

DOI: 10.37988/1811-153X_2020_3_61

Т.Г. Махмудов,
к.м.н., докторант кафедры ортопедической
стоматологии

Азербайджанский медицинский
университет

Коэффициент стабильности дентальных имплантатов и его связь с биомаркерами костного метаболизма

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Махмудов Т.Г. Коэффициент стабильности дентальных имплантатов и его связь с биомаркерами костного метаболизма. — Клиническая стоматология. — 2020; 3 (95): 61—5.
DOI: 10.37988/1811-153X_2020_3_61

Реферат. Достижение и поддержание стабильности имплантата являются предпосылками для успешного клинического результата. Важным является измерение стабильности имплантата (ISQ) и дальнейшее изучение щелочной фосфатазы (ЩФ) и остеокальцина как показателей активности репаративных процессов. **Цель** — измерение ISQ в период заживления с использованием метода резонансного частотного анализа (РЧА) и исследование связи между значениями ISQ с маркерами формирования кости. **Материалы и методы.** Дентальная внутрикостная имплантация проведена у 67 пациентов, средний возраст составил $51,8 \pm 3,08$ года. Установлено 98 винтовых внутрикостных имплантатов системы MIS (Medical Implant System). Определены выживаемость имплантатов по критериям Бузер, индексы зубного налета и кровоточивости. Применен РЧА, аппарат Osstell ISQ. В ротовой жидкости определены ЩФ и остеокальцин. Измерения проводили сразу после установки, через 14 дней, 3 и 6 месяцев. Рассчитан коэффициент корреляции Пирсона. **Результаты.** Средний балл индексов Silness — Loe и Мюллмана — Коуэлла составил

$0,79 \pm 0,28$ и $0,50 \pm 0,30$ балла соответственно. Через 14 дней ISQ по сравнению с начальным уменьшился на 2,14%. Спустя 3 месяца ISQ увеличился по сравнению с исходным на 11,7% и по сравнению с величиной, отмеченной через 14 дней, на 12,93%. Через 6 месяцев ISQ превышал исходное значение на 12,70%. Активность ЩФ сразу после лечения и через 14 дней не различалась. Спустя 3 и 6 месяцев активность ЩФ в сравнении с исходным значением возросла в среднем на 2,9% соответственно. Максимальная величина остеокальцина отмечалась через 14 дней, через 3 и 6 месяцев она незначительно снизилась. Отмечалась очень слабая корреляция ISQ с биомаркерами: +0,375 сразу после лечения, через 14 дней — +0,351, через 3 и 6 месяцев — +0,304 и +0,141 соответственно ($p=0,23$). **Заключение.** Значения ISQ показали высокую стабильность имплантатов. Успешную интеграцию имплантатов подтверждали изменения концентраций ЩФ и остеокальцина, положительная динамика которых свидетельствовала о позитивной минерализации и репарации. В течение периода заживления значения ISQ слабо коррелировали с ЩФ и остеокальцином. Настоящее исследование подтверждает значимость мониторинга значений ISQ и маркеров костного метаболизма при дентальной имплантации.

Ключевые слова: дентальные имплантаты, резонансный частотный анализ, коэффициент стабильности, щелочная фосфатаза, остеокальцин, ротовая жидкость, корреляция

T.G. Mahmudov,
PhD in Medical sciences, doctoral candidate
of the Prosthodontics department

Azerbaijan Medical University,
Baku, Azerbaijan

The stability coefficient of dental implants and its relationship with biomarkers of bone metabolism

FOR CITATION:

Mahmudov T.G. The stability coefficient of dental implants and its relationship with biomarkers of bone metabolism. — *Clinical Dentistry (Russia)*. — 2020; 3 (95): 61—5. DOI: 10.37988/1811-153X_2020_3_61

Abstract. Achieving and maintaining implant stability are prerequisites for a successful clinical outcome. It is important to measure implant stability (ISQ) and further study of alkaline phosphatase (ALP) and osteocalcin as indicators of the activity of reparative processes. **Objectives:** to measurement of ISQ during the healing period using the method of resonance frequency analysis (RFA) and the study of the relationship between ISQ values with markers of bone formation. **Materials and methods.** Dental intraosseous implantation was performed in 67 patients, the average age was 51.8 ± 3.08 years. 98 screw intraosseous implants of the MIS (Medical Implant System) system were installed.

The implant survival was determined according to the Boozer criteria, plaque and bleeding indices. Applied RFA apparatus "Osstell ISQ". In the oral fluid, alkaline phosphatase and osteocalcin are determined. The measurements were carried out immediately after installation, after 14 days and 3 and 6 months. The Pearson correlation coefficient was calculated. **Results.** The average scores for the Silness—Loe and Mülleman—Cowell indices were 0.79 ± 0.28 and 0.50 ± 0.30 , respectively. After 14 days, the ISQ value compared to the initial one decreased by 2.14%. After 3 months, the ISQ increased by 11.7% compared with the initial one and by 12.93% compared with the value noted after 14 days. After 6 months, the ISQ exceeded the initial value by 12.70%. The activity of ALP immediately after treatment and after 14 days did not differ. After 3 and 6 months, the activity of ALP in comparison with the initial value increased by an average of 2.9%, respectively. The maximum value of osteocalcin was noted after 14 days, after 3 and 6 months it slightly decreased. Immediately after treatment, the correlation coefficient between

alkaline phosphatase and osteocalcin was +0.375, after 14 days — +0.351, after 3 and 6 months — +0.304 and +0.141 ($p=0.23$) respectively. A very weak correlation of ISQ with biomarkers was noted. **Conclusion.** ISQ values showed high implant stability. Successful integration of implants was confirmed by changes in ALP and osteocalcin concentrations, the positive dynamics of which indicated positive mineralization and

repair. During the healing period, ISQ values were weakly correlated with ALP and osteocalcin. This study confirms the importance of monitoring ISQ values and markers of bone metabolism during dental implantation.

Key words: dental implants, resonant frequency analysis, stability coefficient, alkaline phosphatase, osteocalcin, oral fluid, correlation

ВВЕДЕНИЕ

Современное стоматологическое лечение сегодня трудно представить без дентальной имплантации. Успех лечения дентальными имплантатами во многом зависит от их стабильности. Выделяют первичный и вторичный виды стабильности имплантата. Первичная стабильность наступает сразу после имплантации. Сильная начальная стабильность является критической для дентальных имплантатов при немедленной или ранней нагрузке после имплантации [1, 2]. Первичная стабильность снижает уровень микроподвижности имплантата, что в свою очередь допускает беспрепятственное заживление и остеоинтеграцию [3]. Стабильность имплантата играет решающую роль для успешной остеоинтеграции, которая рассматривается как прямая структурная и функциональная связь, существующая между костью и поверхностью имплантата, несущего нагрузку. Только будучи достаточно стабильным зубной имплантат может быть использован в дальнейшем. Ряд исследователей определяют первичную стабильность имплантата как главный прогностический фактор успешной остеоинтеграции [4, 5]. Сообщается, что в 32% случаев неудачная имплантация выявлялась у имплантатов, которые показали недостаточную начальную стабильность [6]. Поэтому очень важно оценить стабильность имплантата. Однако клинические исследования в области имплантологии указывают на трудность при оценке остеоинтеграции имплантатов.

Для оценки первичной стабильности зубного имплантата применяются различные методы, среди которых резонансный частотный анализ (РЧА) был признан наиболее успешным [7–9]. При этом методе измеряется резонансная частота интерфейса «имплантат—кость», которая является реакцией на электромагнитные колебания имплантата. Результаты выражаются в виде значений коэффициента стабильности имплантата — ISQ (implant stability quotient). Метод РЧА дает возможность проследить динамику остеоинтеграции. К сожалению, в Азербайджане этот метод используется крайне редко.

Одними из показателей, которые позволяют оценить процессы регенерации костной ткани, являются щелочная фосфатаза (ЩФ) и остеокальцин. ЩФ играет ключевую роль в минерализации путем расщепления неорганического пирофосфата и освобождения свободного неорганического фосфата. Полагают, что данный фермент также может быть использован в качестве биохимического маркера для определения активности остеообласта, поскольку присутствует на фрагментах

их плазматических мембран [10, 11]. Остеокальцин связывает гидроксипатит и кальций во время матричной минерализации. Это один из серологических маркеров в процессе формирования кости [12].

Таким образом, достижение и поддержание стабильности имплантата являются предпосылками для успешного клинического результата. Поэтому измерение стабильности имплантата является важным методом оценки успешной имплантации. Также важным является дальнейшее изучение ЩФ и остеокальцина в качестве показателей активности репаративных процессов.

Целью исследования явилось измерение коэффициента стабильности имплантатов в период заживления с использованием метода РЧА и исследование связи между значениями ISQ с маркерами формирования кости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации [13]. У пациентов в письменной форме было получено информированное согласие.

Дентальная внутрикостная имплантация проведена у 67 пациентов — 30 (44,8%) мужчин и 37 (55,2%) женщин в возрасте от 45 до 60 лет (средний возраст $51,8 \pm 3,1$ года).

Критерии включения в исследование:

- возраст от 40 до 60 лет и отсутствие 1–4 зубов;
- хорошая гигиена рта;
- без показаний к костной пластике;
- некурящие или курящие менее 20 сигарет в день;
- неприменение антибиотиков за 3 месяца до исследования.

Критерии исключения:

- бруксизм;
- тяжелые соматические заболевания, такие как сахарный диабет, острый коронарный инфаркт в течение последнего года, алкоголизм;
- ношение кардиостимулятора;
- нарушения свертываемости крови;
- заядлые курильщики;
- лучевая терапия головы и шеи в течение последних 6 месяцев.

Всего установлено 98 винтовых внутрикостных имплантатов системы MIS (Medical Implant System, Израиль). На верхнюю челюсть установлен 51 имплантат, на нижнюю — 47 имплантатов. Дентальную имплантацию проводили в два этапа согласно стандартному

протоколу и с учетом рекомендаций производителя. При этом также принимали во внимание пожелания пациентов.

Согласно протоколу лечения, собраны данные анамнеза, жалобы пациентов, проведен внешний осмотр лица и ротовой полости, произведены рентгенография, ортопантомография и конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ). Оценена выживаемость имплантатов по следующим критериям Бузер [14]:

- Отсутствие постоянных субъективных жалоб (боль, ощущение чужеродного тела и/или дизестезия).
- Отсутствие периимплантатной инфекции с нагноением.
- Отсутствие подвижности.
- Отсутствие зоны просветления вокруг имплантата.

Оценены механические осложнения, которые включают сломанный абатмент, ослабленный и/или сломанный винт.

В процессе исследования использован аппарат Osstell ISQ (Integration Diagnostics, Швеция). Это устройство, в котором используются датчики, подключенные к имплантату или протезные компоненты, доступно для различных систем. Преобразователи (smartpegs) печатают боковое усилие на фиксированных компонентах и затем измеряется смещение системы. Значение, полученное Osstell, автоматически переводится в коэффициент стабильности имплантата (Implant stability quotient, ISQ) в диапазоне от 1 до 100, где 100 — самая высокая стабильность, а также позволяет оценивать стабильность во времени и определять состояние кости вокруг имплантата.

Концентрацию ЩФ и остеокальцина измеряли в ротовой жидкости (РЖ), собранной утром натощак. Активность ЩФ измеряли с помощью набора химических реагентов ЩФ—UTS по реакции гидролиза эфира фосфорной кислоты на автоматическом биохимическом анализаторе Stat Fax 4500 (Awareness Technology, США) при длине волны 405 нм, длине оптического пути 1 см и температуре 37°C. Содержание остеокальцина определяли на люминесцентном анализаторе Elecsys 2010 (Roche Diagnostics, Швейцария) методом ИФА с помощью диагностических тест-наборов Hoffman La Roche (Швейцария).

Измерения проводили сразу после установки, через 14 дней, 3 и 6 месяцев.

Статистический анализ проводили с применением *t*-критерия Стьюдента. Связь между концентрацией ЩФ, остеокальцина и значением ISQ рассчитывали с использованием коэффициента корреляции Пирсона при уровне значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В период наблюдения клинический осмотр показал, что имплантаты характеризовались стабильностью, подвижность не отмечалась, не было жалоб на боль и опухание, воспалительной реакции вокруг зубов не наблюдалось. В течение 6 месяцев уровень выживаемости

составил 100%. По данным КЛКТ не отмечалось потери костной ткани вокруг имплантатов. Также в этот период не было ни одного случая поломки или выпадения имплантата, воспаления пародонта, характеризующегося покраснением и отеком десны.

Средние значения индексов зубного налета Silness—Loe и кровоточивости Мюллемана—Коуэлла составили $0,79 \pm 0,28$ и $0,50 \pm 0,30$ балла из 3 соответственно, т.е. в пределах нормы.

Тестирование ISQ проводили в течение всего периода наблюдения (табл. 1). Видно, что через 14 дней показатель ISQ по сравнению с начальным незначительно (на 2,14%) снизился. Спустя 3 месяца ISQ увеличился по сравнению с исходным на 11,7% и по сравнению с величиной, отмеченной через 14 дней, на 12,93%. ISQ через 6 месяцев практически не изменился по отношению к значению в 3 месяца и превышал исходный показатель на 12,70%. Статистически достоверных различий ISQ за весь срок наблюдения не выявлено.

Таким образом, минимальное значение ISQ отмечалось сразу после установки имплантата, максимальное — через 3 месяца.

Существенных различий в активности ЩФ и концентрации остеокальцина в разные сроки наблюдения не выявлено (табл. 2).

Активность ЩФ в РЖ сразу после лечения и через 14 дней практически не различалась. Спустя 3 и 6 месяцев активность ЩФ в сравнении с исходным значением возросла в среднем на 2,9% соответственно. Максимальная величина остеокальцина отмечалась через 14 дней, но в дальнейшем, через 3 и 6 месяцев она незначительно снизилась. Как видно, изменения активности ЩФ и уровня остеокальцина в период наблюдения не были статистически значимыми.

В течение всего периода наблюдения отмечалась очень слабая корреляция ISQ с активностью ЩФ и концентрацией остеокальцина. Так, сразу после лечения коэффициент корреляции между ними составил $+0,375$,

Таблица 1. Средние значения ISQ у пациентов с дентальными имплантатами в различные сроки наблюдения

Срок	ISQ
Сразу после установки имплантата	$66,70 \pm 4,67$
Через 14 дней	$65,30 \pm 3,90$
Через 3 месяца	$75,00 \pm 5,00$
Через 6 месяцев	$74,80 \pm 4,53$

Таблица 2. Динамика концентрации ЩФ и остеокальцина у пациентов с дентальными имплантатами в период исследования

Срок	ЩФ, ед/л	Остеокальцин, нг/мл
Сразу после установки имплантата	$26,40 \pm 0,65$	$0,78 \pm 0,05$
Через 14 дней	$26,60 \pm 0,64$	$0,80 \pm 0,03$
Через 3 месяца	$27,20 \pm 0,80$	$0,77 \pm 0,05$
Через 6 месяцев	$27,00 \pm 0,74$	$0,76 \pm 0,05$

Таблица 3. Коэффициент корреляции ISQ с биомаркерами костного метаболизма

Срок	ISQ и ЩФ	ISQ и остеокальцин
Сразу после установки имплантата	-0,159*	-0,069
Через 14 дней	-0,154*	+0,035
Через 3 месяца	+0,077	+0,094
Через 6 месяцев	+0,107	+0,050

* $p=0,17$.

через 14 дней — +0,351, через 3 и 6 месяцев — +0,304 и +0,141 соответственно ($p=0,23$; табл. 3).

Как видно из табл. 3, в основном ISQ коррелировал с ЩФ и остеокальцином прямой связью.

Таким образом, в период наблюдения уровни ЩФ и остеокальцина в РЖ у пациентов с денральными имплантатами существенно не различались и коррелировали с ISQ очень слабо.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты показали, что в течение всего периода наблюдения выживаемость имплантатов составила 100%, осложнений не отмечалось. Нужно отметить, что в области имплантологии существует большая трудность при оценке остеоинтеграции имплантатов. В настоящее время РЧА стал основным используемым методом, поскольку это простой и неинвазивный метод, позволяющий контролировать стабильность имплантата в течение всего необходимого периода. Резонансный частотный анализ позволяет определить жесткость и прогиб имплантата костей и проводится с помощью аппарата Osstell, который можно использовать во время установки имплантата, периода заживления и при функционировании протеза. Несколько клинических исследований продемонстрировали надежность этого метода для определения момента начала нагрузки на имплантат [14–16]. Значение ISQ равный 70 считается порогом для начала лечения.

Величины резонансных частот находятся в интервале 3500–8500 Гц. Высокое значение указывает на большую стабильность, в то время как низкое значение относится к нестабильности. Согласно полученным результатам, ISQ в среднем находился в диапазоне от 66,7 до 74,8 в период от начала лечения до 6 месяцев, т.е. установленные имплантаты можно считать успешно интегрированными, поскольку ISQ был более 65. По данным Ю.Е. Широкова и соавт., имплантаты с $ISQ > 65$ поддерживают высокий уровень стабильности и с течением времени могут незначительно снизиться

[17]. Результаты настоящего исследования сопоставимы с данными L.V. Bogaerde и соавт., которые отмечали высокую среднюю первичную стабильность — 68,1 и 73,4 [18]. Наши результаты также согласуются с данными Р. Ма и Н. Wu [19].

Имплантат и кость действуют как единое целое после успешной остеоинтеграции, так что изменение жесткости считается изменением остеоинтеграции денального имплантата. В литературе представлены данные о корреляции ISQ с площадью контакта имплантата с костью [20, 21]. Благодаря этому свойству, значение ISQ использовалось для измерения *in vivo* временных изменений в стабильности имплантата, которые сопровождают изменения в структуре кости вокруг имплантата и обеспечивают диагностику ослабления имплантата [22].

Анализ корреляции ISQ с уровнем ЩФ и остеокальцина выявил слабую связь в течение всего периода исследования. О слабой связи между данными показателями также сообщают С. Tirachaimongkol и соавт. [23]. В период от начала лечения до 3 месяцев отмечалась слабая прямая корреляция между ЩФ и остеокальцином. Остеокальцин, или костный гамма-карбоксиглутаматный белок, является неколлагеновым белком в костном матриксе. Это небольшой (6000 Да) полипептид. М. Monjo и соавт. изучили 372 имплантата в эксперименте и предположили, что остеокальцин является лучшим биологическим маркером остеоинтеграции имплантатов после 4-недельного периода заживления [24]. Мы наблюдали лишь незначительное увеличение уровня остеокальцина через 14 дней по сравнению с началом лечения. По изменению концентрации остеокальцина в динамике можно полагать, что у обследованных нами пациентов снижения минерализации не происходило. В то же время отмечалось повышение ЩФ, что указывало на адекватную репарацию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значения ISQ показали высокую стабильность имплантатов, используемых в течение периода заживления. Успешную интеграцию имплантатов подтверждали изменения концентраций ЩФ и остеокальцина в РЖ. Положительная динамика этих показателей свидетельствовала об отсутствии снижения минерализации и позитивной репарации. В течение периода заживления значения ISQ слабо коррелировали с ЩФ и остеокальцином. С клинической точки зрения настоящее исследование подтверждает значимость мониторинга значений ISQ и маркеров костного метаболизма при проведении денальной имплантации.

Л И Т Е Р А Т У Р А /
R E F E R E N C E S :

1. Кулаков А.А., Каспаров А.С., Порфенчук Д.А. Факторы, влияющие на остеоинтеграцию и применение ранней функциональной нагрузки для сокращения сроков лечения при дентальной имплантации. — *Стоматология*. — 2019; 4: 107—15
[Kulakov A.A., Kasparov A.S., Porfenchuk D.A. Factors affecting osseointegration and the application of early functional load to reduce treatment time for dental implantation. — *Stomatologiya*. — 2019; 4: 107—115 (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 39548529
2. Лукьяненко А.А., Казанцева И.А. Опыт применения резонансно-частотного метода для оценки стабильности и остеоинтеграции дентальных имплантатов. — *Современные проблемы науки и образования*. — 2014; 4: 291
[Lukyanenko A.A., Kazantseva I.A. Experience in application of resonance frequency analysis for estimation of implant stability and osseointegration. — *Modern Problems of Science and Education*. — 2014; 4:291 (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 22285618
3. Traini T., Assenza B., Roman F.S., Thams U., Caputi S., Piattelli A. Bone microvascular pattern around loaded dental implants in a canine model. — *Clin Oral Investig.* — 2006; 10 (2): 151—6. PMID: 16607541
4. Dos Santos M.V., Elias C.N., Lima J.H.C. The effects of superficial roughness and design on the primary stability of dental implants. — *Clin Implant Dent Relat Res*. — 2011; 13 (3): 215—23. PMID: 19744197
5. Krafft T., Graef F., Karl M. Osstell resonance frequency measurement values as a prognostic factor in implant dentistry. — *J Oral Implantol*. — 2015; 41 (4): e133—7. PMID: 24766132
6. Friberg B., Jemt T., Lekholm U. Early failures in 4,641 consecutively placed brånemark dental implants: A study from stage 1 surgery to the connection of completed prostheses. — *Int J Oral Maxillofac Implants*. — 1991; 6 (2): 142—6. PMID: 1809668
7. Кулаков А.А., Брайловская Т.В., Осман Б.М., Бедретдинов Р.М., Джакония В.Д. Результаты частотно-резонансного анализа при дентальной имплантации после выполнения костно-пластических операций в условиях атрофии костной ткани челюстей. — *Стоматология*. — 2014; 4: 30—2
[Kulakov A.A., Braïlovskaja T.V., Osman B.M., Bedretdinov R.M., Dzhakoniia V.D. The results of resonance frequency analysis by dental implantation after bone augmentation for alveolar bone atrophy. — *Stomatologiya*. — 2014; 4: 30—2 (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 22414596
8. Konstantinović V.S., Ivanjac F., Lazić V., Djordjević I. Assessment of implant stability by resonant frequency analysis. — *Vojnosanit Pregl*. — 2015; 72 (2): 169—74. PMID: 25831910
9. Hegab A.F. Dental implant stability. — *Journal of Dental Health, Oral Disorders & Therapy*. — 2016; 4 (3): 00108. DOI: 10.15406/jdhodt.2016.04.00108
10. Желнин Е.В. Динамика активности кислой и щелочной фосфатаз в ротовой жидкости при амбулаторных хирургических вмешательствах по поводу одонтогенных воспалительных заболеваниях челюсти и затрудненном прорезывании зубов мудрости. — *Успехи современного естествознания*. — 2015; 1-4: 561—4
[Gelnin E.V. Dynamics of acid and alkaline phosphatases in the oral fluid at outpatient surgery of odontogenic inflammatory jaw diseases and shortness of teething wisdom. — *Advances in current natural sciences*. — 2015; 1-4: 561—4 (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 24398391
11. Tonelli P., Duvina M., Barbato L., Biondi E., Nuti N., Brancato L., Rose G.D. Bone regeneration in dentistry. — *Clin Cases Miner Bone Metab*. — 2011; 8 (3): 24—8. PMID: 22461825
12. Nassrawin N.A. Detection of osteocalcin in gingival crevicular fluid in a group of orthodontic patients. — *J Int Soc Prev Community Dent*. — 2018; 8 (2): 168—73. PMID: 29780743
13. Buser D., Mericske-Stern R., Bernard J.P., Behneke A., Behneke N., Hirt H.P., Belser U.C., Lang N.P. Long-term evaluation of non-submerged ITI Implants. Part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 Implants. — *Clin Oral Implants Res*. — 1997; 8 (3): 161—72. PMID: 9586460
14. Simunek A., Kopecka D., Brazda T., Strnad I., Capek L., Slezak R. Development of implant stability during early healing of immediately loaded implants. — *Int J Oral Maxillofac Implants*. — 2012; 27 (3): 619—27. PMID: 22616056
15. Lages F.S., Douglas-de-Oliveira D.W., Ibelli G.S., Assaf F., Queiroz T.P., Costa F.O. Relationship between implant stability on the abutment and platform level by means of resonance frequency analysis: A cross-sectional study. — *PLoS One*. — 2017; 12 (7): e0181873. PMID: 28742164
16. Guler A.U., Sumer M., Duran I., Sandikci E.O., Telcioglu N.T. Resonance frequency analysis of 208 Straumann dental implants during the healing period. — *J Oral Implantol*. — 2013; 39 (2): 161—7. PMID: 22103915
17. Широков Ю.Е., Широков Ю.Ю., Широков И.Ю. Необходимость измерения стабильности и остеоинтеграции дентальных имплантатов на нижней челюсти методом частотно-резонансного анализа при немедленной нагрузке несъемными зубными протезами. — *Российская стоматология*. — 2016; 2: 72—3
[Shirokov Ju.E., Shirokov Ju.Ju., Shirokov I.Ju. The need to measure the stability and osseointegration of dental implants in the lower jaw by the method of frequency resonance analysis with immediate load of fixed dentures. — *Russian Stomatology*. — 2016; 9 (2): 72—3 (In Russ.)]. eLIBRARY ID: 26287606
18. Bogaerde L.V., Pedretti G., Sennerby L., Meredith N. Immediate/early function of Neoss implants placed in maxillas and posterior mandibles: An 18-month prospective case series study. — *Clin Implant Dent Relat Res*. — 2010; 12 Suppl 1: e83—94. PMID: 19076176
19. Ma P., Wu H. Correlation analysis between bone metabolism factors and the stability of dental implant in the postoperative recovery of dental implanted patients. — *Int J Clin Exp Med*. — 2018; 11(4): 3924—31. <http://www.ijcem.com/files/ijcem0064189.pdf>
20. Park I.-P., Kim S.-K., Lee S.-J., Lee J.-H. The Relationship between initial implant stability quotient values and bone-to-implant contact ratio in the rabbit tibia. — *J Adv Prosthodont*. — 2011; 3 (2): 76—80. PMID: 21814615
21. Nakashima D., Ishii K., Matsumoto M., Nakamura M., Nagura T. A Study on the use of the Osstell apparatus to evaluate pedicle screw stability: An in-vitro study using micro-CT. — *PLoS One*. — 2018; 13 (6): e0199362. PMID: 29953480
22. Pagliani L., Sennerby L., Petersson A., Verrocchi D., Volpe S., Andersson P. The relationship between resonance frequency analysis (RFA) and lateral displacement of dental implants: An in vitro study. — *J Oral Rehabil*. — 2013; 40 (3): 221—7. PMID: 23278128
23. Tirachaimongkol C., Pothacharoen P., Reichart P.A., Khongkhunthian P. Relation between the stability of dental implants and two biological markers during the healing period: A prospective clinical study. — *Int J Implant Dent*. — 2016; 2 (1): 27. PMID: 27933572
24. Monjo M., Ramis J.M., Rønold H.J., Taxt-Lamolle S.F., Ellingsen J.E., Lyngstadaas S.P. Correlation between molecular signals and bone bonding to titanium implants. — *Clin Oral Implants Res*. — 2013; 24 (9): 1035—43. PMID: 22587025