

ПОДВИЖНОСТЬ И КРИТЕРИИ ГОТОВНОСТИ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ К ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ НАГРУЗКАМ

Ерошин В.А.¹, Джалалова М.В.¹, Арутюнов С.Д.², Степанов А.Г.², Багдасарян Г.Г.²,
Антоник М.М.², Грачев Д.И.²

¹Научно-исследовательский институт механики МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: margarita-vd@mail.ru;

²Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова, Москва e-mail: stepanovmd@list.ru

В работе исследовано влияние размеров дентальных имплантатов (ДИ), а также площади их контакта с костной тканью на величины коэффициента продольной стабильности. В экспериментах использовались классические винтовые дентальные имплантаты фирмы Conmet (Россия) и мини-имплантаты фирмы 3M ESPE (США). В качестве аналога костной ткани использовался твердый пенопласт, аналога слизистой (покрытия) – свиная кожа толщиной 1-2 мм. Экспериментальные исследования показали, что существенное влияние размеров ДИ на коэффициенты стабильности проявляется при малых значениях площади контакта S с костной тканью, т.е. для мини-имплантатов. С другой стороны, чрезмерное увеличение размеров ДИ также ведет к уменьшению прочности крепления, т.е. для каждого клинического случая существует свой оптимальный размер ДИ, при котором значение коэффициента стабильности будет иметь наибольшее значение. Измерение прочности крепления ДИ в аналогах костной ткани осуществлялось с помощью прибора Osstell ISQ и методики измерения коэффициентов продольной стабильности, эффективность которой при оценке готовности ДИ к функциональным нагрузкам оказалась заметно выше традиционной. Жесткость крепления ДИ определялась на установке по измерению продольной жесткости в Институте механики МГУ. Введение этой методики позволило установить связь между коэффициентами продольной стабильности и продольной жесткости и дать оценку несущей способности ДИ. Главным преимуществом этой методики является возможность использования специальных магнитных заглушек, позволяющих проводить неинвазивный мониторинг стабильности классических ДИ через слизистую, т.е. не вскрывая хирургическим путем слизистый лоскут. Эта методика может быть особенно полезной при оценке результатов различных курсов интенсивной терапии, когда ожидаются быстрые изменения прочности крепления дентальных имплантатов.

Ключевые слова: дентальный имплантат, дентальный мини-имплантат, коэффициент стабильности имплантата, прибор Osstell ISQ.

MOBILITY AND CRITERIA OF READINESS OF DENTAL IMPLANTS TO FUNCTIONAL LOADS

Eroshin V.A.¹, Dzhahalalova M.V.¹, Arutyunov S.D.², Stepanov A.G.², Bagdasaryan G.G.²,
Antonik M.M.², Grachev D.I.²

¹Institute of Mechanics of Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail: margarita-vd@mail.ru;

²Moscow Evdokimov State Medical Stomatologic University, Moscow, e-mail: stepanovmd@list.ru

The influence of the sizes of dental implants (DI), as well as their contact area with bone tissue, on the values of the longitudinal stability coefficient, was investigated. We used classic screw dental implants from Conmet (Russia) and mini implants from 3M ESPE (USA) in the experiments. Solid styrofoam was used as an analogue of bone tissue, pork skin 1-2 mm thick - analogous to the mucosa (coating). Experimental studies have shown that a significant influence of the dimensions of DI on the stability coefficients is manifested at small values of the contact area S with bone tissue, i.e. for mini implants. On the other hand, an excessive increase in the dimensions of the DI also leads to a decrease in the strength of the fastening, i.e. there is an optimal CI size for each clinical case at which the value of the stability factor will have the greatest value. Measurement of the strength of MDI in bone tissue analogues was carried out with the Osstell ISQ instrument and the method of measuring longitudinal stability coefficients, the effectiveness of which was significantly higher than the traditional when assessing the readiness of DI for functional loads. The stiffness of DI fixing was determined by the installation for measuring the longitudinal stiffness at the Institute of Mechanics of the Moscow State University. The introduction of this technique has made it possible to establish a relationship between the coefficients of longitudinal stability and longitudinal stiffness and to give an estimate of the bearing capacity of DI. The main advantage of this technique is the possibility of using special magnetic cap allowing non-invasive monitoring of the stability of classical CIs through mucous membranes, i.e. do not open the surgical mucosa. This technique can be particularly useful in

Методика протезирования с использованием дентальных имплантатов (ДИ) получила широкое признание во всем мире, в том числе и в России. Особенно быстрыми темпами в последнее время происходит внедрение мини-имплантатов. Популярность и широкое использование ДИ в восстановительных операциях выдвигают высокие требования к их эффективности. В связи с этим весьма актуальной является **цель исследования** – оценка готовности дентальных имплантатов к функциональным нагрузкам.

Имеется множество публикаций, в которых обсуждаются критерии готовности. Но при этом большинство авторов, говоря о значениях коэффициентов стабильности, при которых, по их мнению, ДИ готовы к функциональным нагрузкам, либо ничего не говорят об их размерах, либо отмечают, что нет достаточных оснований утверждать, что влияние размеров ДИ существенно [1]. Действительно, в условиях клиники обнаружить эту зависимость довольно трудно. При значениях коэффициентов стабильности $55 < KСИ < 75$ она слабо выражена, а при $KСИ < 50$ в основном обсуждается вопрос о том, не следует ли их удалить. Кроме того, обнаружение зависимости $KСИ$ от размеров ДИ затруднительно из-за разброса результатов измерений и различия в условиях крепления ДИ (разные формы альвеолярного гребня, типы костной ткани и толщина кортикального слоя). Однако при проведении измерений коэффициентов стабильности имплантатов, закрепленных в аналогах костной ткани, увеличение $KСИ$ с ростом площади S их контакта с материалом среды становится очевидной. Особенно сильно влияние размеров ДИ на коэффициенты стабильности проявляется при малых значениях площади S контакта с костной тканью, т.е. для мини-имплантатов [2-4].

С другой стороны, чрезмерное увеличение размеров ДИ (при ограниченном размере альвеолярного гребня) также ведет к уменьшению прочности крепления (и коэффициентов стабильности), т.е. для каждого клинического случая существует свой оптимальный размер ДИ, при котором $KСИ$ будет иметь наибольшее значение. Здесь необходимо отметить, что для обеспечения достаточно надежной опоры протеза вместо одного большого ДИ можно установить два (или больше) мини-имплантатов при условии, что их суммарные несущие способности эквивалентны [5-8].

Материалы и методы исследования. При проведении исследований использовались классические винтовые дентальные имплантаты фирмы Conmet (Россия) и мини-имплантаты фирмы 3М ESPE (США), представленные на рисунке 1, закрепленные в аналогах костной ткани из боксита, полиуретана, твердого пенопласта, липы и сосны. Сведения о размерах

имплантатов и их массе приведены в таблице, где l – длина ДИ (в скобках – длина резьбовой части), d – диаметр, m – масса. Масса магнитных штифтов (Smartpeg), которые использовались в экспериментах, составляла 0,25 г.

Размеры и масса имплантатов

№	l , мм	d , мм	m , г
1	11 (8)	3,3	0,25
2	13 (10)	4	0,44
3	15 (12)	3,5	0,40
4	15 (12)	4	0,52
5	19 (16)	4	0,67
6	14,0 (9)	1,7	0,120
7	14,3 (9)	2,3	0,130
8	14,6 (10)	2,4	0,150
9	21 (15)	2,4	0,255
10	21 (15)	2,4	0,255

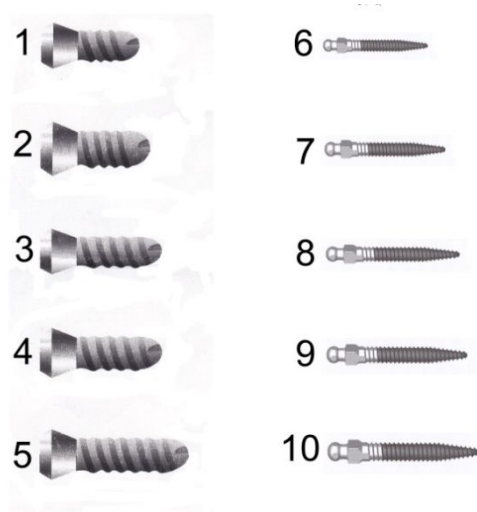


Рис. 1. Форма имплантатов фирмы Conmet (Россия) (1-5) и мини-имплантатов фирмы 3M ESPE (США) (6-10)

При измерении прочности крепления ДИ в костной ткани (или её аналогах) использовались приборы Osstell ISQ и методика измерения коэффициентов продольной стабильности ($KСИ_b$) [9], эффективность которой при оценке готовности ДИ к функциональным нагрузкам оказалась заметно выше, чем традиционная. Жесткость крепления ДИ определялась на установке по измерению продольной жесткости в Институте

механики МГУ.

Введение этой методики позволило установить связь между коэффициентами продольной стабильности и продольной жесткости и дать оценку несущей способности ДИ. Более того, оказалось, что отношение коэффициентов продольной (вдоль оси симметрии ДИ) и поперечной (вдоль зубного ряда) стабильности близко к единице, т.е. рекомендации о значениях КСИ, при которых ДИ готовы к функциональным нагрузкам, остаются прежними. Но, по-видимому, главным преимуществом этой методики является возможность использования магнитных заглушек, позволяющих проводить неинвазивный мониторинг стабильности классических ДИ через слизистую, т.е. не вскрывая хирургическим путем слизистый лоскут. На рисунке 2 приведена схема измерения $КСИ_b$ с помощью магнитной заглушки (справа дана схема измерения $КСИ_b$ с помощью стандартного измерительного штифта Smartpeg).

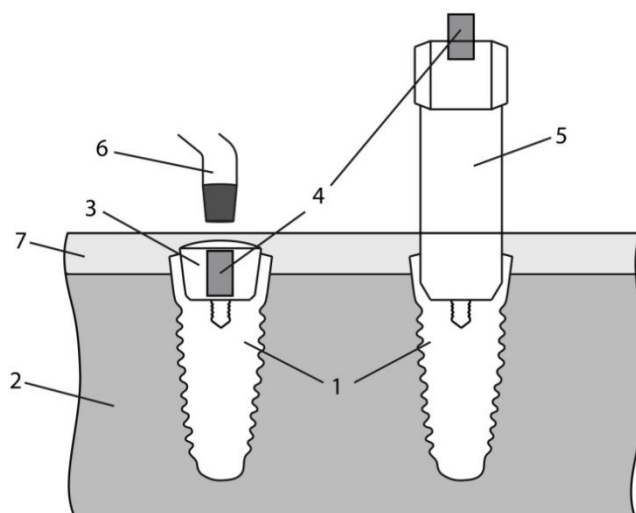


Рис. 2. Схема измерения $КСИ_b$ с помощью магнитной заглушки:

1 – дентальные имплантаты, 2 – костная ткань, 3 – магнитная заглушка, 4 – магнит, 5 – штифт SmartPeg, 6 – измерительный зонд Osstel ISQ, 7 – слизистая оболочка

Результаты исследования и их обсуждение. На рисунке 3 приведены опытные данные, подтверждающие возможность регистрации коэффициентов продольной стабильности через слизистую. В качестве аналога костной ткани использовался твердый пенопласт, аналога слизистой (покрытия) – свиная кожа толщиной 1-2 мм. Эти экспериментальные точки обозначены кружочками. Другая часть опытных данных, изображенная на графике треугольниками, соответствует измерениям без покрытия. Штриховой линией приведена соответствующая зависимость для классического ДИ № 4 (рис. 1) с магнитной заглушкой, закрепленного в вязко-упругой среде, полученная при

использовании теоретической модели. Таким образом, наличие магнитной заглушки позволяет проводить мониторинг стабильности имплантата, не оказывая влияния на процесс остеоинтеграции. Эта методика может быть особенно полезной при оценке результатов различных курсов интенсивной терапии, когда ожидаются быстрые изменения прочности крепления дентальных имплантатов и при определении сроков готовности имплантатов к функциональной нагрузке.

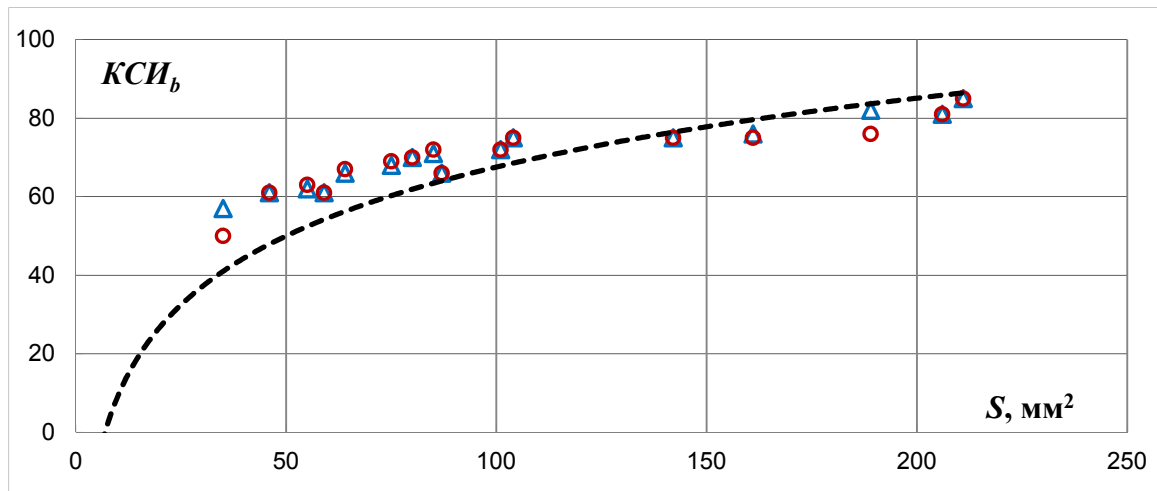


Рис. 3. Зависимость коэффициента продольной стабильности от площади контакта ДИ с аналогом костной ткани из твердого пенопласта (Δ – без покрытия, $\circ$ – с покрытием)

Покрyтия из других немагнитных материалов (оргстекло, полиэтилен, линолеум и др.) также не влияют на показания прибора Osstell ISQ. Отметим, что методика измерения коэффициентов продольной стабильности может также использоваться при мониторинге стабильности мини-имплантатов. В этом случае на сферической головке MDI с помощью временного цемента крепится специально разработанный магнитный колпачок с таким же, как и у Smartpeg, магнитом (рис. 4).

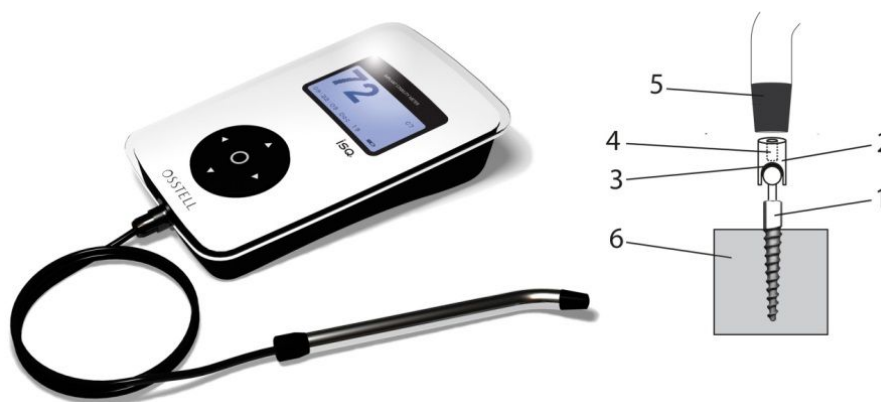


Рис. 4. Схема измерения коэффициентов продольной стабильности MDI с помощью прибора Osstell ISQ: 1 – мини-имплантат, 2 – измерительный колпачок, 3 – слой временного цемента, 4 – магнитный элемент измерительного колпачка, 5 – зонд прибора Osstell ISQ,

Критерии готовности дентальных имплантатов к функциональным нагрузкам

Вопрос о критериях готовности ДИ к функциональным нагрузкам до сих пор не имеет однозначного решения. Значительная часть стоматологов использует для этого прибор Periotest М (Германия). Многие врачи больше доверяют значениям торсионных нагрузок, измеряемых при установке имплантатов. Однако в последнее время наиболее популярным среди стоматологов, по-видимому, становится резонансно-частотный анализ [10-12], поэтому обсудим эту проблему с точки зрения пользователей прибора Osstell ISQ.

Но прежде чем переходить к рекомендациям значений $KСИ_b$, при которых ДИ должны быть готовы к функциональным нагрузкам, необходимо отметить, что коэффициенты стабильности как чисто механические характеристики (как и коэффициенты жесткости) дают представление только о прочности соединения ДИ с костной тканью в данный момент времени. Они не могут охарактеризовать степень остеоинтеграции. По-видимому, здесь уместно вспомнить, что многие авторы отмечали «временный характер высокой первичной стабильности от сдавленности костной ткани конусными имплантатами и узкими сверлами – она уменьшалась из-за механического расслабления трабекул кости». Из этого следует, что сами по себе мгновенные значения коэффициентов стабильности и коэффициентов жесткости не могут дать положительный ответ на вопрос о готовности классических ДИ к функциональным нагрузкам. Однако их изменение во времени (полученное при проведении мониторинга $KСИ$) дает общее представление о процессах интеграции и дезинтеграции (как, например, изменение температуры больного говорит о ходе болезни). Все это приводит нас к необходимости более внимательного отношения к используемым в настоящее время критериям готовности ДИ к функциональным нагрузкам.

Итак, большинство авторов считает, что при значении коэффициента стабильности $KСИ \geq 65$ имплантат готов к функциональным нагрузкам. С этим утверждением можно согласиться, если после установки имплантата мониторинг показывает рост или по крайней мере неубывание $KСИ$ (за исключением первых трех недель, когда его значение может сначала убывать, а затем расти до первоначального уровня). Таким образом, можно утверждать, что

- единичное измерение $KСИ$ (в том числе высокая первичная стабильность) не является достаточным условием готовности ДИ к функциональным нагрузкам;
- только мониторинг уровня стабильности имплантатов является научно обоснованным критерием их готовности к функциональным нагрузкам и основанием для

коррекции уровня жевательных нагрузок.

Наряду с этим отметим, что в отдельных случаях непосредственная и ранняя нагрузка ДИ при достаточной первичной стабильности и последующем ее мониторинге не противопоказана.

Теперь вернемся к вопросу о критериях готовности MDI к функциональным нагрузкам. В настоящее время нет статистических данных о мониторинге коэффициентов стабильности мини-имплантатов. Имеются лишь единичные случаи измерения коэффициентов продольной стабильности, которые показывают, что для MDI № 7-11 (рис. 1) значения KCI_b находятся в пределах $25 < KCI_b < 55$. Тем не менее нет оснований сомневаться, что независимо от размеров условием готовности MDI (как и классических ДИ) к функциональным нагрузкам является устойчивый (во времени) уровень коэффициентов стабильности, который должен наблюдаться при их мониторинге. При этом величина KCI , зависящая от размеров MDI, типа костной ткани, формы и размеров альвеолярной дуги, не имеет решающего значения. Пользуясь принципом эквивалентности ДИ, можно подобрать систему MDI с необходимым суммарным коэффициентом стабильности, которая обеспечит ей достаточную несущую способность.

Выводы. Высокая первичная стабильность не является достаточным условием готовности имплантатов к функциональным нагрузкам. Величина KCI , при которой имплантат готов к функциональным нагрузкам, зависит от его размеров, толщины кортикальной пластины, формы и плотности альвеолярного гребня. И только мониторинг стабильности, при котором KCI находится на некотором «постоянном» уровне, можно рассматривать как «критерий готовности» дентальных имплантатов к функциональным нагрузкам. Для уточнения этого вопроса необходимо проведение систематических клинических исследований.

Список литературы

1. Олесова В.Н., Арутюнов С.Д., Маркин В.А. и др. Частотно-резонансный анализ стабильности дентальных имплантатов // Стоматология. – 2006. – № 2. – С. 73-76.
2. Ерошин В.А., Джалалова М.В., Бойко А.В. и др. Коэффициенты продольной стабильности дентальных имплантатов // Российский журнал биомеханики. – 2016. – Т. 20, № 3. – С. 236-248.
3. Flanagan D., Mascolo A. The mini dental implant in fixed and removable prosthetics: a review // J. Oral. Implantol. – 2010. – Vol. 37. – P. 123-132.
4. Gleiznys A., Skirbutis G., Harb A. et al. New approach towards mini dental implants and

small-diameter implants: an option for long-term prostheses // *Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal*. – 2012. – Vol. 14. – P. 39-45.

5. Tomasi C., Idmyr B.-O., Wennstrom J.L. Patient satisfaction with mini-implant stabilised full dentures. A 1-year prospective study // *Journal of Oral Rehabilitation*. – 2013. – Vol. 40. - P. 526-534.

6. Арутюнов С.Д., Ерошин В.А., Степанов А.Г. и др. Новые тенденции использования дентальных мини-имплантатов // *Российский вестник дентальной имплантологии*. – 2013. – № 2 (28). – С. 14-20.

7. Alsaadi G., Quirynen M., Michiels K. et al. A biomechanical assessment of the relation between the oral implant stability at insertion and subjective bone quality assessment // *J. Clin. Periodontol*. – 2007. – Vol. 34. – P. 359-366.

8. Balaji A., Mohamed J.B., Kathiresan R. A pilot study of mini implants as a treatment option for prosthetic rehabilitation of ridges with sub-optimal bone // *J. Maxillofac. Oral. Surg*. – 2010. – Vol. 9. – P. 334-338.

9. Ерошин В.А., Джалалова М.В., Арутюнов С.Д. и др. Подвижность и несущая способность дентальных имплантатов: монография. – М.: Издательский дом «Практическая медицина», 2017. – 128 с.

10. Дробышев А.Ю., Дронов М.В. Оценка стабильности и остеоинтеграции дентальных имплантатов с применением резонансно-частотного метода // *Институт стоматологии*. – 2007. – № 1. – С. 128-129.

11. Meredith N., Shagaldi F., Sennerby L., Cawley P. The application of resonance frequency measurements to study the stability of titanium implants during healing in the rabbit tibia // *Clinical oral implants research*. – 1997. – Vol. 8, № 3. – P. 234-243.

12. Nienkemper M., Wilmes B., Panayotidis A. et al. Measurement of mini-implant stability using resonance frequency analysis // *Angle Orthod*. – 2013. – Vol. 83. – P. 230-238.