

КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

Оценка стабильности дентальных имплантатов с фотоактивированной обработкой поверхности и без неё
Чэсок Кан, доктор стоматологической хирургии (DDS).



Клиническая статья

**Долгосрочная стабильность
имплантатов за счет УФ-
активации**

Оценка стабильности дентальных имплантатов с фотоактивированной обработкой поверхности и без неё

Ю-ри Хо, доктор стоматологической хирургии (DDS), магистр стоматологии (MSD), канд.наук¹; Чэсок Кан, доктор стоматологической хирургии (DDS), магистр стоматологии (MSD), канд.наук²; Ми-Кён Сон, доктор стоматологической хирургии (DDS), магистр стоматологии (MSD), канд. наук.

Цель и методы

Целью данного исследования была оценка стабильности двух групп имплантатов, обработанных либо только пескоструйной обработкой и кислотным травлением, либо фотоактивацией после пескоструйной обработки и кислотного травления, с использованием анализа резонансной частоты (RFA). Было исследовано 50 имплантатов у 25 пациентов (12 мужчин и 13 женщин). Двадцать пять имплантатов были обработаны методом пескоструйной обработки и кислотного травления, а 25 — с применением фотоактивации. Для каждого имплантата регистрировали значение коэффициента стабильности имплантата (ISQ) в день установки, а затем последовательно каждые 2 недели в течение 16 недель. Для прямого измерения стабильности имплантатов использовали RFA. Сравнение средних значений ISQ проводили с помощью дисперсионного анализа повторных измерений.

Результаты

Средние значения ISQ на момент операции и через 16 недель для имплантатов, подвергнутых только пескоструйной обработке и кислотному травлению, составили $77,8 \pm 6,7$ и $83,2 \pm 2,5$ соответственно, тогда как для имплантатов, дополнительно подвергнутых фотоактивации, $78,9 \pm 5,3$ и $84,1 \pm 3,3$ соответственно. Фотоактивированные имплантаты продемонстрировали более высокие значения ISQ, чем имплантаты без обработки поверхности фотоактивацией. Однако значимых различий между двумя группами имплантатов не выявлено. Обе группы имплантатов продемонстрировали высокую стабильность в клинической практике. Поверхность имплантата, подвергнутая фотоактивации, по-видимому, обеспечивает более высокую стабильность по сравнению с поверхностью без фотоактивации за счет увеличения гидрофильности поверхности.

Оценка стабильности дентальных имплантатов с фотоактивированной обработкой поверхности и без неё

Ю-ри Хо, доктор стоматологической хирургии (DDS), магистр стоматологических наук (MSD), канд. наук (PhD)¹; Чэсок Кан, доктор стоматологической хирургии (DDS), магистр стоматологических наук (MSD), канд. наук (PhD)²; Ми-Кён Сон, доктор стоматологической хирургии (DDS), магистр стоматологических наук (MSD), канд. наук (PhD)^{3*}

¹Доцент кафедры протезирования, стоматологический факультет, Университет Чосон, Кванджу, Республика Корея.

²Доктор стоматологической клиники; отделение имплантологической ортопедической стоматологии, стоматологическая клиника Йедам, г. Мокпхо, Республика Корея.

³Профессор, кафедра протезирования, стоматологический факультет, Университет Чосон, Кванджу, Республика Корея.

***Ответственный автор: Ми-Кён Сон, кафедра протезирования, стоматологический факультет, Университет Чосон, 309 Пхильмун-дэро, район Тонгу, г. Кванджу 61452, Республика Корея. Тел. +82-62-220-3820 Факс: + 82-62-227-7811 Эл. почта: son0513@chosun.ac.kr**

Аннотация

Цель: Оценить стабильность двух групп имплантатов после пескоструйной обработки и кислотного травления (с последующей фотоактивацией или без неё) методом анализа резонансной частоты (RFA).

Материалы и методы: Мы исследовали 50 имплантатов у 25 пациентов (12 мужчин и 13 женщин). Двадцать пять имплантатов были подвергнуты пескоструйной обработке и кислотному травлению, а 25 — обработке фотоактивацией. Значение коэффициента стабильности имплантата (ISQ) регистрировали в день установки имплантата и далее каждые 2 недели в течение 16 недель для каждого имплантата. Для прямого измерения стабильности имплантата применяли анализ резонансной частоты (RFA). Мы сравнили средние значения ISQ, используя дисперсионный анализ с повторными измерениями.

Результаты: Средние значения ISQ на момент операции и через 16 недель для имплантатов, подвергнутых только пескоструйной обработке и кислотному травлению, составили $77,8 \pm 6,7$ и $83,2 \pm 2,5$ соответственно, тогда как для имплантатов, дополнительно подвергнутых фотоактивации, $78,9 \pm 5,3$ и $84,1 \pm 3,3$ соответственно. Фотоактивированные имплантаты продемонстрировали более высокие значения ISQ, чем имплантаты без обработки поверхности фотоактивацией. Однако значимых различий между двумя группами имплантатов не выявлено.

Заключение: Обе группы имплантатов продемонстрировали высокую стабильность в клинической практике. Поверхность имплантата, подвергнутая фотоактивации, по-видимому, обеспечивает более высокую стабильность по сравнению с поверхностью без фотоактивации за счет увеличения гидрофильности поверхности.

Ключевые слова: Дентальные имплантаты, стабильность имплантатов, коэффициент стабильности имплантатов, остеоинтеграция, частотно-резонансный анализ

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.

Проверено: 8 июня 2021 г.

Принято: 17 июня 2021 г.

ORCID (Открытый идентификатор исследователей)

Ю-ри Хо

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

Чэсок Кан

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

Ми-Кён Сон

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

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



Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией Creative Commons «С указанием авторства» (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), которая предусматривает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение в любой форме при условии надлежащего указания источника.

I. Введение

Первичный успех дентального имплантата зависит от наличия или отсутствия остеоинтеграции. Для улучшения остеоинтеграции имплантатов были разработаны и изучены различные материалы и методы. Согласно исследованию Альбректссона и соавт., биосовместимость, конструкция имплантата, характеристики поверхности имплантата, состояние костной ткани пациента, хирургическая процедура и контроль нагрузки относятся к факторам, влияющим на остеоинтеграцию имплантатов.¹

Среди вышеупомянутых факторов поверхность имплантата является наиболее важным фактором, влияющим на соединение между имплантатом и костной тканью². В настоящее время ведутся исследования, направленные на получение быстрого и прочного соединения между имплантатом и костью за счёт увеличения площади поверхности и ускорения процесса заживления костной ткани посредством обработки поверхности имплантата. Для обработки поверхности имплантатов используются механические методы резки. Методы нанесения покрытий включают напыление на поверхность частиц титана и нанесение гидроксиапатитового покрытия. Недостатком методов напыления и нанесения покрытия является то, что частицы могут отделяться от поверхности имплантата. Кроме того, был разработан и применяется метод увеличения площади поверхности путём напыления на поверхность имплантата грубых частиц для создания неровностей, а также метод повышения шероховатости поверхности имплантата посредством кислотной коррозионной обработки. Было разработано несколько методов, например увеличение толщины оксидной плёнки с помощью анодно-оксидного метода. В последнее время изучается метод комбинирования биомолекул, таких как белки, ферменты и пептиды, которые могут индуцировать клеточно-тканевые реакции на поверхности имплантата³.

Гидрофильность поверхности имплантата способствует ускорению и улучшению взаимодействия между поверхностью имплантата и живыми тканями, что благоприятно для остеоинтеграции⁴. Для создания гидрофильной поверхности были предложены методы обработки имплантата щелочным раствором и облучения поверхности имплантата ультрафиолетовыми лучами⁵.

Целью данного исследования было сравнение с помощью анализа резонансной частоты (RFA) поверхностей имплантатов, обработанных как пескоструйной обработкой и кислотным травлением, так и супергидрофильных поверхностей, обработанных с помощью фотоактивации после комбинированной пескоструйной обработки и кислотного травления. Этот анализ был выполнен для оценки стабильности имплантатов.

II. Материалы и методы

В медицинских картах был проведён поиск пациентов, соответствующих следующим критериям. В данное исследование включались имплантаты у взрослых в возрасте старше 20 лет, диаметром 4–5 мм и длиной 10–11,5 мм, установленные в области премоляров или моляров, без костной пластики. После установки имплантата к нему подсоединялся формирователь десны. Для оценки стабильности имплантата регистрировали коэффициент стабильности имплантата (ISQ) с использованием прибора Osstell Mentor™ (Integration Diagnostics AB, Гётеборг, Швеция). Значения ISQ регистрировали дважды с вестибулярной и язычной сторон. Данное исследование являлось ретроспективным, в нём использовались медицинские карты пациентов.

Пятьдесят имплантатов, установленных 25 пациентам в возрасте старше 20 лет с частичным отсутствием зубов (12 мужчин, 13 женщин; средний возраст: 63,9 года),

были оценены и разделены на две группы в зависимости от метода обработки поверхности имплантата.

Таблица 1. Информация об имплантатах, включенных в исследование

	Демографические данные		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

Группа А включала имплантаты с обработкой поверхности комбинацией пескоструйной обработки и кислотного травления (гибридная пескоструйная обработка и кислотное травление [HSA]) (US II HSA, Dio, Пусан, Корея): 15 имплантатов в верхней челюсти и 10 — в нижней челюсти. Группа В включала имплантаты (US II UV+, Dio, Пусан, Корея) с обработкой поверхности путём фотоактивации (фотофункционализированный HSA) после комбинированной пескоструйной обработки и кислотного травления: 15 имплантатов в верхней челюсти и 10 — в нижней челюсти (Таблица 1). Значения ISQ регистрировали с интервалом в 2 недели от момента установки имплантатов до 16 недель. Данное исследование было одобрено институциональным этическим комитетом (CUDHIRB2101005).

Статистическая обработка значений выполнялась с использованием статистического пакета SPSS версии 26 (SPSS Inc., Чикаго, Иллинойс, США). Для анализа различий значений ISQ между двумя группами в динамике использовался дисперсионный анализ повторных измерений. Статистическая значимость была установлена при $p < 0,05$.

III. Результаты

Среднее значение ISQ на момент операции в группе А ($77,8 \pm 6,7$) было несколько ниже, чем в группе В ($78,9 \pm 5,3$). В течение первых 10 недель в обеих группах наблюдалось повышение показателя ISQ. Через 10 недель после операции в группе А наблюдалось более высокое значение ISQ, чем в группе В ($85,6 \pm 15,7$ в сравнении с $84,1 \pm 2,9$). После этого значения несколько снизились, и через 16 недель после операции значения ISQ в группах А и В составили $83,2 \pm 2,5$ и $84,1 \pm 3,3$ соответственно, при этом значение было выше во второй группе. При сравнении имплантатов верхней и нижней челюсти в каждой группе было обнаружено, что в обеих группах значение ISQ было выше для имплантатов нижней челюсти, чем для имплантатов верхней челюсти. Значения ISQ через 16 недель после операции для имплантатов нижней челюсти в группах А и В составили $84,5 \pm 1,7$ и $86,0 \pm 1,8$ соответственно, а для имплантатов верхней челюсти — $82,4 \pm 2,7$ и $82,9 \pm 3,5$ соответственно (Таблица 2) (Рис. 1 и 2).

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

	0 нед.	2 нед.	4 нед.	6 нед.	8 нед.	10 нед.	12 нед.	14 нед.	16 нед.
Группа А (верхняя челюсть)	$77,4 \pm 5,6$	$78,3 \pm 4,7$	$79,3 \pm 3,9$	$79,9 \pm 3,7$	$80,6 \pm 3,2$	$86,7 \pm 20,4$	$82,1 \pm 2,8$	$81,9 \pm 2,5$	$82,4 \pm 2,7$

Группа А (нижняя челюсть)	78,5 ± 8,3	82,6 ± 6,4	81,8 ± 3,0	82,7 ± 2,4	83,2 ± 2,7	84,0 ± 2,8	83,6 ± 1,5	84,3 ± 2,0	84,5 ± 1,7
Всего	77,8 ± 6,7	80,0 ± 5,7	80,3 ± 3,7	81,0 ± 3,5	81,6 ± 3,2	85,6 ± 15,7	82,7 ± 2,4	82,8 ± 2,6	83,2 ± 2,5
Группа В (верхняя челюсть)	78,5 ± 5,2	81,1 ± 4,3	81,6 ± 2,8	82,3 ± 2,3	82,5 ± 2,9	83,3 ± 2,9	83,0 ± 3,4	82,7 ± 3,5	82,9 ± 3,5
Группа В (нижняя челюсть)	79,5 ± 5,6	82,4 ± 5,1	83,7 ± 2,9	84,7 ± 2,2	84,7 ± 2,1	85,1 ± 2,7	85,0 ± 1,9	85,5 ± 2,2	86,0 ± 1,8
Всего	78,9 ± 5,3	81,6 ± 4,6	82,4 ± 3,0	83,3 ± 2,5	83,4 ± 2,8	84,1 ± 2,9	83,8 ± 3,0	83,8 ± 3,3	84,1 ± 3,3

Статистически динамика значений ISQ была одинаковой для обеих групп, без значимых различий ($p = 0,417$). Кроме того, не выявлено значимых различий в значениях ISQ между двумя группами ($p = 0,204$) или в зависимости от места установки (верхняя или нижняя челюсть) внутри каждой группы ($p = 0,093$).

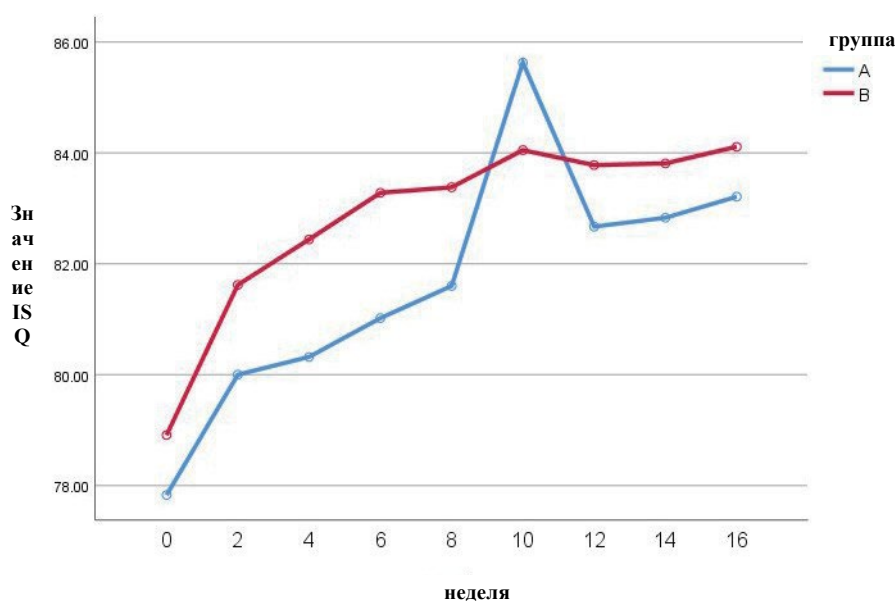


Рис. 1. Средний коэффициент стабильности имплантата (ISQ) изменяется с течением времени для каждой группы.

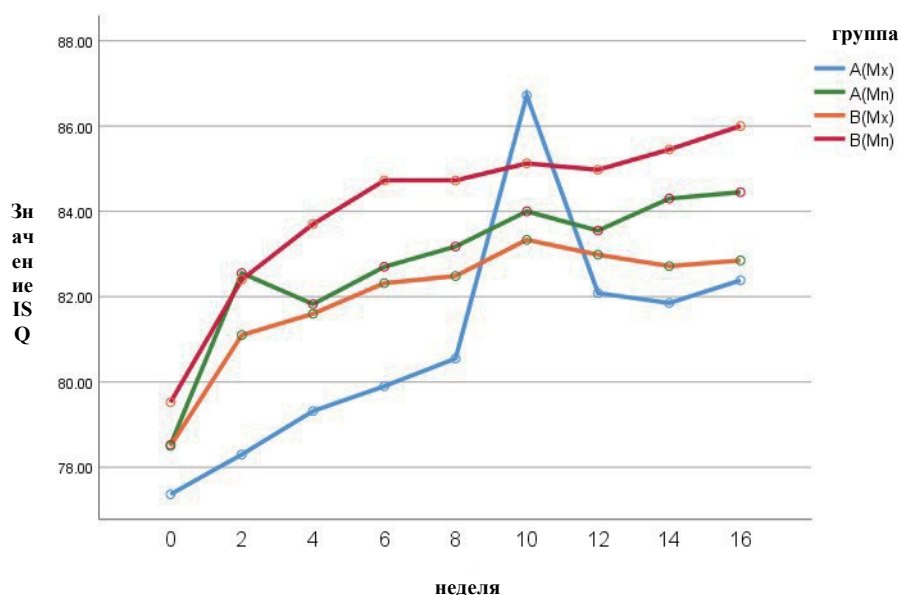


Рис. 2. Средний коэффициент стабильности имплантата (ISQ) изменяется со временем в зависимости от места установки имплантата в каждой группе.

IV. Обсуждение

Методы, используемые для оценки остеоинтеграции между имплантатом и окружающей костной тканью, включают перкуссию, рентгенографический анализ, измерение крутящего момента на вырыв, Periotest® и RFA. Среди них последний метод оценивает стабильность между имплантатом и окружающими костными тканями; увеличение значения ISQ указывает на более высокое отложение костной ткани и её ремоделирование между костью и имплантатом. Кроме того, этот метод полезен для регистрации последовательных измерений одного конкретного имплантата в течение определённого периода и анализа динамики изменений⁶.

В данном исследовании среднее значение ISQ на момент операции составило 77,8 в группе А, где поверхности имплантатов подвергались пескоструйной обработке в комбинации с кислотным травлением, и 78,9 в группе В, где поверхности имплантатов подвергались фотоактивации после пескоструйной обработки в комбинации с кислотным травлением. Через 10 недель в обеих группах наблюдалось увеличение значений ISQ. Через 10 недель после операции группа А показала более высокое значение ISQ (85,6), чем группа В (84,1). После 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, причём значение было выше в последней группе.

В данном исследовании увеличение значения ISQ со 2 по 4 неделю было меньше, чем с момента установки до 2 недель. Однако в этот момент значение не снижалось. Значение ISQ незначительно снизилось в обеих группах с 10 по 12 неделю, однако значимой разницы в снижении не наблюдалось. С 12 по 16 неделю значение практически не изменилось и оставалось стабильным. В нескольких исследованиях рекомендовалось проведение функциональной нагрузки при значении ISQ не менее 65¹². Начальные значения ISQ имплантатов, использованных в данном исследовании, составили 77,8

и 78,9, что превышало 65 и сохранялось до 16 недель.

Для обработки поверхности имплантатов было разработано несколько методов. В настоящее время предпринимаются попытки улучшить их биосовместимость путём придания гидрофильности поверхности имплантата. Для достижения этой цели был разработан метод упаковки и хранения имплантата в щелочном растворе после обработки поверхности, а также метод светового облучения. В данном исследовании среднее значение ISQ имплантатов, фотоактивированных для придания гидрофильности, было незначительно выше, чем у имплантатов, не подвергавшихся такой обработке; однако разница не была статистически значимой. В предыдущих исследованиях, в которых измерялись значения ISQ имплантатов Straumann SLA® и SLActive® в течение 12 недель, не наблюдалось значимой разницы между ними^{6, 13}. Таким образом, можно предположить, что либо нет значимой разницы между двумя типами имплантатов, либо метод RFA может быть недостаточно чувствительным для выявления незначительных различий. Более того, в данном исследовании, поскольку у пациентов было достаточное количество костной ткани, им не проводилась костная пластика, и были установлены имплантаты достаточной длины и диаметра; возможно, именно поэтому не было значимых различий между двумя группами. Следовательно, необходимы дальнейшие исследования. Факторы, влияющие на стабильность имплантата, включают обработку поверхности имплантата, а также другие факторы, такие как диаметр, длина, дизайн, форма резьбы, качество костной ткани пациента и хирургическая методика¹⁴. Это было ретроспективное исследование с использованием медицинских карт пациентов; следовательно, могли возникнуть ошибки при измерении некоторых значений в зависимости от оператора, проводившего измерения в тот или иной момент. В будущем необходимо определить факторы, влияющие на стабильность имплантата, в зависимости от состояния пациента (например, качества кости и положения установки), а также факторов, связанных с самим имплантатом.

V. Заключение

Исходные значения ISQ имплантатов, использованных в этом исследовании, составляли 77,8 и 78,9, то есть 65 и выше, и сохранялись до 16 недель. Таким образом, можно заключить, что оба типа имплантатов демонстрируют высокую стабильность в клинической практике до окклюзионной нагрузки. Однако в период от 0 до 8 недель темпы роста значений ISQ были выше, учитывая относительную стабильность значений ISQ, и предполагается, что нагрузку следует распределять с учетом нескольких факторов, таких как состояние противоположной зубной дуги, расположение имплантата и окклюзионная нагрузка пациента.

Среднее значение ISQ было выше у имплантатов со супергидрофильной поверхностью, обработанной фотокаталитическим методом, чем у имплантатов, не подвергавшихся такой обработке; однако разница не была статистически значимой. Хотя статистически значимая разница отсутствовала, фотоактивированная поверхность имплантата, по-видимому, способствовала остеоинтеграции за счет увеличения гидрофильной поверхности.

Ограничением данного исследования является то, что для оценки стабильности имплантата используется только значение ISQ с RFA. Кроме того, значения ISQ в данном исследовании отражают исключительно показатели, полученные до функциональной нагрузки.

В дальнейших исследованиях с использованием различных методов оценки остеоинтеграции и стабильности имплантата, помимо обработки поверхности имплантата, необходимо изучить и другие факторы, влияющие на его состояние. Кроме того, необходимо оценить стабильность имплантата после приложения нагрузки.

Благодарность

Данное исследование проведено при поддержке исследовательского фонда Стоматологической больницы Университета Чосон в 2019 году.

Список используемых источников

1. Альбрекссон Т., Зарб Г., Уортингтон П., Эрикссон А.Р. Долгосрочная эффективность применяемых в настоящее время зубных имплантатов: обзор литературы и предложенные критерии успеха. Международный журнал стоматологических и челюстно-лицевых имплантатов 1986; 1:11-25.
2. Эрикссон К., Лаусмаа Й., Нигрен Х. Взаимодействие между цельной человеческой кровью и модифицированными поверхностями TiO₂: влияние топографии поверхности и толщины оксидного слоя на адгезию и активацию лейкоцитов. Биоматериалы 2001; 22:1987-96.
3. Ли Ю.Дж., Ли Б.У., Ким Ю.С. Современные исследования обработки поверхности имплантатов с точки зрения механизма заживления кости. Имплантология 2003; 12:12-29.
4. Килпади Д.В., Лемонс Дж.Е. Характеристика поверхностной энергии имплантатов из нелегированного титана. Журнал исследований биомедицинских материалов, 1994; 28:1419-25.
5. Ким К., Кендалл М.Р., Миллер М.А., Лонг К.Л., Ларсон П.Р., Хамфри М.Б. и соавт. Сравнение титана, выдержанного в растворах 5 М NaOH или 5 М KOH. Материаловедение и инженерия: материалы для биологического применения, 2013; 33:327- 39.
6. Хан Дж., Лулич М., Ланг Н.П. Факторы, влияющие на частотно-резонансный анализ, оцениваемые с помощью Osstell Mentor в процессе интеграции имплантированных тканей: II. Модификации поверхности имплантата и диаметр имплантата. Клинические исследования оральных имплантатов 2010; 21:605-11.
7. Бишоф М., Недир Р., Шмуклер М.С., Бернард Ж.П., Самсон Дж. Измерение стабильности имплантатов с отсроченной и немедленной нагрузкой в процессе заживления. Клинические исследования оральных имплантатов 2004; 15:529-39.
8. Боронат Л.А., Балагер М.Дж., Ламас П.Дж., Каррильо Г.К., Пенарроча Д.М. Частотно-резонансный анализ стабильности зубных имплантатов в период заживления. Медицина полости рта, патология полости рта и челюстно-лицевая хирургия 2008; 13:E244- 7.
9. Баревал Р.М., Оутс Т.В., Мереди Н., Кохран Д.Л. Частотно-резонансное измерение стабильности имплантатов *in vivo* на имплантатах с поверхностями, прошедшими пескоструйную обработку и кислотное травление. Международный журнал стоматологических и челюстно-лицевых имплантатов 2003; 18:641-51.
10. Эрсанли С., Карабуда К., Бек Ф., Леблебчиоглу Б. Частотно-резонансный анализ стабильности одноэтапных зубных имплантатов в период остеоинтеграции. Журнал периодонтологии 2005;

76:1066-71.

11. Бранемарк Р., Орнелл Л.О., Скалак Р., Карлссон Л., Бранемарк П.И. Биомеханическая характеристика остеоинтеграции: экспериментальное исследование *in vivo* на собаках породы бигль. Журнал ортопедических исследований 1998; 16:61-9.
12. Борнштейн М.М., Харт К.Н., Хальбриттер С.А., Мортон Д., Бузер Д. Ранняя нагрузка на непогружные титановые имплантаты с химически модифицированной поверхностью, обработанной пескоструйным методом и кислотным травлением: результаты 6-месячного проспективного исследования серии случаев в задней части нижней челюсти, посвященного изменениям костной ткани вокруг имплантата и значениям коэффициента стабильности имплантата (ISQ). Клиническая имплантология в стоматологии и смежные исследования 2009; 11:338-47.
13. Вальдеррама П., Оутс Т.В., Джонс А.А., Симпсон Дж., Скулфилд Дж.Д., Кохран Д.Л. Оценка двух различных изделий для частотно-резонансного анализа с целью определения стабильности имплантата: клиническое исследование. Журнал периодонтологии 2007; 78:262-72.
14. Рамон С., Пабло В., Фелипе К. Влияние макродизайна на первичную стабильность коротких и сверхкоротких имплантатов с использованием частотно-резонансного анализа. Исследование *ex vivo* Журнал оральной биологии и краниофациальных исследований 2020; 10:603-7.

Клиническая статья о UV