодаря тому, что организм отдаетъ ровно столько же тепла, столько вырабатывается въ тѣлѣ, температура послѣдняго остается приблизительно постоянной. Говорю приблизительно, такъ какъ у каждого человѣка наблюдаются въ теченіе сутокъ незначительныя колебанія, которыя сохраняютъ всегда опредѣленный типъ, изображенный на прилагаемой кривой (рис. 62).

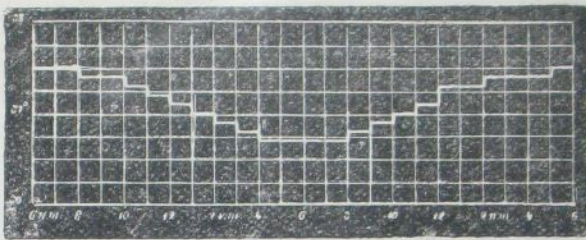


Рис. 62.

Наименьшая температура наблюдается въ 4—8 часовъ утра ( $36,5^\circ$ ); наибольшая температура ( $37,4$ ) соответствуетъ 4—5 часамъ вечера. Слѣдовательно, ежедневныя колебанія температуры совершаются въ предѣлахъ одного градуса.

Отъ какихъ именно причинъ зависятъ эти колебанія—до сихъ поръ неизвѣстно. Предположеніе о связи суточныхъ колебаній температуры съ приемами пищи оказалось несостоятельнымъ, такъ какъ при полномъ воздержаніи отъ пищи, даже въ теченіе многихъ дней—температурныя колебанія сохранились. Не выдерживаетъ также критики и другое объясненіе, сводящее суточную кривую температуры на опредѣленное чередованіе бодрствованія и сна въ теченіе сутокъ. Если бы это объясненіе было правильно, можно было бы ожидать извращенія температурной кривой, т. е. перемѣны пункта максимума и минимума въ томъ случаѣ, когда субъектъ спитъ днемъ, а ночью бодрствуетъ. И однако, этого не наблюдается: при извращенномъ образѣ жизни температурная кривая сохраняетъ свойственный ей типъ.

Свойственная данному животному температура тѣла сохраняется довольно постоянной, несмотря на очень рѣзкія подчасъ колебанія температуры окружающаго воздуха, хотя въ незначительной степени температура окружающей среды оказываетъ вліяніе даже на температуру теплокровныхъ животныхъ.

Такъ, во время путешествія изъ Лондона на Цейлонъ Дэви наблюдалъ возрастаніе средней температуры у экипажа корабля по мѣрѣ движенія къ югу; разница между температурой тѣла на югѣ и на сѣверѣ достигала  $1,93^\circ$ . Въ среднемъ, температура жителей тропиковъ на  $0,6—0,8^\circ$  выше температуры жителей умѣренныхъ странъ, при разницѣ въ температурѣ воздуха—около  $25^\circ$ . Во всякомъ случаѣ, изъ этихъ цифръ можно сдѣлать выводъ, что теплокровное

животное въ очень значительной степени независимо отъ температуры среды. Особенно убѣдительно въ этомъ отношеніи наблюденія подь полярными животными; нѣкоторыя изъ нихъ при ви́шней  $t^{\circ} = -35^{\circ}$  имѣютъ температуру тѣла  $= 43,5^{\circ}$ , т. е. способны нагрѣвать свое тѣло на  $80^{\circ}$  выше температуры среды. Когда наступаетъ полярное лѣто или когда эти животныя переносятся въ болѣе теплый климатъ, они могутъ попасть въ среду, имѣющую температуру, равную температурѣ ихъ тѣла, и тѣмъ не менѣе и въ этихъ условіяхъ они поддерживаютъ температуру тѣла на одной и той же высотѣ. Человѣкъ въ теченіе нѣсколькихъ минутъ можетъ выносить температуру  $= 87^{\circ}$ .

Все это показываетъ, что теплокровное животное обладаетъ способностью регулировать температуру тѣла, дѣлать ее независимой отъ температуры среды. Очевидно, что для этого функціи теплопроизводства и теплоотдачи должны быть легко подвижными, чтобы можно было по произволу увеличить выработку тепла и ограничить теплоотдачу, и наоборотъ. Опытъ показываетъ, что животное регулируетъ температуру тѣла, пользуясь какъ измѣненіемъ теплопродукціи, такъ и—отдачи тепла. Механизмъ этой регуляціи мы и разберемъ.

**Регуляція теплопродукціи.** Каждому извѣстно изъ собственнаго опыта, что въ теплѣ, особенно когда находишься въ тепломъ и къ тому же насыщенномъ парами воздухѣ, всѣ мышцы тѣла приходятъ въ состояніе крайняго расслабленія, движенія становятся вялыми, человѣкъ не склоненъ двигаться и, по возможности, ограничиваетъ свои движенія. Наоборотъ, на холоду всѣ мышцы тѣла полунапряжены, является охота къ быстрымъ и оживленнымъ движеніямъ; при сильной стужѣ появляется мелкая дрожь, стучаніе зубами; эта дрожь при усиливающемся холодѣ можетъ перейти на другія мышечныя группы, охватить все тѣло. Всѣ эти явленія представляютъ собой рефлекторную защиту организма отъ перегрѣванія или охлажденія.

Мы видѣли, что главнымъ очагомъ физиологическаго окисленія являются мышцы.

Естественно, поэтому, ожидать, что и въ моменты усиленной потребности въ выработкѣ тепла организмъ прибѣгаетъ именно къ этому источнику. Вышеупомянутыя наблюденія надъ обыденными явленіями даютъ намекъ въ этомъ отношеніи. Точные опыты, произведенные въ этомъ направленіи, указываютъ одно: при пониженіи ви́шней температуры организмъ борется противъ охлажденія усиленной выработкой тепла. Такъ какъ мѣстомъ большей части физиологическихъ окисленій, дающихъ организму нужную ему теплоту, являются мышцы, то естественно заключить, что и усиленная выработка тепла при пониженіи ви́шней температуры обязана своимъ происхожденіемъ усиленному обмѣну веществъ въ мышцахъ, тѣмъ болѣе, что при парализѣ мышцъ организмъ оказывается неспособнымъ усиливать выработку тепла путемъ усиленной теплопродукціи.

Резюмировавши въ только что приведенныхъ словахъ основной выводъ учения о регуляціи теплопроизводства, постараемся подкрѣпить его опытами.

Лефевръ изслѣдовалъ на самомъ себѣ теплопроизводство при погруженіи въ водяную ванну, имѣющую температуру=4,4°. При этомъ авторъ опредѣлялъ количество тепла, отдаваемое тѣломъ, и температуру тѣла въ теченіе нѣкотораго времени послѣ погруженія въ ванну.

Время въ минутахъ	Производство тепла въ 1 минуту	Отношеніе производства тепла къ нормальной выработкѣ его	Температура тѣла.
До ванны	1,41 кал.	—	37,2 °
Черезъ:			
1 мин.	101 »	1 : 68	37,25°
2 »	44 »	1 : 29	37,3 °
3 »	17 »	1 : 11	37,4 °
4 »	17 »	1 : 11	37,42°
5 »	17 »	1 : 11	37,43°
6 »	16 »	1 : 10,7	37,44°
7 »	16 »	1 : 10,7	37,45°
8 »	16 »	1 : 10,7	37,45°
9 »	14 »	1 : 9	37,43°
10 »	14 »	1 : 9	37,4 °
11 »	13 »	1 : 8,7	37,3 °
12 »	12 »	1 : 8	37,2 °

Такимъ образомъ, въ первую минуту отдача тепла тѣломъ рѣзко повышается; это и совершенно понятно, такъ какъ человѣкъ сразу попадаетъ изъ воздуха, имѣющаго температуру въ 15°, въ воду—среду, сильнѣе отнимающую тепло, да еще и охлажденную до 4,4°. Однако, уже въ вторую минуту отдача тепла уменьшается (какъ достигается уменьшеніе теплоотдачи, будетъ сказано ниже) и постепенно она достигаетъ своей наименьшей (для данныхъ условій) величины къ 12-й минутѣ послѣ погруженія въ ванну; на высотѣ, соотвѣтствующей теплопроизводству этой минуты, выработка тепла остается все время, пока тѣло погружено въ холодную ванну. Вы видите (З—я строка таблицы), что при этомъ интенсивность теплопроизводства увеличивается въ восемь разъ противъ нормы. Этотъ результатъ достигается благодаря тому, что тѣло вы-

нуждено отдавать больше тепла и стремится защититься от охлаждения усиленной выработкой тепла.

Въ результатахъ опыта Лефевра мы имѣемъ прямое измѣреніе теплопродукціи при пониженной температурѣ. Къ тому же результату приводитъ и не прямое измѣреніе выработки тепла, основывающееся на опредѣленіи дыхательнаго газообмѣна при пониженіи внѣшней температуры.

У морской свинки была найдена слѣдующая зависимость между внѣшней температурой и потребленіемъ кислорода:

Внѣшняя $t^{\circ}$	Потребленіе $O_2$ въ 1 часъ на 1 килогр. вѣса тѣла (въ куб. сант.)
3,64	1856,8
7,3	1496,6
7,8	1634,4
16,9	1086,8
21,3	1134,3
26,2	1118,5

По Бавьеру, кошка выдыхаетъ слѣдующія количества  $CO_2$  въ зависимости отъ температуры среды:

Температура среды				Граммы выдѣленной $CO_2$ въ теченіе 6 ч.
Отъ	—	5,5	до — 3	20,4
»	+	2	» + 2,4	18,5
»	+	3,7	» 14,1	18,5
»	+	14,6	» 19,8	15,7
»	+	21,1	» 27,8	14,1
»	+	29,6	» 30,8	12,6

Л. Фредерикъ опредѣлялъ на самомъ себѣ поглощеніе кислорода при различныхъ температурахъ, причемъ въ одномъ ряду опытовъ изслѣдователь былъ въ одеждѣ, въ другомъ ряду опытовъ—раздѣтый.

Температура.	Потребл. $O_2$ въ куб. сант. въ теченіе 15 минутъ.	
	Раздѣтый	Одѣтый
14,0	5,574	4,45
15,5	5,238	4,4
15,5	5,371	4,2
15,8	6,244	5,99
13	6,341	5,99
13,5	6,142	5,99
15,8	6,007	5,5
11,9	6,447	5,5
11	6,494	5,1



Усиленіе выработки тепла при пониженіи ви́шней температуры у нѣкоторыхъ животныхъ наступаетъ съ такой правильностью, что оказалось возможнымъ, напр., для морской свинки подсчитать, на какую величину увеличивается потребление кислорода и выдѣленіе угольной кислоты при пониженіи температуры на каждый градусъ. Машинообразная правильность явленія заставляетъ предполагать существованіе рефлекторной связи между кожными нервами, ощущающими холодъ, и мышцами скелета. При возбужденіи температурныхъ нервовъ кожи по рефлексу усиливается напряженіе скелетныхъ мышцъ, а слѣдовательно, усиливаются и процессы окисленія въ нихъ. Что мышцы при своей работѣ могутъ доставить огромное количество тепла организму, это явствуетъ изъ опытовъ, въ которыхъ производилось раздраженіе мышцъ всего тѣла путемъ электрическаго тока. При этомъ температура тѣла собаки послѣ 15-и минутнаго тетанированья поднималась съ 39 до 40°.

То же самое наблюдается на человѣкѣ при особой болѣзни, носящей названіе тетануса. У больного при этомъ въ высшей степени легко, при малѣйшемъ раздраженіи, наступаютъ рѣзкія судороги всего тѣла. Температура тѣла при этомъ можетъ достигать 44,75°. Съ другой стороны, послѣ паралича мышцъ, вызваннаго отравленіемъ стрѣльнымъ дозь (кураре), описанный рефлексъ съ кожи на мышцы, очевидно, не можетъ осуществляться, и, соотвѣтственно этому, животное, отравленное кураре, неспособно увеличивать производство тепла въ своемъ тѣлѣ при пониженіи окружающей его температуры. Достаточно даже ограничить мышечныя движенія, напр., крѣпко привязывая кролика къ оперативному столику, чтобы производство тепла, а вмѣстѣ съ нимъ и температура тѣла унала (на 2-3°). Кроликъ, у котораго былъ перерѣзанъ спинной мозгъ и всѣ мышцы котораго находились, такимъ образомъ, въ парализованномъ состояніи, имѣлъ температуру=24°

**Регуляція теплоотдачи.** Животное привлекаетъ къ процессу регулированья температуры тѣла также и другую функцію, заинтересованную въ сохраненіи температуры,—функцію теплоотдачи. При пониженіи температуры среды увеличивается, какъ описано выше, выработка тепла; но параллельно съ этимъ уменьшается и отдача тепла; наоборотъ, при повышеніи ви́шней температуры не только ограничивается теплопроизводство, но и увеличивается отдача тепла наружу.

Всматриваясь въ цифры вышеприведеннаго опыта Лефевра, нетрудно, въ самомъ дѣлѣ, видѣть, что уже очень быстро, къ концу второй минуты, отдача тепла тѣломъ значительно падаетъ по сравненію съ первой минутой: въ 1-ю минуту субъектъ отдавалъ 101 калорію, въ третью уже только 17 калорій. Наоборотъ, при повышеніи температуры среды отдача тепла кожей увеличивается, какъ это извѣстно всякому изъ ежедневнаго опыта: кожа становится теплою даже горячею, какъ говорятъ, пышетъ. Спрашивается, какой механизмъ лежитъ въ основѣ регуляціи тепла?

Для разсмотрѣнія этого вопроса намъ предварительно нужно въ двухъ

словахъ напомнить физическіе законы, которымъ подчиняется тепловой обмѣнъ между какимъ либо нагрѣтымъ тѣломъ и средой. Согласно закону Ньютона, количество тепла, отдаваемого нагрѣтымъ тѣломъ окружающей средѣ, если поверхность тѣла не измѣняетъ своихъ свойствъ,—пропорціонально разницѣ температуръ между нагрѣтымъ тѣломъ и средой. Слѣдов., если температура тѣла остается постоянной (это и имѣетъ мѣсто въ живомъ организмѣ),—въ этомъ случаѣ, чѣмъ ниже температура окружающаго воздуха, тѣмъ больше тепла должно отдавать ему нагрѣтое тѣло и при томъ строго пропорціонально разницѣ температуръ; такъ что, если изобразить въ видѣ кривой (рис. 63).

количество тепла, отдаваемое мертвымъ нагрѣтымъ до постоянной  $t^{\circ}$  тѣломъ при различныхъ температурахъ среды, мы получимъ непрерывную прямую линію (АВ).

Наоборотъ, если мы измѣримъ количества тепла, отдаваемыя живымъ организмомъ средѣ при различныхъ температурахъ, мы получимъ совершенно отличную отъ первой кривую (СD). Вы видите, что только на небольшомъ пространствѣ, въ предѣлахъ внѣшней температуры отъ  $+ 28$  до  $+ 14^{\circ}$ , живой организмъ подчиняется закону Ньютона. Начиная же съ  $+ 14^{\circ}$  до  $- 4^{\circ}$ , чѣмъ ниже температура среды, т. е. чѣмъ больше температурная разннца между организмомъ и средой, тѣмъ теплоотдача становится не больше, какъ бы слѣдовало ожидать по закону Ньютона, а меньше—параллельно съ увеличеніемъ температурной разницы. Это отклоненіе, однако, не зависитъ отъ какихъ либо таинственныхъ жизненныхъ свойствъ, а объясняется гораздо проще. Законъ Ньютона, какъ упомянуто выше, примѣнимъ только къ тѣламъ съ неизмѣняющимися физическими свойствами поверхности. Если же поверхность тѣла мѣняетъ свои свойства, очевидно, что никакой пропорціональности между теплоотдачей и температурной разницей уловить нельзя.

Тѣло животнаго не подчиняется закону Ньютона именно потому, что свойства его поверхности при низшихъ температурахъ среды мѣняются въ томъ смыслѣ, что чѣмъ ниже окружающая температура, тѣмъ болѣе неблагоприятны условія для теплоотдачи, тѣмъ, слѣдов., менѣе тепла должно отдаваться кожей окружающему воздуху. Въ этой способности организма мѣнять физическія свойства своей поверхности, дѣлая ее то болѣе, то менѣе проходимою для тепла—и кроется возможность регуляціи теплоотдачи. Въ чемъ же состоятъ тѣ перемѣны въ кожѣ, которая дѣлаютъ ее различной въ тепловомъ отношеніи? Надо замѣтить, что процессы окисленія, протекающіе въ кожѣ, очень не интенсивны, такъ что если бы кожа получала тепло только изъ этого источника, ея температура не могла бы держаться на той высотѣ, на которой она держится въ дѣйствительности. Благодаря поверхностному положенію кожи, она отдавала бы тепла гораздо больше, чѣмъ могла бы заимствовать отъ тѣхъ окислитель-

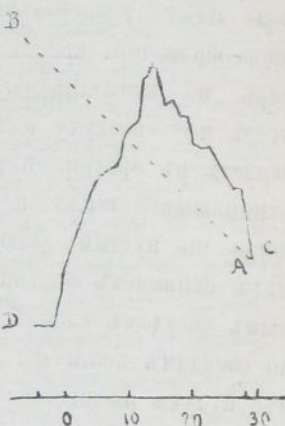


Рис. 63.

ныхъ процессовъ, которые имѣютъ мѣсто въ ней самой; въ результатъ наступило бы охлажденіе. Этому не происходитъ благодаря тому, что кожа согрѣвается не только на свой собственный счетъ, но и на счетъ другихъ органовъ: именно, къ кожѣ доставляется кровь, идущая изъ глубже лежащихъ органовъ и имѣющая высшую температуру сравнительно съ температурой кожи (температура крови =  $37,5^{\circ}$ ; температура кожи около  $30^{\circ}$ ). Ясно, что во время циркуляціи по сосудамъ кожи кровь должна отдавать кожѣ избытокъ тепла, а кожа въ свою очередь передаетъ тепло наружному воздуху. Слѣдов., кровь при циркуляціи по капиллярамъ кожи охлаждается, и температура крови кожныхъ венъ ниже температуры — кожныхъ артерій; поступая затѣмъ въ общій кругъ кровообращенія, кровь, оттекающая отъ кожи, вновь нагрѣвается и, проходя теперь по капиллярамъ кожи, снова можетъ отдать избытокъ тепла кожѣ, а чрезъ нее — воздуху и такъ далѣе. Словомъ, кожа съ ея кровеносными сосудами играетъ въ организмѣ роль холодильника, охлаждающаго кровь, а черезъ кровь отнимающаго тепло и отъ внутреннихъ органовъ. Естественно ожидать, что, когда мы пустимъ кровь въ этотъ холодильникъ сильнымъ токомъ, холодильникъ отнимаетъ больше тепла, чѣмъ когда кровь будетъ циркулировать по кожнымъ сосудамъ слабой струей. Такимъ образомъ, въ регуляціи кровяного тока по сосудамъ кожи мы и имѣемъ условія для регуляціи теплоотдачи: чѣмъ болѣе будутъ расширены кожные сосуды, чѣмъ болѣе притокъ крови къ кожѣ, тѣмъ теплоотдача сильнѣе. Наоборотъ, при суженіи кровеносныхъ сосудовъ кожи, притокъ крови къ ней ослабѣваетъ и параллельно съ этимъ падаетъ и теплоотдача.

При пониженіи температуры окружающей среды по рефлексу съ кожи сосуды послѣдней сжимаются, при повышеніи окружающей температуры сосуды, наоборотъ, расширяются. Всякому извѣстно, что кожа лѣтомъ теплѣе, чѣмъ зимой; если погрузить одну руку въ холодную воду, то блѣднѣетъ не только эта рука, но и противоположная ей, благодаря двустороннему характеру рефлекса. При погруженіи до пояса въ теплую ванну мы чувствуемъ холодъ въ кожѣ груди, при погруженіи въ холодную — наоборотъ, ощущаемъ тепло въ верхнихъ частяхъ тѣла. Эти ощущенія чисто субъективныя, такъ какъ температура воздуха, въ которомъ находится этотъ участокъ кожи, не мѣняется; ощущенія тепла и холода зависятъ оттого, что при погруженіи въ холодную ванну сосуды нижней части тѣла сокращаются и кровь приливаетъ къ верхнимъ участкамъ кожи, въ случаѣ теплой ванны дѣло происходитъ какъ разъ обратно этому. Все эти явленія служатъ выраженіями регуляціи теплоотдачи.

Но само собой понятно, что однимъ этимъ путемъ, усиленіемъ или ослабленіемъ кровяного тока въ кожѣ, организмъ можетъ бороться только 1) противъ охлажденія и 2) противъ нагрѣванія при не особенно высокихъ температурахъ, не превышающихъ  $37,5^{\circ}$ . Усиленіе кровяного тока въ кожѣ имѣетъ результатомъ усиленную отдачу тепла путемъ проведенія и излученія; когда, напр., температура воздуха =  $25^{\circ}$ , то кровяной токъ, имѣющій болѣе высокую тем-

пературу, можетъ отдать часть тепла окружающему воздуху этимъ путемъ. Но когда температура воздуха становится равной или даже превышаетъ теплоотдачу крови, очевидно, въ этихъ случаяхъ не можетъ быть и рѣчи объ отдачѣ тепла кровью (кожей) воздуху; наоборотъ, кровь въ этихъ случаяхъ будетъ нагрѣваться окружающимъ воздухомъ и, слѣдов., при этихъ условіяхъ усиленіе кожного тока крови будетъ имѣть результатомъ не охлажденіе, а согрѣваніе организма. Поэтому, организму въ его борьбѣ противъ согрѣванія при высокихъ температурахъ воздуха приходится прибѣгать къ другимъ средствамъ. Такимъ универсальнымъ для всѣхъ животныхъ и могучимъ средствомъ охлажденія является испареніе воды или съ поверхности кожи, или съ поверхности легкаго. При испареніи воды, какъ извѣстно, связывается очень много тепла; т. н. скрытая теплота испаренія воды  $\approx 536,5$  калорій, т. е. чтобы превратить въ паръ 1 килограммъ воды требуется затратить 536,5 большихъ калорій тепла. Ясно, что когда вода испаряется съ поверхности тѣла, необходимое для испаренія тепло заимствуется отъ тѣла и, такимъ образомъ, охлаждаетъ его.

Задачей организма является въ данномъ случаѣ лишь содержать условия для испаренія воды, т. е., или выдѣлить воду на свободную поверхность кожи, или такъ измѣнить условія легочной вентиляціи, чтобы облегчить выдѣленіе водяного пара и изъ этой глубоко скрытой полости. Животныя, обладающія энергичнымъ потоотдѣленіемъ, напр., лошадь, человѣкъ, употребляютъ первый способъ; другія животныя, какъ собака, потовыя железы у которой не способны къ такой энергичной работѣ, содѣйствуютъ испаренію воды въ высшей степени учащеннымъ дыханіемъ, доходящимъ до 400 дыханій въ минуту. Это усиленное дыханіе, которое каждый наблюдалъ, конечно, на охотничьихъ собакахъ, не преслѣдуетъ дыхательныхъ цѣлей, оно происходитъ не оттого, что животное чувствуетъ недостатокъ въ кислородѣ или избытокъ тепла; это т. назыв. полипноное (не диспноное) наступаетъ вслѣдствіе необходимости охладить тѣло путемъ усиленнаго испаренія воды. И путемъ такого усиленнаго дыханія цѣль достигается вполне. Собака, находящаяся въ состояніи полипноное, выдѣляетъ въ 1 часъ на 1 килогр. вѣса тѣла 11 грм. воды; для превращенія въ паръ этого колич. воды необходимо 6000 малыхъ калорій; теплопроизводство въ тѣлѣ собаки, рассчитанное на 1 часъ и на 1 килогр. вѣса тѣла, составляетъ около 2000 мал. кал. Такимъ путемъ, по выраженію Рише, собака вырабатываетъ въ 3 раза больше холода, чѣмъ тепла.

Наоборотъ, стоитъ воспрепятствовать животному производить частыя дыхательныя движенія, и теплорегуляція разстраивается, животное перегрѣвается. Когда Рише выставялъ на солнцѣ пару собакъ, одну съ намордникомъ, другую безъ намордника, онъ замѣтилъ, что вторая собака, усиленно дышавшая, сохраняла температуру тѣла на нормальной высотѣ, въ то время какъ другая, которой намордникъ мѣшалъ производить учащенные дыханія, черезъ полчаса послѣ начала опыта перегрѣлась настолько, что ея температура стала равной 42,8°.

Другія животныя, между прочимъ, и человекъ борются противъ перегрѣванія усиленнымъ потоотдѣленіемъ. Потъ представляетъ собой очень жидкую, водянистую жидкость, содержащую мало твердыхъ веществъ въ своемъ составѣ. На 100 ч. пота приходится до 99,5% воды и лишь 0,5% твердыхъ веществъ.

Хотя эти твердыя вещества и принадлежатъ къ экскреторнымъ веществамъ—качественный составъ пота напоминаетъ до извѣстной степени мочу—однако въ виду малаго содержанія растворимыхъ веществъ едва ли можно приписать поту значеніе жидкости, выдѣляющей изъ организма отработавшія вещества. Всего правильнѣе считать потъ чисто воднымъ отдѣленіемъ, къ которому примѣшаны твердыя вещества, какъ примѣшиваются они ко всемъ жидкостямъ организма. Поэтому и назначеніе пота состоитъ въ доставкѣ на поверхность кожи воды, которая, покрывая кожу тонкимъ слоемъ, легко можетъ подвергаться испаренію.

Потоотдѣленіе у нормальнаго человека происходитъ всегда; но при невысокихъ температурахъ потоотдѣленіе настолько мало энергично, что при этихъ температурахъ потоотдѣленію не приходится приписывать сколько нибудь важнаго значенія въ теплоотдачѣ организма. Наоборотъ, при температурахъ воздуха, приближающихся къ температурѣ крови, когда два другія способа отдачи тепла (излученіе и проведеніе) уже не отказываются служить организму—при этихъ температурахъ потоотдѣленіе значительно усиливается и преобладаетъ надъ другими способами отдачи тепла.

Но при усиленной выработкѣ тепла, напр., при мышечной работѣ, даже и при обыкновенныхъ температурахъ одного излученія и проведенія оказывается недостаточно для охлажденія организма—и организмъ прибѣгаетъ въ этихъ случаяхъ также къ потоотдѣленію, чтобы выдѣлить наружу избытокъ организующагося тепла.

Разумѣется, и потоотдѣленіе можетъ достигать цѣли, т. е. дѣйствительно охладить организмъ только въ томъ случаѣ, когда тотъ имѣетъ возможность испаряться съ поверхности кожи. Когда же испареніе не имѣетъ мѣста, напр., въ насыщенномъ водяными парами воздухѣ бани, или въ тропическихъ моряхъ—организмъ съ большимъ трудомъ регулируетъ температуру и очень легко перегрѣвается. Въ паровой банѣ, напр., всегда замѣчается повышеніе температуры; въ сильно влажномъ воздухѣ морскихъ странъ человекъ можетъ еще регулировать температуру при покоѣ мышцъ; но сколько нибудь усиленная мышечная работа становится въ этихъ условіяхъ положительно невозможной.

ИНВЕНТАР  
30000

2721

