

9. Gornitskaia O. V. Isolation and properties of the protein C activator from Agkistrodon halys halys venom / O. V. Gornitskaia, T. N. Platonova // *Biomeditsinskaia Khimiia*. – 2003. – N 49. – P. 470–478.

10. Баркаган З. С. Диагностика и контролируемая терапия нарушений гемостаза / З. С. Баркаган, А. П. Момот. – М. : Ньюдиамед, 2008. – 289 с.

#### REFERENCES

1. Dolgov V.V., Svirin P.V. *Laboratornaya diagnostika narusheniy gemostaza* [Laboratory diagnostics of hemostasis disorders]. Moscow-Tver, Triada, 2005. 227 p.

2. Momot A.P., Tsyvkina L.P., Taranenko I.A. *Sovremennye metody raspoznavaniya sostoyaniya tromboticheskoy gotovnosti* [Modern methods of recognition of thrombotic readiness state]. Barnaul, Altai state university publisher, 2011. 136 p.

3. De Jong G., van Raak L., Kes-sels F., Lodder J. Stroke subtype and mortality: a follow-up study in 998 patients with a first cerebral infarct. *Journal of Clinical Epidemiology* 2003; 56 (3): 262-268.

4. Platonova T.N., Zaichko N.V., Chernishenko T.M., Gornitskaya O.V., Grishchuk V.I. Estimation of informativity and prognostic significance of traditional screening and additional laboratory tests for the thrombophilia diagnostics. *Laboratorna diagnostyka* 2010; 4 (54): 3-10.

5. Rodak B.F., Fritsma G. A., Doig K. Hematology: *Clinical Principles and Applications*. Philadelphia, Saunders WB Company, 2011. 864 p.

6. Korte W., Clarke S., Lefkowitz J.B. Short activated partial thromboplastin times are related to increased thrombin generation and an increased risk for thromboembolism. *American*

*Journal of Clinical Pathology* 2000; 113 (1): 123-127.

7. Panteleev M.A., Vasilyev S.A., Sinauridze E.I., Vorobyev A.I., Ataulkhanov F.I. *Prakticheskaya koagulologiya* [Practical coagulology]. Moscow, Prakticheskaya meditsina, 2011. 192 p.

8. Kondratyuk A.S., Grinenko T.V. Turbidimetric method in quantitative determination of fibrinogen in plasma using ancistron. *Fizika zhivogo* 2010; 18 (1): 160-163.

9. Gornitskaia O.V., Platonova T.N. Isolation and properties of the protein C activator from Agkistrodon halys halys venom. *Biomeditsinskaia Khimiia* 2003; 49 (5): 470-478.

10. Barkagan Z.S., Momot A.P. Diagnostika i kontroliruemaya terapiya narusheniy gemostaza [Diagnosis and controlled treatment of hemostatic disorders]. Moscow, Newdiamed, 2008. 289 p.

Надійшла 17.02.2014

УДК 616.314-089.843-073.756.8

В. І. Вакуленко, Є. В. Гончаренко, С. А. Шнайдер, І. П. Ковшар

## ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ДЕНТАЛЬНИХ ІМПЛАНТАТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОГО АНАЛІЗУ

Одеський національний медичний університет, Одеса, Україна

УДК 616.314-089.843-073.756.8

В. И. Вакуленко, Е. В. Гончаренко, С. А. Шнайдер, И. П. Ковшарь  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ С ПОМОЩЬЮ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОГО АНАЛИЗА

Одесский национальный медицинский университет, Одесса, Украина

Статья посвящена методам определения механической стабильности эндоссальных дентальных имплантатов. Механическая стабильность имплантата является важным показателем нормальной остеоинтеграции. Проведен обзор существующих методик определения стабильности имплантатов с позиции и информативности и объективности.

С использованием частотно-резонансного анализа показано, что механическая стабильность имплантатов выше в группе пациентов, у которых для планирования имплантации применялась конусно-лучевая компьютерная томография. Среднее значение коэффициента стабильности имплантата в основной группе достигает  $68,9 \pm 8,4$ , в контрольной —  $62,6 \pm 13,1$ , что достоверно ( $p < 0,05$ ) выше в основной группе.

**Ключевые слова:** механическая стабильность дентальных имплантатов, периотест, торк-тест, частотно-резонансный анализ.

UDC 616.314-089.843-073.756.8

V. I. Vakukenko, Ye. V. Goncharenko, S. A. Schneider, I. P. Kovshar  
DEFINITION OF MECHANICAL STABILITY OF DENTAL IMPLANTS USING RESONANCE-FREQUENCY ANALYSIS

The Odessa National Medical University, Odessa, Ukraine

**Introduction.** Dental implantation allows to achieve the rehabilitation of patients with various forms of adentia in situations where different protocols of prosthetics are not effective or harmful to the surrounding teeth.

Fixation of the implant in the bone is due to the mechanical linkages. The success of osseointegration, and, consequently, implantation as a whole is largely dependent on the mechanical stability of the implant. There are various techniques that determine the stability of the implant indirectly or directly. These include clinical, radiological, torque test, periostest, resonance frequency analysis. Resonance frequency analysis provides an objective assessment of the stability of the implant using Implant Stability Quotient (ISQ) on a scale from one to one hundred.



**Objective** of this study was to determine the sensitivity of the method of resonance frequency analysis.

**Methods and results.** This study included 46 patients with partial secondary adentia of lower jaw, which has been indicated to install one implant in the lateral section. Patients were divided into two equal groups (23 patients in each). Determination of ISQ in both groups was performed immediately after fixation of the implant before suturing. In the control group the diagnosis and implant planning was performed using conventional methods of digital orthopantomography. The patients of the main group in addition to research described got cone-beam computer tomography of implantation area before and after surgery.

The stability of the implant according to the postoperative study was higher in patients of the main group. In the study group of 20 cases (87%) ISQ was over or equal to 65, which allows for one-stage implant prosthetics. In the control group such ISQ value was obtained in only 10 cases (43.5%). Mean ISQ in the study group was  $68.9 \pm 8.4$ , in the control group —  $62.6 \pm 13.1$ . In the study group ISQ was significantly ( $p < 0.05$ ) higher.

**Conclusions.** Thus, a significant number of methods of determining stability of the implant is described. It should be noted that many of them are subjective and/or indirectly determine the stability of the implant. Therefore, further studies should be devoted to techniques that allow you to do easily reproducible measurement of numerical index of implant stability.

**Key words:** mechanical stability of dental implants, periostest, torque-test, resonance-frequency analysis.

Дентальна імплантація — це напрям, що найбільш прогресивно розвивається у сучасній стоматології. Ендосальна (внутрішньокісткова) дентальна імплантація є одним з найпоширеніших методів [1].

Сьогодні уявлення про фіксацію ендосальних імплантатів у тканині щелеп тісно пов'язане з теорією про остеоінтеграцію [1].

Остеоінтеграцію можна визначити як процес відновлення кісткової тканини на поверхні імплантата, причому без будь-яких перехідних субстанцій [1].

Успіх остеоінтеграції, а відповідно й імплантації в цілому, значною мірою залежить від механічної стабільності імплантата [8]. Механічна стабільність імплантата є одним із найважливіших факторів прогнозування й оцінки ефективності реабілітації пацієнта [8].

Існують різні методи, що визначають стабільність імплантата побічно або прямо. У сучасній клінічній практиці застосовуються кілька методів оцінки ступеня остеоінтеграції й механічної стабільності імплантатів.

Клінічний метод — перкусія, мануальний контроль стійкості імплантата. Слід зазначити, що, незважаючи на широке застосування подібних методик, вони є значною мірою суб'єктивними й не піддаються кількісній оцінці [1; 2]. Саме тому

утруднені об'єктивне порівняння й аналіз даних різних досліджень із застосуванням подібних методів.

Рентгенологічний метод передбачає виконання дентальної внутрішньоротової рентгенографії, ортопантомографії, або комп'ютерної томографії, із метою оцінки щільності періімплантної кісткової тканини й ступеня її контакту з поверхнею імплантата, а також ступеня її резорбції [1]. Дані методи досить доступні, деякою мірою підвищують об'єктивність оцінки, але мають низку серйозних недоліків. По-перше, призначаючи рентгенологічні методи дослідження, необхідно враховувати безпечну дозу опромінення для пацієнта [11]. Варто враховувати також те, що даний метод є непрямим визначенням стабільності імплантата, тому що на ранніх стадіях дезінтеграції рентгенологічні ознаки можуть бути мало виражені [1]. Важливо також те, що всі методи, крім комп'ютерної томографії, є сумарними, тобто незначні зміни в періімплантній кістковій тканині можуть візуалізуватися недостатньо через навколишню кортикальну кісткову тканину. Недоліком методик комп'ютерної томографії є наявність артефактів від металевих предметів, які утрудняють точну оцінку стану навколишньої кісткової тканини (рис. 1) [9].

Наступним методом оцінки стабільності імплантата є торк-тест за допомогою динамометричного ключа. Він припускає визначення зусилля при встановленні імплантата в кісткове ложе з використанням градуйованого ключа: що більше зусилля прикладається при закручуванні імплантата, то вища первинна механічна стабільність.

Перевагами даного методу є простота проведення й доступність, можливість об'єктивної оцінки, порівняння й документування даних різних досліджень. Принцип цього методу припускає пряме визначення стабільності імплантата.

Проте недоліками даного методу є: обмеженість застосування тільки для гвинтових циліндричних імплантатів; неможливість застосування його на пізніх стадіях остеоінтеграції, тому що в такій ситуації відбудеться викручування імплантата [3] (можливо тільки в експериментальних цілях на лабораторних тваринах).

Періотестометрія, або періотест припускає електронно-контрольовану й відтворювану перкусію імплантата, створювану поштовхом котушки [6]. Регульовальна котушка забезпечує швидкість бойка, що стукає, який є постійною 0,2 м/с із компенсацією тертя й сили ваги. Значення періотесту визначається за сигналом акселеро-



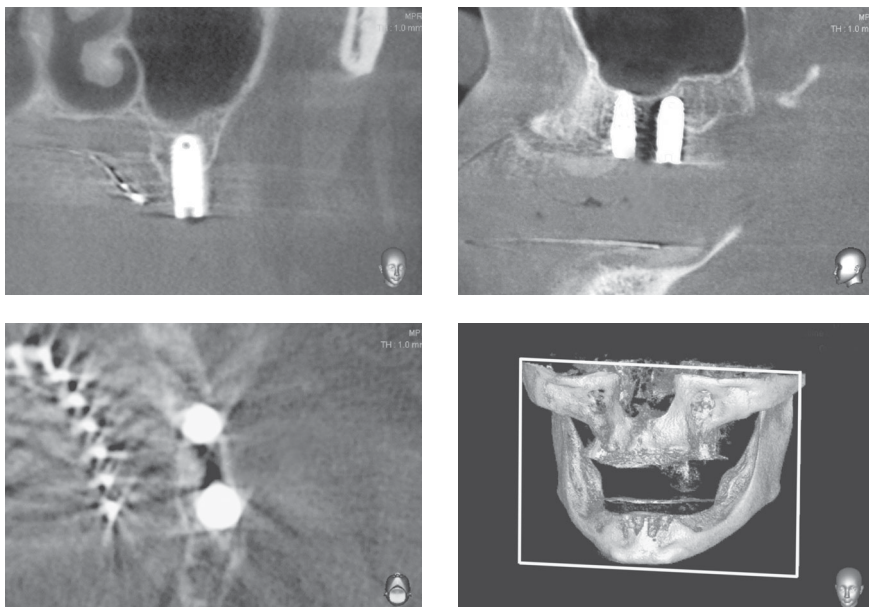


Рис. 1. Артефакти від дентальних імплантатів на конусно-променевої комп'ютерній томограмі

метра. Періотест проводить вимірювання реакції на поштовх, прикладений до абатмена встановленого імплантата [6]. Еластичні властивості преріімплантної кістки, яка оточує стабільний імплантат, втрачаються при порушенні механічної фіксації [6]. Це істотна відмінність, що характеризує даний метод.

Значення періотесту залежить від рухливості імплантата й від механічних характеристик періімплантної кісткової тканини [6]. Періотест забезпечує об'єктивне, відтворюване вимірювання стійкості імплантата. Дані періотесту вираже-

ні в числовій формі й легко піддаються аналізу й документуванню.

Частотно-резонансний аналіз є методом, що передбачає об'єктивну оцінку стабільності імплантата з використанням коефіцієнта стабільності імплантата (KCI) за шкалою від 1 до 100 [10]. Метод був запропонований N. Meredith у 1997 р. Для аналізу використовується прилад Osstell ISQ виробництва фірми "Osstell AB" (Швеція). Прилад складається із приладового блоку з цифровим аналізатором, випромінювача-приймача електромагнітного поля й намагніченого штифта,

що приєднує до імплантата (рис. 2). Методика ґрунтується на реєстрації резонансних коливань імплантата й навколишньої кістки при впливі на них електромагнітного поля за допомогою штифта й обчисленні KCI [5].

**Мета** даного дослідження — вивчення можливості застосування методу частотно-резонансного аналізу (прилад Osstell ISQ) для визначення різниці у механічній стабільності дентальних імплантатів, встановлених із застосуванням різних методик планування.

### Матеріали та методи дослідження

У дане дослідження увійшли 46 пацієнтів із частковою вторинною адентією нижньої щелепи, яким було показано встановлення одного імплантата в бічному відділі. Імплантацію проводили за двоетапною відстроченою методикою. Пацієнти були поділені на дві однакові групи (по 23 особи). Визначали KCI в обох групах відразу після фіксації імплантата перед ушиванням за допомогою приладу Osstell ISQ. Згідно з наказом Державної служби України з лікарських засобів від 14.12.2012 № 1050, аналізатор резонансної частоти Osstell ISQ внесений до Державного реєстру медичної техніки та виробів медичного

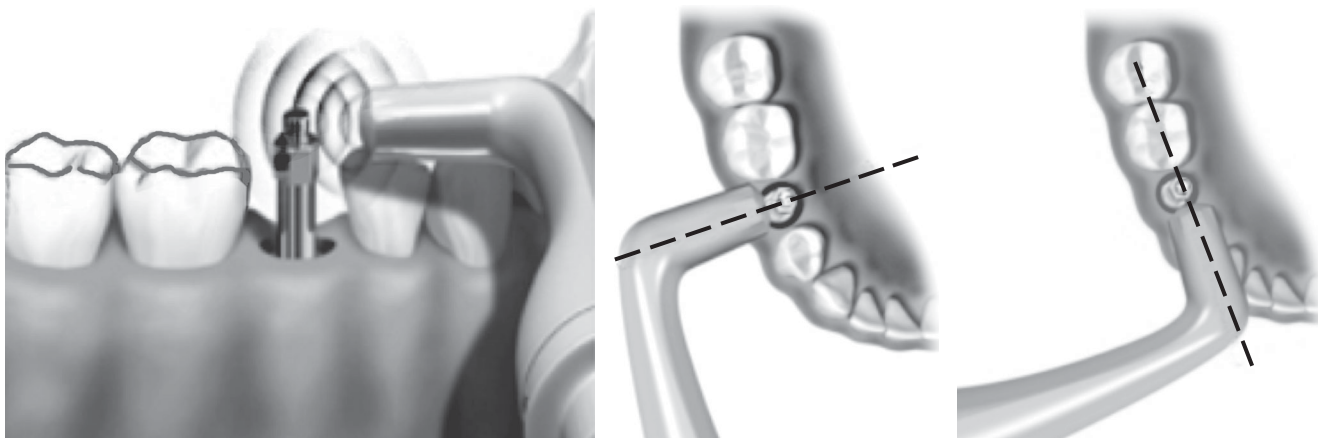


Рис. 2. Проведення частотно-резонансного аналізу



призначення і дозволений для застосування на території України (свідоцтво про державну реєстрацію № 12244/2012).

У контрольній групі діагностику та планування імплантації проводили з використанням загальноприйнятих методик за даними цифрової ортопантомографії. Відразу після операції пацієнтам даної групи також проводили ортопантомографію.

Пацієнтам основної групи додатково до описаних досліджень виконували конусно-променеву комп'ютерну томографію зони імплантації перед операцією та після неї. Діагностику та планування операції в основній групі проводили за даними конусно-променевої комп'ютерної томографії.

### Результати дослідження та їх обговорення

Відомо, що використання конусно-променевої комп'ютерної томографії для діагностики й планування імплантації більш ефективно, ніж ортопантомографії. Конусно-променева комп'ютерна томографія не дає проєкційних спотворень і дозволяє одержувати максимальний обсяг даних про будову досліджуваної ділянки в будь-якій площині [4].

Більш точно планування оптимального напрямку для встановлення імплантата з урахуванням будови щелепи та щільності кісткової тканини порівняно з ортопантомографією забезпечує вищу стабільність імплантатів. Необхідно було визначити, чи буде КСІ статистично достовірно відрізнятися в основній і контрольній групі.

Наводимо витяг з історії хвороби пацієнта контрольної групи. Пацієнт Д., 31 рік, звернувся з приводу відсутності 46 зуба. Зі слів пацієнта, зуб видалений близько 5 років тому. Пацієнт вважає себе здоровим, наявність системних хронічних захворювань заперечує. При зовнішньому огляді аси-

метрії обличчя не виявлено, шкірні покриви не змінені. При огляді зубних рядів виявлений дефект у вигляді відсутності 46 зуба. Прикус ортогнатичний. Має сановані зуби. Слизова оболонка ясен у ділянці дефекту щільна, без ознак запалення. Після проведення клінічного обстеження виконали ортопантомографію. При вимірюванні відстані до нижньощелепного каналу отриманий результат — 16 мм. Пацієнту було проведено оперативне втручання — імплантація у ділянці відсутнього 46 зуба (імплантат D=3,7 мм, l=10 мм, STI-BIO-C, Ласак, Імпладент, Чехія). Безпосередньо після встановлення імплантата визначили КСІ з використанням апарата Osstell ISQ (КСІ = 66). Наклали шви.

Наводимо витяг з історії хвороби пацієнта основної групи. Пацієнтка Т., 34 роки, звернулася з приводу відсутності 35, 36, 37 зубів: 35, 37 зуби були видалені більше 6 років тому з приводу ускладнень карієсу, 36 зуб — близько 6 міс. тому через ускладнення ендодонтичного лікування. Пацієнтка вважає себе здоровою, наявність системних хронічних захворювань заперечує. При зовнішньому огляді асиметрії обличчя не виявлено, шкірні покриви не змінені. При огляді зубних рядів відзначений дефект у вигляді відсутності 35, 36, 37 зубів. Прикус ортогнатичний. Зуби сановані. Слизова оболонка ясен у ділянці дефекту щільна, без ознак запалення. Виконали ортопантомографію та конусно-променеву комп'ютерну томографію зони імплантації. Планування імплантації провели з використанням спеціальних функцій програми для перегляду конусно-променевої комп'ютерної томографії. Виконали імплантацію у ділянці відсутнього 45 зуба (імплантат D=3,7 мм, l=10 мм, STI-BIO-C, Ласак,

Імпладент, Чехія). Безпосередньо після встановлення імплантата визначили КСІ з використанням апарата Osstell IS (КСІ=75). Наклали шви.

У результаті проведених досліджень відзначили, що стабільність імплантата, за даними післяопераційного дослідження, була вищою у пацієнтів основної групи. Слід зазначити, що в основній групі в 20 (87 %) випадках КСІ був вищим або дорівнював 65, що дозволяє проводити одноментне протезування на імплантаті [7]. У контрольній групі таке значення КСІ було отримане тільки в 10 (43,5 %) випадках, що пов'язано з браком інформації про будову кісткової тканини в зоні імплантації при плануванні за даними ортопантомографії. Середнє значення КСІ в основній групі становило  $68,9 \pm 8,4$ , у контрольній —  $62,6 \pm 13,1$ . В основній групі КСІ був достовірно ( $p < 0,05$ ) вищим.

L. Senerby і N. Meredith сформулювали кілька рекомендацій щодо застосування частотно-резонансного аналізу [7]. Середній нормальний КСІ для остеоінтегрованих імплантатів становить 66–69. Висока первинна стабільність згодом знижується, а низька — збільшується. Невдалий прогноз імплантації можна зробити при КСІ, що дорівнює 49 і менше. Для двоетапної імплантації невдалий прогноз визначається при КСІ 55 і менше. Безпосереднє й раннє навантаження імплантатів можливе при КСІ 60–65 і більше. Автори акцентують увагу на важливості частотно-резонансного аналізу з метою об'єктивності й доказовості досягнутої первинної стабільності імплантатів для науково-практичних й юридичних цілей.

### Висновки

Таким чином, описана значна кількість методик визначен-



ня стабільності імплантата. Необхідно відзначити, що багато з них є суб'єктивними і/або непрямо визначають стабільність імплантата. При цьому для більшості описаних методів неможливе вираження їх результатів у числовому вигляді для об'єктивного порівняння й аналізу. Саме тому подальші дослідження варто присвятити методикам, що дозволяють проводити легко відтворювані вимірювання числових індексів стабільності, що є об'єктивною оцінкою стабільності імплантатів (періотестометрія, частотно-резонансний аналіз).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Основи дентальної імплантації* / Е. Д. Бабов, В. Г. Шутурминський, Е. В. Гончаренко, С. А. Гулюк ; под ред. В. А. Обуховського. – Одеса : Перва рекламно-полиграфическая группа ; БМВ, 2010. – 112 с.
2. *Дентальна імплантація* : навч. посібник / Є. Д. Бабов, В. О. Обуховський, Є. В. Гончаренко [та ін.]. — Одеса : ОНМедУ, 2012. — 144 с.
3. Carr/Papazoglou/Larsen The Relationship of Periotest Values, Biomaternal, and Torque to Failure in Adult Baboons / Carr/Papazoglou/Larsen // *International Journal of Prosthodontics*. – 1995. – Vol. 8, Iss. 1. – P. 15–20
4. *Thematic Abstract Review: Current Role of Cone-Beam Imaging Tomography in Implant Dentistry* / C. Stanford, T. Oates, R. Beirne, J.-E. Ellingsen // *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. – 2007, May/June. – Vol. 22, Iss. 3.
5. Kessler-Liechti G. Stability Measurements of 1-Stage Implants in the Edentulous Mandible by Means of Resonance Frequency Analysis / G. Kessler-Liechti, J. Zix, R. Mericske-Stern / *Int J Oral Maxillofac Implants*. – 2008. – Vol. 23. – P. 353–358.
6. Gomez-Roman G. Influence of the implant abutment on the Periotest value: An in vivo study / G. Gomez-Roman, D. Lukas // *Quintessence International*. – 2001. – Vol. 32, Iss. 10. – P. 797–799.
7. *Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful*

*vs. failing implants* / R. Glauser, L. Sennerby, N. Meredith [et al.] // *Clin Oral Implant Res*. – 2004. – Vol. 15. – P. 428–434.

8. *Implant integration and stability* / ed. by P. Palacci // *Esthetic implant dentistry: Soft and hard tissue*. – Quintessence Publ Inc. – Chicago, 2000. – P. 1–17.

9. Barrett J. F. Artifacts in CT: Recognition and Avoidance / J. F. Barrett // *RadioGraphics*. – 2004, Nov. – Vol. 24. – P. 1679–1691.

10. *Measurement of Dental Implant Stability by Resonance Frequency Analysis and Damping Capacity Assessment: Comparison of Both Techniques in a Clinical Trial* / J. Zix, S. Hug, G. Kessler-Liechti, R. Mericske-Stern // *Int J Oral Maxillofac Implants*. – 2008. – Vol. 23. – P. 525–530.

11. *Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16-slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography* / D. Schulze, M. Heiland, H. Thurman, G. Adam // *Dentomaxillofac Radiol*. – 2004. – Vol. 33. – P. 83–86.

#### REFERENCES

1. Babov E.D., Shuturminskiy V.G., Goncharenko E.V., Gulyuk S.A., Obukhovskiy V.A. (ed.). *Osnovy dental'noy implantatsii* [Fundamentals of dental implantation]. Odessa: Pervaya reklamno-poligraficheskaya gruppa Izd. "VMV", 2010. 112 p.
2. Babov Ye.D., Obukhovskiy V.O., Honcharenko Ye.V., Gulyuk S.A., Shuturminskiy V.H., Asmolova A.O. *Dental'na implantatsiya: navch. posibnyk* [Dental implantation: studies. manual]. Odessa, ONMedU, 2012. 144 p.
3. Carr/Papazoglou/Larsen The Relationship of Periotest Values, Biomaternal, and Torque to Failure in Adult Baboons. *International Journal of Prosthodontics* 1995; 8 (1): 15-20.
4. Stanford C., Oates T., Beirne R., Ellingsen J.-E. *Thematic Abstract Review: Current Role of Cone-Beam Imaging Tomography in Implant Dentistry*. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* May/June 2007; 22 (3).
5. Kessler-Liechti G., Zix J., Mericske-Stern R. Stability Measurements of 1-Stage Implants in the Edentulous Mandible by Means of Resonance Frequency Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008; 23: 353-358.

6. Gomez-Roman G., Lukas D., Influence of the implant abutment on the Periotest value: An in vivo study. *Quintessence International* 2001; 32, Issue 10: 797-799.

7. Glauser R., Sennerby L., Meredith N., Ree A. et al. Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants. *Clin Oral Implant Res* 2004; 15: 428-434.

8. *Implant integration and stability*. In Palacci (ed): *Esthetic implant dentistry: Soft and hard tissue*. Quintessence Publ Inc, Chicago, 2000. p. 1-17.

9. Julia F. Barrett and Nicholas Keat: Artifacts in CT: Recognition and Avoidance. *RadioGraphics*, Nov 2004; 24: 1679-1691.

10. Zix J., Hug S., Kessler-Liechti G., Mericske-Stern R. Measurement of Dental Implant Stability by Resonance Frequency Analysis and Damping Capacity Assessment: Comparison of Both Techniques in a Clinical Trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008; 23: 525-530.

11. Schulze D., Heiland M., Thurman H., Adam G. Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16-slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2004; 33: 83-86.

Надійшла 21.02.2014

