

УДК 612.311: 6 16.314-089.843

## ИМПЛАНТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖЕВАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЗАЗОРА МЕЖДУ ИМПЛАНТАТОМ И АБАТМЕНТОМ

Кирсанова В. В.<sup>1</sup>, Фурцев Т. В.<sup>1</sup>, Лукин Р. С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет  
им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, кафедра  
ортопедической стоматологии; <sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный  
университет», кафедра конструкторско-технологического обеспечения  
машиностроительных производств,  
г. Красноярск, Российская Федерация

**Введение.** Известно о влиянии на убыль костной ткани вокруг имплантата размера микрозазора, от которого напрямую зависит степень его обсеменения микроорганизмами, участвующими в развитии периимплантита. На величину же микрозазора может повлиять выбор супраструктуры. Из их большого числа имеются как оригинальные, так и неоригинальные, обладающие всеми необходимыми сертификатами. Вопрос их применения весьма актуален для современной стоматологии.

**Цель** работы — сравнить размеры микрозазора в соединении имплантатов с оригинальным и неоригинальным абатментом при действии жевательной нагрузки.

**Объекты и методы.** В эксперименте участвовали дентальные имплантаты и стандартные абатменты BioHorizons Tapered Internal, Straumann BL, Nobel Biocare CC, а также неоригинальные абатменты ADM Dental. Для математических моделей была задана нагрузка в 150 Н, при которой измеряли величину микрозазора. Для статистической обработки результатов использовался пакет программ DTW.

**Результаты.** Максимальный микрозазор наблюдали в системе BioHorizons с оригинальным абатментом (4,4 мкм), как и у Nobel (1,3 мкм). У Straumann максимальный микрозазор был получен с неоригинальным абатментом (0,8 мкм).

**Заключение.** В результате эксперимента выявлено, что при моделировании жевательной нагрузки величина микрозазора с оригинальным абатментом может быть, как больше, так и меньше, чем с неоригинальным. При этом более выраженное влияние оказывает не выбор супраструктуры, а особенности имплантационной системы. Таким

образом, неоригинальные абатменты также могут применяться в клинической практике.

**Ключевые слова:** микрозазор; соединение имплантат-абатмент; неоригинальный абатмент; жевательная нагрузка; имитационное моделирование.

## SIMULATION MODELING OF CHEWING LOAD FOR DETERMINATION OF THE MICROGAP BETWEEN THE IMPLANT AND ABUTMENT

Kirsanova V. V.<sup>1</sup>, Furtsev T. V.<sup>1</sup>, Lukin R. S.<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Krasnoyarsk State Medical University, named  
by prof. V. F. Voino-Yasenetsky, Department of Orthopedic Dentistry;  
<sup>2</sup>Siberian Federal University, Department of Design and Technological support  
of machine-building industries, Krasnoyarsk, Russian Federation*

**Introduction.** It is known that the size of the microgap has an effect on the loss of bone tissue around the implant. The degree of gap contamination with microorganisms involved in the development of peri-implantitis directly depends on the microgap size. It also can be affected by the choice of superstructure, among which there are both original and non-original ones, which have all the necessary certificates. The issue of their use is relevant for modern dentistry.

**The aim** is to compare the size of the microgap in the connection of implants with the original and non-original abutment under the lateral load.

**Objects and methods.** The experiment involved implants and standard abutments by BioHorizons Tapered Internal, Straumann BL, Nobel Biocare CC, and also non-original ADM Dental abutments. For mathematical models, a load of 150 N was applied, at which the microgap value was measured. The DTW application software package was used for statistical processing of the results.

**Results.** The maximum microgap was observed in the BioHorizons system with the original abutment (4.4  $\mu\text{m}$ ), the same for the Nobel (1.3  $\mu\text{m}$ ). At the Straumann, the maximum microgap was obtained with a non-original abutment (0.8  $\mu\text{m}$ ).

**Conclusion.** As a result of the experiment, it was revealed that the size of the microgap with the original abutment can be either larger or smaller than with a non-original one. In this case, it is not the choice of superstructure that

has a greater influence, but the features of the implantation system. Thus, non-original abutments can also be used in clinical practice.

**Keywords:** microgap; implant-abutment connection; non-original abutment; chewing load; simulation modeling.

**Введение.** Убыль костной ткани вокруг установленного имплантата — это проблема, вызывающая острый интерес у исследователей. Известно, что на убыль кортикальной кости могут влиять как внешние факторы (окклюзионная перегрузка, несостоявшаяся костная пластика, вредные привычки пациента), так и внутренние особенности имплантационных систем (тип соединения, ширина микрозазора, переключение платформ) [5]. При этом доказано, что величина зазора между имплантатом и абатментом напрямую влияет на степень обсеменения соединения микроорганизмами, которые также участвуют в одном из механизмов развития периимплантита [1]. Если брать во внимание клиническую значимость микрозазора, то необходимо отметить, что на его величину может повлиять выбор самой супраструктуры, ведь на сегодняшний день стоматологический рынок представлен не только оригинальными составляющими, но и неоригинальными, которые имеют все необходимые сертификаты для использования их в практике врачей-стоматологов. Поэтому вопрос их использования остается актуальным для современной стоматологии.

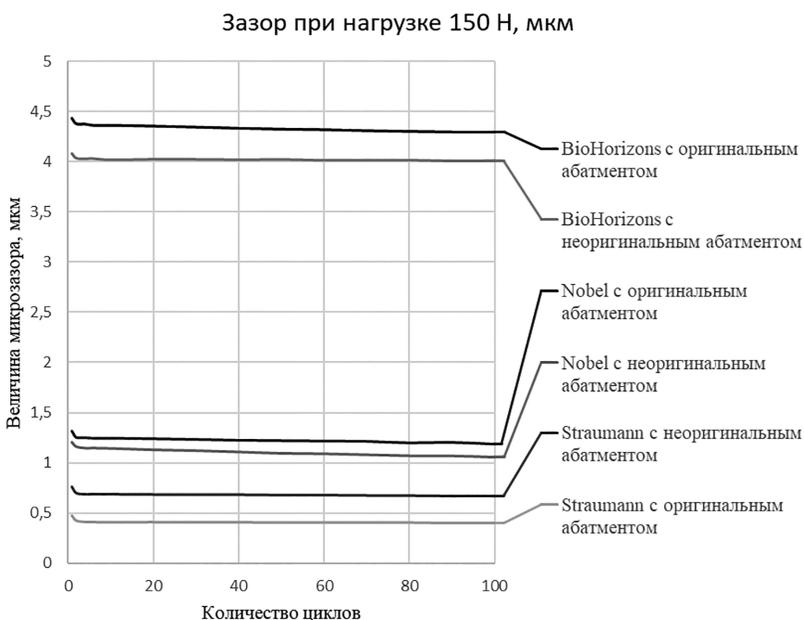
**Цель** исследования — сравнить размеры микрозазора в соединении имплантатов с оригинальным и неоригинальным абатментом при действии жевательной нагрузки.

**Объекты и методы.** В эксперименте участвовали имплантаты и стандартные абатменты имплантационных систем BioHorizons Tapered Internal, Straumann BL, Nobel Biocare CC, а также неоригинальные абатменты фирмы ADM Dental. Выбор имплантационных систем был основан на различиях в материалах, а также градусе конусности соединения.

Для вычислительного эксперимента вручную измеряли геометрию образцов, использовали известные физические величины материала образцов и костной ткани [2, 4]. Измерения проводили методом конечных элементов в трехмерной постановке (модуль Mechanical, программа ANSYS Workbench). Усилие затяжки винта соответствовало рекомендациями производителя: 35 Н·см для Straumann и Nobel, 30 Н·см для BioHorizons. Для математических моделей была задана нагрузка в 150 Н, это минимальная условная величина нагрузки, которую испытывают зубы во время жевания [2, 3]. Нагрузка была приложена на

высоте 11 мм от точки опоры (то есть кортикальной кости) имплантата под углом  $30^\circ$  к его оси в соответствии с рекомендациями для испытания усталостной прочности имплантатов по ISO 14801 [3]. В ходе эксперимента запускали 100 циклов нагрузки с нуля.

Для статистической обработки использовался пакет прикладных программ DTW (Dynamic Time Waring). Уровень значимости  $p$  рассчитывали перестановочным тестом, где  $p$  — это доля перестановок, при которых расстояние между выборками больше или равно наблюдаемому расстоянию. Критический уровень принимали равным 0,05.



**Рисунок 1 — Величина зазора между имплантатом и абатментом при нагрузке 150 Н.**

**Результаты.** По завершении вычислительного эксперимента были получены данные, представленные на рисунке 1.

Максимальный микрозазор наблюдали в системе BioHorizons с оригинальным абатментом — 4,4 мкм. У Nobel наибольший ми-

крозазор также имел место с оригинальным абатментом — 1,3 мкм. У Straumann максимальный микроззор был получен с неоригинальным абатментом — 0,8 мкм.

Средняя ширина микроззора между абатментом и имплантатом при латеральной нагрузке в 150 Н была следующей.

Straumann + оригинальный абатмент —  $0,41 \pm 0,02$ .

Straumann + неоригинальный абатмент —  $0,68 \pm 0,02$ .

Nobel + оригинальный абатмент —  $1,23 \pm 0,03$ .

Nobel + неоригинальный абатмент —  $1,12 \pm 0,04$ .

BioHorizons + оригинальный абатмент —  $4,35 \pm 0,04$ .

BioHorizons + неоригинальный абатмент —  $4,02 \pm 0,02$ .

Статистически значимые различия обнаружены во всех системах ( $p < 0,05$ ), DTW-расстояние для Nobel равно 0,33 ( $p = 0,013$ ); для BioHorizons — 1,2 ( $p < 0,001$ ); для Straumann — 1,0 ( $p < 0,001$ ).

Исходя из полученных результатов, можно заключить, что: только у Straumann образцы с оригинальным абатментом показывают меньшие величины микроззора по сравнению с неоригинальным; в остальных системах проявляется закономерность меньшего микроззора в соединении с неоригинальной супраструктурой, при этом разница с показателями оригинального абатмента может достигать десятых микрометра; большее влияние на ширину зазора оказывает не выбор в пользу оригинального или неоригинального абатмента, а особенности самой имплантационной системы, так как полученные данные для одной системы всегда находятся рядом и никогда не пересекаются с показателями других имплантационных систем.

Факторы, влияющие на величину микроззора при использовании оригинальной и неоригинальной супраструктуры в рамках одной имплантационной системы, требуют дальнейшего научного исследования.

**Заключение.** В результате проведенного эксперимента было выявлено, что при конечно-элементном моделировании жевательной нагрузки величина микроззора в соединении имплантата с оригинальным абатментом, может быть, как больше, так и меньше, чем с неоригинальным абатментом, в зависимости от выбора имплантационной системы. Таким образом, неоригинальные супраструктуры, представленные на современном стоматологическом рынке, также могут быть использованы в клинической практике.

## Литература.

1. Исследование микрофлоры в области соединения дентального имплантата с абатментом / А. Т. Яковлев [и др.] // Волгоградский науч.-мед. журн. — 2015. — Т. 1, № 45. — С. 46–49.
2. Anterior teeth splinting after orthodontic treatment: 3D analysis using finite element method / A. Geramy [et al.] // J. of Dentistry (Tehran, Iran). — 2012. — Vol. 9, N 2. — P. 90–98.
3. Implant-abutment connections: influence of the design on the microgap and their fatigue and fracture behavior of dental implants / F. J. Gil [et al.] // J. of Materials Sci. Materials in Medicine. — 2014. — Vol. 25, N 7. — P. 1825–1830. doi: 10.1007/s10856-014-5211-7
4. Is titanium-zirconium alloy a better alternative to pure titanium for oral implant? Composition, mechanical properties, and microstructure analysis / A. Sharma [et al.] // The Saudi Dental J. — 2021. — Vol. 33, N 7. P. 546–553. doi: 10.1016/j.sdentj.2020.08.009
5. Peri-implantitis / F. Schwarz [et al.] // J. of Periodontology. — 2018. — Vol. 89, N 1. — P. 267–290. doi: 10.1002/JPER.16-0350