

# КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка стабильности дентальных имплантатов  
с фотоактивированной обработкой поверхности и без нее  
Jaeseo Kang, DDS



Клиническая статья

**Долгосрочная стабильность  
имплантатов посредством  
УФ-активации**

## Оценка стабильности дентального имплантата с фотоактивированной обработкой поверхности и без нее

Yu-ri Heo, DDS, MSD, Ph.D<sup>1</sup>, Jaeseok Kang, DDS, MSD, Ph.D<sup>2</sup>, Mee-Kyoung Son, DDS, MSD, Ph.D<sup>3\*</sup>

### Цель и методы

Целью настоящего исследования была оценка стабильности двух групп имплантатов, обработанных только пескоструйной обработкой и кислотным травлением, либо фотоактивацией после пескоструйной обработки и кислотного травления, с использованием резонансного частотного анализа (RFA). Мы исследовали 50 имплантатов у 25 пациентов (12 мужчин и 13 женщин). Двадцать пять имплантатов были обработаны пескоструйной обработкой и кислотным травлением, а 25 - фотоактивацией. Мы регистрировали значение коэффициента стабильности имплантата (ISQ) в день установки имплантата и последовательно каждые 2 недели в течение 16 недель для каждого имплантата. RFA использовался для прямого измерения стабильности имплантата. Мы сравнили средние значения ISQ с помощью дисперсионного исследования с повторными измерениями.

### Результаты

Средние значения ISQ на момент операции и через 16 недель у имплантатов, обработанных только пескоструйной обработкой и кислотным травлением, составили  $77,8 \pm 6,7$  и  $83,2 \pm 2,5$  соответственно, в то время как у имплантатов, обработанных дополнительной фотоактивацией, -  $78,9 \pm 5,3$  и  $84,1 \pm 3,3$  соответственно. Фотоактивированные имплантаты показали более высокие значения ISQ, чем имплантаты без фотоактивированной обработки поверхности. Тем не менее существенных различий между двумя группами имплантатов не было. Обе группы имплантатов показали высокую стабильность имплантатов в клинической практике. Фотоактивированная поверхность имплантата, по-видимому, обладает более высокой стабильностью имплантата, чем без фотоактивации, за счет увеличения гидрофильности поверхности.

# Оценка стабильности дентального имплантата с фотоактивированной обработкой поверхности и без нее

Yu-ri Heo, DDS, MSD, Ph.D<sup>1</sup>, Jaeseok Kang, DDS, MSD, Ph.D<sup>2</sup>, Mee-Kyoung Son, DDS, MSD, Ph.D<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Доцент кафедры протезирования, Школа стоматологии, Университет Chosun, Gwangju, Корея

<sup>2</sup> Доктор стоматологической клиники, отделение имплантологии, Стоматологическая больница Yedam, Mokpo, Корея

<sup>3</sup> Профессор кафедры протезирования, Школа стоматологии, Университет Chosun, Gwangju, Корея

\*Автор-корреспондент: Mee-Kyoung Son, кафедра протезирования, Школа стоматологии, Университет Chosun, 309 Pilmun-daero, Donggu, Gwangju 61452, Корея.

Тел.: +82-62-220-3820. Факс: +82-62-227-7811. Электронная почта: son0513@chosun.ac.kr

## Краткий обзор

**Цель:** Данное исследование было направлено на оценку стабильности двух групп имплантатов, обработанных либо только пескоструйной обработкой и кислотным травлением, либо фотоактивацией после пескоструйной обработки и кислотного травления, с использованием резонансного частотного анализа (RFA).

**Материалы и методы:** Мы исследовали 50 имплантатов у 25 пациентов (12 мужчин и 13 женщин). Двадцать пять имплантатов были обработаны пескоструйной обработкой и кислотным травлением, а 25 - фотоактивацией. Мы регистрировали значение коэффициента стабильности имплантата (ISQ) в день установки имплантата и последовательно каждые 2 недели в течение 16 недель для каждого имплантата. RFA использовался для прямого измерения стабильности имплантата. Мы сравнили средние значения ISQ с помощью дисперсионного теста с повторными измерениями.

**Результаты:** Средние значения ISQ на момент операции и через 16 недель у имплантатов, обработанных только пескоструйной обработкой и кислотным травлением, составили  $77,8 \pm 6,7$  и  $83,2 \pm 2,5$  соответственно, в то время как у имплантатов, обработанных дополнительной фотоактивацией, -  $78,9 \pm 5,3$  и  $84,1 \pm 3,3$  соответственно. Фотоактивированные имплантаты показали более высокие значения ISQ, чем имплантаты без фотоактивированной обработки поверхности. Однако существенных различий между двумя группами имплантатов не было.

**Заключение:** Обе группы имплантатов показали высокую стабильность имплантатов в клинической практике. Фотоактивированная поверхность имплантата, по-видимому, обладает более высокой стабильностью имплантата, чем без фотоактивации, за счет увеличения гидрофильности поверхности.

**Ключевые слова:** дентальные имплантаты, стабильность имплантата, коэффициент стабильности имплантата, остеоинтеграция, резонансный частотный анализ.

## I. Введение

Первоначальный успех дентального имплантата зависит от наличия или отсутствия остеоинтеграции. Для улучшения остеоинтеграции имплантатов было разработано и изучено несколько материалов и методов. Согласно Альбректссону и соавт., биосовместимость, конструкция имплантата, характеристики поверхности имплантата, состояние костей пациента, хирургическая процедура и контроль нагрузки являются факторами, влияющими на остеоинтеграцию имплантатов.<sup>1</sup>

### ОТКРЫТЫЙ ДОСТУП

pISSN 2765-7833

eISSN 2765-7841

Журнал имплантологии и прикладных наук 2021; 25(2): 57-63

<https://doi.org/10.32542/implantology.2021006>

**Получено:** 10 марта 2021 г.

**Пересмотрено:** 8 июня 2021 г.

**Принято:** 17 июня 2021 г.

#### ORCID

**Yu-ri Heo**

<https://orcid.org/0000-0002-1806-3822>

**Jaeseok Kang**

<https://orcid.org/0000-0003-0419-2559>

**Mee-Kyoung Son**

<https://orcid.org/0000-0001-9225-1744>

Авторское право © 2021. Кореяская академия оральной и челюстно-лицевой имплантологии



Это статья в открытом доступе, распространяемая на условиях некоммерческой лицензии

Creative Commons Attribution (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), который разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии надлежащего цитирования оригинальной работы.

Среди вышеупомянутых факторов поверхность имплантата является наиболее важным фактором, влияющим на соединение имплантата с костными тканями.<sup>2</sup> Продолжаются исследования по получению быстрого и прочного соединения между имплантатом и костью за счет увеличения площади поверхности и ускорения процесса заживления кости за счет обработки поверхности имплантата. Для обработки поверхности имплантатов используются методы механической резки. Способы нанесения покрытия включают распыление частиц титана на поверхность и нанесение гидроксиапатитового покрытия на поверхность. Недостатком способа распыления и нанесения покрытия является то, что частицы могут оторваться от поверхности имплантата. Кроме того, был разработан и использован способ увеличения площади поверхности путем распыления крупных частиц на поверхность имплантата для создания неровностей и увеличения шероховатости поверхности имплантата путем обработки кислотным травлением. Было разработано несколько методов, таких как увеличение толщины оксидной пленки с использованием метода анодного окисления. Недавно был изучен метод объединения биомолекул, таких как белки, ферменты и пептиды, которые могут индуцировать клеточно-тканевые реакции на поверхности имплантата.<sup>3</sup> Гидрофильность поверхности имплантата помогает ускорить и улучшить взаимодействие между поверхностью имплантата и живыми тканями, что благоприятно для остеоинтеграции.<sup>4</sup> Для создания гидрофильной поверхности были внедрены методы обработки имплантата щелочным раствором и облучения поверхности имплантата ультрафиолетовыми лучами.<sup>5</sup> Целью настоящего исследования было использовать резонансный частотный анализ (RFA) для сравнения поверхностей имплантатов, обработанных как пескоструйной обработкой, так и кислотным травлением, и поверхностей с супергидрофильной обработкой с использованием фотоактивации после комбинированной пескоструйной обработки и кислотного травления. Данный анализ был проведен для оценки стабильности имплантата.

## II. Материалы и методы

Мы искали пациентов по медицинским картам со следующими состояниями в данном исследовании. В это исследование были включены имплантаты взрослых старше 20 лет диаметром 4-5 мм и длиной 10-11,5 мм в области премоляров или моляров, без проведения костной трансплантации. Имплантат был соединен с формирователем десны после установки имплантата. Коэффициент стабильности имплантата (ISQ) регистрировали с помощью Osstell Mentor™ (Integration Diagnostics AB, Гетеборг, Швеция) для оценки стабильности имплантата. Значения ISQ регистрировались дважды с каждой из сторон (щечной и язычной). Это было ретроспективное исследование, в котором использовались медицинские записи пациентов.

Пятьдесят имплантатов, установленных 25 пациентам с частичной адентией в возрасте старше 20 лет (12 мужчин, 13 женщин; средний возраст: 63,9 года), были оценены и разделены на две группы в соответствии с методом обработки поверхности имплантата. Группа А включала имплантаты, поверхность которых была обработана комбинацией пескоструйной обработки и кислотного травления (гибридная пескоструйная обработка и кислотное травление [HSA]) (US II HSA, Dio, Пусан, Корея), с 15 имплантатами на верхней челюсти и 10 на нижней челюсти. Группа В включала имплантаты (US II UV+, Dio, Пусан, Корея), поверхность которых была обработана методом фотоактивации (photofunctionalized HSA) после комбинированной пескоструйной обработки и кислотного травления, с 15 имплантатами на верхней челюсти и 10 на нижней челюсти (таблица 1). Значения ISQ регистрировались с интервалом в 2 недели с момента имплантации до 16 недель. Настоящее исследование было одобрено институциональным комитетом по этике (CUDHIRB2101005). Статистическая обработка значений проводилась с использованием статистического пакета для общественных наук версии 26.0 (SPSS Inc., Чикаго, Иллинойс, США). Дисперсионный анализ с повторными измерениями использовался для анализа того, различались ли значения ISQ между двумя группами с течением времени. Статистическая значимость была установлена на уровне  $p < 0,05$ .

Таблица 1. Информация об имплантатах, включенных в исследование

	Демографические результаты		Диаметр имплантата (мм)			Длина имплантата (мм)	
	Верхняя челюсть	Нижняя челюсть	4	4,5	5	10	11,5
Группа А	15	10	2	9	14	8	17
Группа В	15	10	2	4	19	12	13

### III. Результаты

Среднее значение ISQ на момент операции в группе А ( $77,8 \pm 6,7$ ) было несколько ниже, чем в группе В ( $78,9 \pm 5,3$ ). До 10 недель обе группы демонстрировали увеличение ISQ. Через 10 недель после операции группа А показала более высокое значение ISQ, чем группа В ( $85,6 \pm 15,7$  против  $84,1 \pm 2,9$ ). После этого значения немного снизились, и через 16 недель после операции ISQ в группах А и В составил  $83,2 \pm 2,5$  и  $84,1 \pm 3,3$  соответственно, причем в последней значение было выше. Когда сравнивали верхнечелюстные и нижнечелюстные имплантаты в каждой группе, обе группы показали более высокий ISQ на нижней челюсти, чем на верхнечелюстных имплантатах. Значения ISQ через 16 недель после операции для нижнечелюстных имплантатов групп А и В составили  $84,5 \pm 1,7$  и  $86,0 \pm 1,8$  соответственно, а для верхнечелюстных имплантатов -  $82,4 \pm 2,7$  и  $82,9 \pm 3,5$  соответственно (таблица 2) (фиг. 1 и 2).

Таблица 2. Средние (SD) значения вибрации ISQ для каждой группы

	0 недель	2 недели	4 недели	6 недель	8 недель	10 недель	12 недель	14 недель	16 недель
Группа А макс.	$77.4 \pm 5.6$	$78.3 \pm 4.7$	$79.3 \pm 3.9$	$79.9 \pm 3.7$	$80.6 \pm 3.2$	$86.7 \pm 20.4$	$82.1 \pm 2.8$	$81.9 \pm 2.5$	$82.4 \pm 2.7$
Группа А мин.	$78.5 \pm 8.3$	$82.6 \pm 6.4$	$81.8 \pm 3.0$	$82.7 \pm 2.4$	$83.2 \pm 2.7$	$84.0 \pm 2.8$	$83.6 \pm 1.5$	$84.3 \pm 2.0$	$84.5 \pm 1.7$
Всего	$77.8 \pm 6.7$	$80.0 \pm 5.7$	$80.3 \pm 3.7$	$81.0 \pm 3.5$	$81.6 \pm 3.2$	$85.6 \pm 15.7$	$82.7 \pm 2.4$	$82.8 \pm 2.6$	$83.2 \pm 2.5$
Группа В макс.	$78.5 \pm 5.2$	$81.1 \pm 4.3$	$81.6 \pm 2.8$	$82.3 \pm 2.3$	$82.5 \pm 2.9$	$83.3 \pm 2.9$	$83.0 \pm 3.4$	$82.7 \pm 3.5$	$82.9 \pm 3.5$
Группа В мин.	$79.5 \pm 5.6$	$82.4 \pm 5.1$	$83.7 \pm 2.9$	$84.7 \pm 2.2$	$84.7 \pm 2.1$	$85.1 \pm 2.7$	$85.0 \pm 1.9$	$85.5 \pm 2.2$	$86.0 \pm 1.8$
Всего	$78.9 \pm 5.3$	$81.6 \pm 4.6$	$82.4 \pm 3.0$	$83.3 \pm 2.5$	$83.4 \pm 2.8$	$84.1 \pm 2.9$	$83.8 \pm 3.0$	$83.8 \pm 3.3$	$84.1 \pm 3.3$

Статистически изменение значений ISQ с течением времени было одинаковым для обеих групп, без существенных различий ( $p=0,417$ ). Кроме того, не было выявлено существенных различий в значениях ISQ между двумя группами ( $p = 0,204$ ) или в зависимости от места размещения (верхняя или нижняя челюсть) внутри каждой группы ( $p = 0,093$ ).

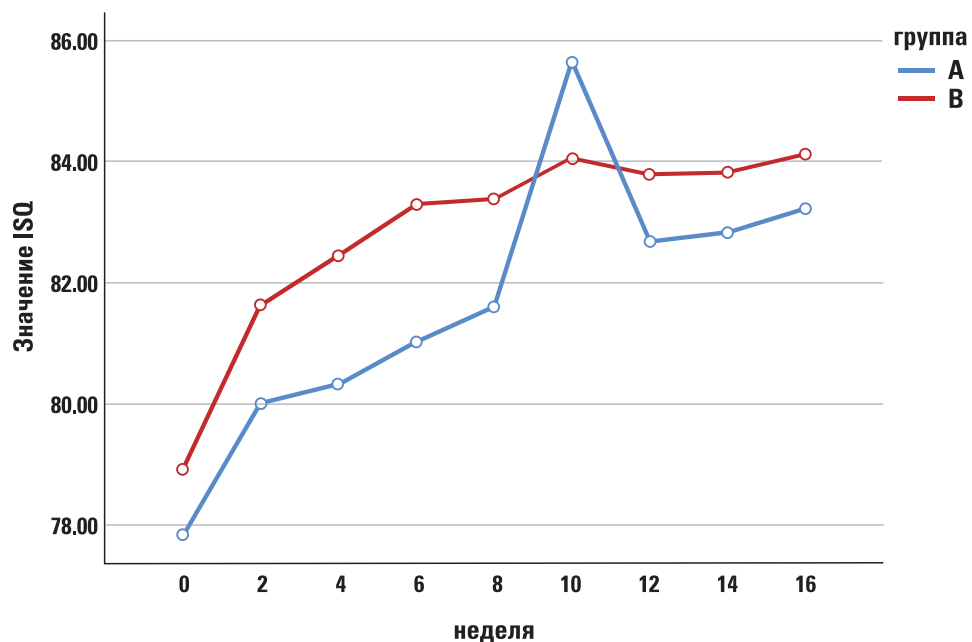


Рис. 1. Средний коэффициент стабильности имплантата (ISQ) изменяется с течением времени для каждой группы.

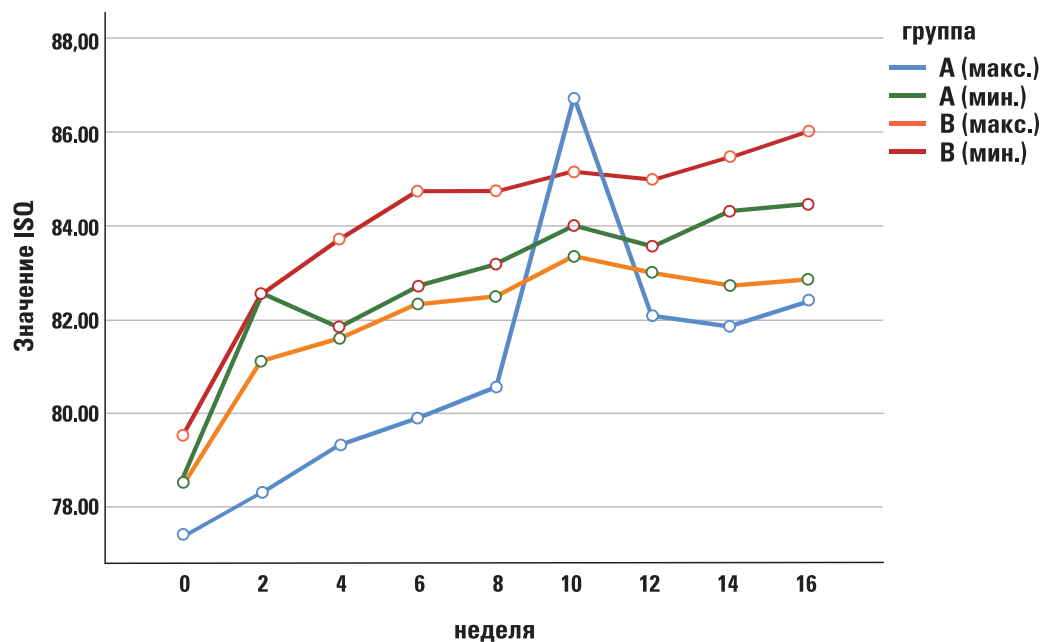


Рис. 2. Средний коэффициент стабильности имплантата (ISQ) изменяется со временем в зависимости от размещения имплантата для каждой группы.

## IV. Обсуждение

Методы, используемые для оценки остеоинтеграции между имплантатом и окружающей костью, включают перкуссию, рентгенографический анализ, измерение силы крутящего момента (torque), Periotest® и RFA. Среди них последний оценивает стабильность между имплантатом и окружающими костными тканями; увеличение значения ISQ указывает на более высокое отложение кости и ремоделирование между костью и имплантатом. Кроме того, это полезно для записи последовательных измерений для одного конкретного имплантата в течение определенного периода и анализа развивающихся тенденций.<sup>6</sup>

Средний показатель ISQ на момент операции в этом исследовании составил 77,8 в группе А, где поверхности имплантатов были обработаны комбинацией обработки распылением и кислотным травлением, и 78,9 в группе В, где поверхности имплантатов были фотоактивированы после комбинированной обработки распылением и кислотным травлением. Через 10 недель обе группы показали увеличение значений ISQ. Через 10 недель после операции группа А показала более высокое значение ISQ (85,6), чем группа В (84,1). По истечении этого периода значения в обеих группах незначительно снизились; через 16 недель после операции значения ISQ в группах А и В составили 83,2 и 84,1 соответственно, причем в последней значение было выше. В нескольких исследованиях оценивался и измерялся ISQ с использованием RFA. Bischof и соавт. сообщили, что средний ISQ сразу после операции составил 60,3,<sup>7</sup> в то время как Boronat и соавт. сообщили о значении 62,6,<sup>8</sup> тогда как в исследовании, проведенном Nap и соавт., значение ISQ увеличилось с 64 при последующей установке до 81 через 12 недель.<sup>6</sup> Многие исследователи упоминали, что значение ISQ снижается через 3 недели после размещения из-за ремоделирования кости.<sup>9,10</sup> Напротив, Branemark и соавт. сообщали, что стабильность снизилась с 2 до 4 недель.<sup>11</sup> В этом исследовании увеличение значения ISQ с 2 недель до 4 недель было ниже, чем с момента размещения до 2 недель. Однако на данный момент это значение не уменьшилось. Значение ISQ незначительно снизилось в обеих группах с 10 по 12 недель; однако существенной разницы в снижении не было. С 12 по 16 недель значение практически не изменилось, и оно оставалось стабильным. В нескольких исследованиях нагрузка была рекомендована, когда ISQ составлял минимум 65.<sup>12</sup> Начальные значения ISQ имплантатов, использованных в этом исследовании, составляли 77,8 и 78,9, они были от 65 и выше и сохранялись до 16 недель.

Для обработки поверхности имплантатов было разработано несколько методов. В настоящее время предпринимаются усилия по улучшению их биосовместимости путем придания поверхности имплантата гидрофильности. Для достижения этой цели был разработан способ упаковки и хранения имплантата в щелочном растворе после обработки поверхности и светового облучения. В этом исследовании среднее значение ISQ имплантатов, которые были фотоактивированы для определения гидрофильности, было немного выше, чем у имплантатов, не получавших такой обработки; однако разница не была статистически значимой. В предыдущих исследованиях, в которых измерялись значения ISQ имплантатов Straumann SLA® и SLActive® в течение 12 недель, между ними не наблюдалось существенной разницы.<sup>6,13</sup> Таким образом, можно сделать вывод, что между двумя имплантатами нет существенной разницы или что метод RFA может быть недостаточно чувствительным для обнаружения тонких различий. Более того, в этом исследовании, поскольку у пациентов оставалось достаточно костной ткани, они не получали костные трансплантаты и были установлены имплантаты достаточной длины и диаметра; возможно, между двумя группами не было каких-либо существенных различий. Поэтому требуются дальнейшие исследования.

Факторы, влияющие на стабильность имплантата, включают обработку поверхности имплантата, а также другие факторы, такие как диаметр имплантата, длина, дизайн, форма резьбы, качество кости пациента и хирургическая техника.<sup>14</sup> Это было ретроспективное исследование, в котором использовались медицинские карты пациентов; следовательно, в измерении определенных значений могли быть ошибки, зависящие от того кто фиксировал значения исследований. В будущем факторы, влияющие на стабильность имплантата, должны определяться в соответствии с состоянием пациента, такими как качество кости и положение установки, а также другие факторы, связанные с имплантатом.



## V. Заключение

Начальные значения ISQ имплантатов, использованных в этом исследовании у пациентов, которые были от 65 и выше, составили 77,8 и 78,9, и сохранялись до 16 недель. Таким образом, можно сделать вывод, что оба типа имплантатов обеспечивают высокую стабильность имплантата в клинической практике до окклюзионной нагрузки. Однако от 0 до 8 недель скорость увеличения значений ISQ выше, поскольку значение ISQ кажется стабильным, и предполагается, что нагрузка должна быть дана с учетом нескольких факторов, таких как состояние противоположного зубного ряда, расположение имплантата и окклюзионная сила пациента.

Среднее значение ISQ было выше у имплантатов с супергидрофильными поверхностями, обработанными фотокаталитическим эффектом, чем у тех, кто не получал такого лечения; однако разница не была статистически значимой, но тем не менее, учитывая этот факт, фотоактивированная поверхность имплантата, по-видимому, способствовала остеоинтеграции за счет увеличения гидрофильности поверхности.

Настоящее исследование ограничено оценкой стабильности имплантата с использованием только значения ISQ с RFA. Кроме того, значения ISQ в этом исследовании представляют собой только значение до нагрузки на имплантаты.

В дальнейших исследованиях с использованием различных методов оценки остеоинтеграции и стабильности имплантата, в дополнение к обработке поверхности имплантата, необходимо изучить другие факторы, влияющие на исследование имплантата. А так же, стабильность имплантата должна быть оценена после нагрузки.

## Подтверждение

Настоящее исследование было поддержано исследовательским фондом стоматологической больницы Университета Chosun в 2019 году.

## Методические рекомендации

1. Albreksson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. Долгосрочная эффективность используемых в настоящее время зубных имплантатов: обзор и предлагаемые критерии успеха. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1:11-25.
2. Eriksson C, Lausmaa J, Nygren H. Взаимодействие между цельной кровью человека и модифицированными TiO<sub>2</sub>-поверхностями: влияние топографии поверхности и толщины оксида на адгезию и активацию лейкоцитов. *Biomaterials* 2001;22:1987-96.
3. Lee YJ, Lee BU, Kim YS. Текущие исследования обработки поверхности имплантатов с точки зрения механизма заживления кости. *Implantology* 2003;12:12-29.
4. Kilpadi DV, Lemons JE. Характеристика поверхностной энергии нелегированных титановых имплантатов. *J Biomed Mater Res* 1994;28:1419-25.
5. Kim C, Kendall MR, Miller MA, Long CL, Larson PR, Humphrey MB, и соавт. Сравнение титана, пропитанного 5 М растворами NaOH или 5 М KOH. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 2013;33:327-39.
6. Han J, Lulic M, Lang NP. Факторы, влияющие на анализ резонансной частоты, оцененный Osstell mentor во время интеграции ткани имплантата: II. Модификации поверхности имплантата и диаметра имплантата. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:605-11.
7. Bischof M, Nedir R, Szmukler MS, Bernard JP, Samson J. Измерение стабильности имплантатов с отсроченной и немедленной нагрузкой во время заживления. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:529-39.
8. Boronat LA, Balaguer MJ, Lamas PJ, Carrillo GC, Penarrocha DM. Резонансный частотный анализ стабильности зубного имплантата в период заживления. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008; 13 :E244-7.
9. Bawareal RM, Oates TW, Meredith N, Cochran DL. Измерение стабильности имплантатов на резонансной частоте *in vivo* на имплантатах с обработанной пескоструйной обработкой и кислотным травлением поверхностью. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:641-51.
10. Ersanli S, Karabuda C, Beck F, Leblebicioglu B. Резонансный частотный анализ одноэтапной стабильности зубного имплантата в период остеоинтеграции. *J Periodontol* 2005;76:1066-71.
11. Branemark R, Ohrenell LO, Skalak R, Carlsson L, Branemark PI. Биомеханическая характеристика остеоинтеграции: экспериментальное исследование *in vivo* у собаки породы бигль. *J Orthop Res* 1998; 16:61-9.
12. Bornstein MM, Hart CN, Halbritter SA, Morton D, Buser D. Ранняя установка непогруженных титановых имплантатов с химически модифицированной обработанной пескоструйной обработкой и кислотным травлением поверхностью: результаты 6-месячного проспективного исследования серии случаев в задней части нижней челюсти с акцентом на периимплантационные изменения гребневой кости и стабильность имплантата значения коэффициента (ISQ). *Clin Implant Dent Relat Res* 2009;11:338-47.
13. Valderrama P, Oates TW, Jones AA, Simpson J, Schoolfield JD, Cochran DL. Оценка двух различных устройств резонансной частоты для определения стабильности имплантата: клиническое испытание. *J Periodontol* 2007;78:262-72.
14. Ramon S, Pablo V, Felipe C. Влияние макродизайна на первичную стабильность коротких и сверхкоротких имплантатов с использованием резонансного частотного анализа. Исследование *ex vivo*. *J Oral Biol Craniofac Res* 2020;10:603-7.

**DIO** IMPLANT  
[www.dio-implant.kz](http://www.dio-implant.kz)