

УДК 616.31-089.843

<https://doi.org/10.52420/2071-5943-2024-23-1-12-23>

<https://elibrary.ru/HPNCRV>



Сравнительный анализ метода остеоденсификации и стандартного протокола подготовки имплантационного ложа в кости низкой плотности

Эдуард Артурович Левонян^{1✉}, Вардигер Агабековна Бадалян^{1,2}

¹ Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия

² Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, Москва, Россия

✉ Ledward96@mail.ru

Аннотация

Введение. Метод дентальной имплантации становится все более популярным у пациентов, которым требуется проведение тотальной стоматологической реабилитации. Пациенты отмечают, что с учетом активной социальной составляющей жизни более благоприятным вариантом лечения является возможность проведения немедленной нагрузки с опорой на дентальные имплантаты. Кость низкой плотности, часто встречающаяся на верхней челюсти, нередко представляет сложности для клиницистов с точки зрения достижения успешных значений первичной стабильности имплантатов для проведения предсказуемой немедленной нагрузки.

Цель работы — повышение эффективности лечения пациентов, которым требуется проведение дентальной имплантации в области альвеолярного отростка верхней челюсти.

Материалы и методы. Нами было пролечено 27 пациентов в возрасте от 27 до 66 лет с отсутствующими зубами в области альвеолярного отростка верхней челюсти. Все пациенты методом случайной выборки были распределены на 2 группы. Препарирование ложа перед установкой имплантатов проводили: в 1-й группе с помощью стандартных фрез из хирургического набора (13 человек), во 2-й группе с помощью боров Densah в режиме остеоденсификации (14 человек). Всем пациентам были установлены дентальные имплантаты системы Astra Tech диаметром 4 мм, длиной 9 мм. Непосредственно после установки имплантатов были получены данные частотно-резонансного анализа стабильности имплантата и крутящего момента. Помимо этого, было проведено сравнение времени операции. Через 6 месяцев проводилось повторное измерение значений коэффициента стабильности имплантатов.

Результаты. Анализ показал более высокие значения первичной стабильности имплантатов (крутящий момент (КМ) и коэффициент стабильности имплантатов (КСИ) во время операции) при проведении подготовки имплантационного ложа методом остеоденсификации (КМ — $(45,0 \pm 5,8)$, КСИ $(71,8 \pm 2,9)$), в сравнении со стандартной техникой (КМ — $(27,7 \pm 3,8)$, КСИ — $(62,8 \pm 3,2)$); $p < 0,05$.

Обсуждение. Остеоденсификация способствует уплотнению мягкой кости, находящейся в непосредственном контакте с имплантатом, что, в свою очередь, приводит к более высокой степени первичной стабильности, чем при стандартном протоколе подготовки имплантационного ложа, благодаря физическому взаимодействию (большему контакту) между костью и имплантатом.

Заключение. Полученные результаты позволяют рассматривать метод остеоденсификации как перспективный для повышения эффективности имплантологического лечения пациентов.

Ключевые слова: имплантация, остеоденсификация, первичная стабильность имплантатов, имплантационное ложе, кость низкой плотности, верхняя челюсть

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов.

Соответствие принципам этики. Клиническое исследование было одобрено локальным этическим комитетом Сеченовского Университета, проведено в соответствии с Конституцией и Гражданским кодексом РФ, Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (версия от октября 2008 г. с поправками), а также федеральным законом от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в РФ» (с изменениями и дополнениями), приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 19 июня 2003 г. № 266 «Об утверждении Правил клинической практики в Российской Федерации».

Информированное согласие. Всеми участниками подписано информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

Для цитирования: Левонян Э.А., Бадалян В.А. Сравнительный анализ метода остеоденсификации и стандартного протокола подготовки имплантационного ложа в кости низкой плотности // Уральский медицинский журнал. 2024. Т. 23, № 1. С. 12–23. DOI: <https://doi.org/10.52420/2071-5943-2024-23-1-12-23>. EDN: <https://elibrary.ru/HPNCRV>.

Comparative Analysis of Osseodensification and Standard Implant Site Preparation Techniques in Low Density Bone

Eduard A. Levonian^{1*}, Varditer A. Badalyan^{1,2}

¹ I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

² Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Moscow, Russia

✉ Ledward96@mail.ru

Abstract

Introduction. Dental implantation is getting more popular with patients who require total dental rehabilitation. Patients note that possibility of immediate loading based on dental implants is more favorable treatment option due to active social life. Low bone density, often occurred in the maxilla, frequently presents challenges for clinicians to achieve successful implant primary stability for predictable immediate loading.

The aim of our study was to increase the efficiency of treatment of patients who require dental implantation in the maxilla.

Materials and methods. Twenty-seven patients aged from 27 to 66 years with missing teeth in the alveolar process of maxilla were treated. All patients in this randomized clinical trial were divided into two groups. We used two methods for implant site preparation: the standard technique according to manufacturer's recommendations in the first group ($n = 13$) and the Osseodensification technique via Densah drills ($n = 14$) in the second. All patients were treated by Astra Tech dental implants with the same dimensions (diameter 4 mm, length 9 mm). Immediately after implant placement the data of the frequency-resonance analysis of the implant stability and insertion torque were installed and obtained. Furthermore, a comparison of the operation time was carried out. Clinical evaluation and patient appreciation of pain, edema and hyperemia of the mucosa were evaluated using a questionnaire at 1, 3, 5 and 7 days after surgery. The measurement of the values of the stability quotient of the implants was repeated and carried out after six months.

Results. Higher values of implant primary stability (insertion torque and implant stability quotient during surgery) were showed in the osseodensification group (IT — $(45,0 \pm 5,8)$, ISQ — $(71,8 \pm 2,9)$) in comparison with standard technique (IT — $(27,7 \pm 3,8)$, ISQ — $(62,8 \pm 3,2)$); $p < 0,05$.

Discussion. Osseodensification technique promotes compaction of a low density bone in direct contact with the implant, which leads to higher implant primary stability due to the physical interaction between bone and implant.

Conclusion. The obtained results allow us to consider that the osseodensification method is progressive for improving the effectiveness of implantological treatment on maxilla.

Keywords: implantation, osseodensification, implant primary stability, implant bed, low density bone, maxilla

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious or potential conflict of interest.

Conformity with the principles of ethics. The clinical study was approved by the Local Ethics Committee of the Sechenov University, conducted in accordance with the Constitution and Civil Code of the Russian Federation, the Helsinki Declaration of the World Health Association (released at October 2008 as amended), as well as Federal Law released at November 21, 2011 No. 323 "On the fundamentals of protecting the health of citizens in the Russian Federation" (with amendments and additions), by order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated June 19, 2003 No. 266 "On approval of the Rules of Clinical Practice in the Russian Federation."

Informed consent. All participants signed informed consent to participate in the study.

For citation: Levonian EA, Badalyan VA. Comparative analysis of osseodensification and standard implant site preparation techniques in low density bone. *Ural Medical Journal*. 2024;23(1):12–23. DOI: <https://doi.org/10.52420/2071-5943-2024-23-1-12-23>. EDN: <https://elibrary.ru/HPNCRV>.

© Левонян Э. А., Бадалян В. А., 2024

© Levonian E. A., Badalyan V. A., 2024

Введение

Популярность дентальной имплантации растет с каждым годом, следствием чего является повышение интереса исследователей к изучению механизмов интеграции имплантата в костной ткани [1]. Традиционно наиболее благоприятным способом интеграции считается остеоинтеграция (от др.-греч. ὀστέον — кость и лат. integrare — восстанавливать). Основоположник дентальной имплантологии П.-И. Бранемарк (англ. P.-I. Brånemark) определил ее как «очевидное прямое (непосредственное) прикрепление или присоединение живой костной ткани к поверхности имплантата без внедрения прослойки соединительной ткани». Ее достижение является необходимым условием успешности протезирования с опорой на дентальные имплантаты в долгосрочной перспективе [2].

Одним из главных факторов для достижения остеоинтеграции является стабильность дентальных имплантатов, под которой понимают отсутствие клинической подвижности последних. Измерение показателей стабильности имплантатов при установке и в процессе заживления необходимо для мониторинга процесса остеоинтеграции. Это также позволяет провести планирование протокола нагрузки и оценку различных условий остеоинтеграции со стороны имплантата и окружающей кости [3]. Степень стабильности дентального имплантата может быть оценена по значениям крутящего момента (КМ) и показателям коэффициента стабильности имплантата (КСИ; англ. Implant Stability Quotient, ISQ) [4].

Различают первичную и вторичную стабильность. Первичная стабильность дентальных имплантатов при их установке представляет собой биомеханическое взаимодействие кости с имплантатом. Она зависит от качества и количества кости (наличие кортикального слоя), макродизайна имплантата (форма, длина, диаметр и наличие резьбы), а также используемой техники остеотомии (соотношение между диаметром имплантата и сформированным ложем) [5].

В период остеоинтеграции достаточная первичная стабильность влияет на жесткость, прочность положения имплантата в кости и предотвращает его перемещение [3]. Первичную стабильность можно считать достаточной, когда микроподвижность имплантата меньше 50–150 μm . Микроподвижность выше этого уровня вызывает резорбцию кости и фиброзную инкапсуляцию вокруг имплантата, что с большей долей вероятности может привести к отторжению имплантата, а не к его остеоинтеграции [6, 7].

Как было ранее отмечено, клиническую оценку степени стабильности дентального имплантата можно провести по значениям крутящего момента (КМ) с использованием хирургических наконечников и показателям коэффициента стабильности имплантата (КСИ; англ. ISQ) с использованием частотно-резонансного анализа (диапазон от 1 до 100) [4, 6, 8–10].

На 5-й Консensusной конференции, проведенной в 2014 г. под эгидой Международного сообщества имплантологов (англ. International Team for Implantology, ITI), были подведены итоги результатов многолетних исследований. На их основе были составлены протоколы и клинические рекомендации по нагрузке имплантатов. При этом значения крутящего момента выше 35 Н/см и (или) коэффициента стабильности имплантата выше 68 ISQ определены приемлемыми для предсказуемой остеоинтеграции и более ранней нагрузки [10, 11].

М. Чен и др. (англ. M. Chen et al.) было проведено ретроспективное исследование (2019), в ходе которого проанализированы показатели коэффициента стабильности у пациентов, проходивших лечение в срок с 1998 по 2014 г. В исследование вошли 173 участника (65 мужчин и 108 женщин

возрастом от 21 до 85 лет) и 383 имплантата. Выявлено, что из 21 потерянного имплантата 20 были дезинтегрированы в течение первого года после нагрузки, а 1 — через 10 лет после нагрузки. Общая выживаемость составила 95 % за 10-летний период наблюдения. У потерянных имплантатов были более низкие показатели ISQ ($(52,30 \pm 7,03)$ — в момент установки имплантата, $(52,5 \pm 4,2)$ — при втором хирургическом этапе имплантации, установке формирователя десневой манжеты), в сравнении с «выжившими» имплантатами ($(63,00 \pm 10,74)$ — при имплантации, $(62,3 \pm 8,3)$ — при втором этапе); при этом выявлена статистически значимая разница между указанными группами ($p < 0,05$). Авторы представленного исследования отметили, что средние значения коэффициента стабильности имплантатов на нижней челюсти ($71,4 \pm 11,7$) оказались выше, чем на верхней ($57,60 \pm 6,84$). Это подтверждает важность плотности костной ткани в достижении успешной остеоинтеграции [12].

Метод дентальной имплантации становится все более популярным у пациентов, которым требуется проведение тотальной стоматологической реабилитации. Пациенты отмечают, что с учетом активной социальной составляющей жизни более благоприятным вариантом лечения является возможность проведения немедленной нагрузки с опорой на дентальные имплантаты [13].

Плотность кости в области планируемой имплантации определяет механические свойства костного ложа. Например, кость низкой плотности типа D3 и D4 по классификации Лекольма и Зарба (*англ.* Lekholm and Zarb) 1985 г. часто встречается на верхней челюсти и нередко подвергается выраженной атрофии, что может привести к сложностям при необходимости проведения немедленной нагрузки с опорой на дентальные имплантаты [14].

С разработкой в 2014 г. доктором С. Хуваисом (*англ.* S. Huwais) универсального набора боров Densah (рис. 1) расширились возможности стоматологов-хирургов. Технология бора Densah основана на методике подготовки кости, которая называется остеоденсификацией. В отличие от традиционного протокола сверления, применяемого в стоматологии, при остеоденсификации костная ткань не вырезается. Вместо этого она уплотняется и одновременно подвергается аутотрансплантации в направлениях, расширяющихся кнаружи от остеотомии [15].



Рис. 1. Фреза диаметром 3,3 мм из универсального набора Densah

Цель работы — повышение эффективности лечения пациентов, которым требуется проведение дентальной имплантации в области альвеолярного отростка верхней челюсти.

Материалы и методы

Характеристика обследованных пациентов и распределение по группам

В исследование вошли 27 пациентов (10 мужчин (37 %) и 17 женщин (63 %)) с отсроченной имплантацией (прошло не менее 3 месяцев с момента удаления зуба) в кости низкой плотности (D3, D4 по К.Э. Мишу (*англ.* K. E. Misch)) без необходимости проведения костно-пластических операций по коррекции высоты гребня (высота по данным конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) — от 9 мм).

Все пациенты были распределены на 3 возрастные группы согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ):

- 1) 8 пациентов (29,6 %) — 25–44 лет;
- 2) 15 пациентов (55,6 %) — 45–59 лет;
- 3) 4 пациента (14,8 %) — 60–75 лет.

Для проведения исследования пациенты были распределены на две группы методом случайной выборки (путем вскрытия конверта с одним из методов лечения перед операцией) и имели равную возможность получить лечение любым из исследуемых методов. В контрольную группу (I) было включено 13 человек (48,1 %), использовались стандартные фрезы (рис. 2).



Рис. 2. Фреза из хирургического набора от имплантационной системы Astra Tech TX (Dentsply Sirona, Швеция)¹

В тестовой группе (II) использовались боры Densah (Versah, США) в режиме остеоденсификации (ОД), всего таким методом прооперировали 14 человек (51,9 %). Количество пациентов по гендерному и возрастному признаку в обеих группах исследования было сопоставимо. В табл. 1 указано распределение пациентов по группам в зависимости от области проведенной имплантации.

Таблица 1

Распределение пациентов по группам в зависимости от области проведенной имплантации

Область имплантации	I группа	II группа
Центральный резец	2	1
Латеральный резец	0	0
Клык	0	0
Первый премоляр	2	3
Второй премоляр	4	5
Первый моляр	3	3
Второй моляр	2	2
Всего	13	14

Всем пациентам была выполнена конусно-лучевая компьютерная томография в рентгенологическом отделении Центрального научно-исследовательского института стоматологии и челюстно-лицевой хирургии (ЦНИИС и ЧЛХ).

Рентгенологическое обследование

В рентгенологическом отделении КЛКТ проводили на аппарате Planmeca ProMax 3D (Planmeca Oy, Финляндия) с мощностью источника излучения 50–90 кВ, 1–14 мА и размером фокального пятна на 0,5×0,5 мм, по IEC 6036. Это позволяло оценить общее состояние зубочелюстной системы и состояние костной ткани в области последующей имплантации.

Проведено измерение параметров альвеолярного гребня в области планируемой имплантации. При выраженной атрофии кости (менее 5 мм по ширине и (или) менее 9 мм по высоте до дна верхнечелюстного синуса) пациенты не включались в исследование. В исследование также не включались пациенты со средними показателями денситометрии более 350 единиц Хаунсфилд (*англ.* Hounsfield Unit, HU).

Хирургический этап лечения

Пациентам была назначена профилактическая доза антибиотика (875 мг амоксициллина + 125 мг клавулановой кислоты, LEK d.d., Slovenia) за 1 час до начала операции. Также до операции было получено информированное добровольное согласие. Перед началом вмешательства проводили обработку полости рта водным раствором хлоргексидина биглюконата 0,05 % в течение 1 минуты.

Лечение проводили согласно стандартному операционному протоколу под местной анестезией с использованием препаратов на основе артикаина 4 % с эпинефрином («Ульттракаин Д-С форте», Sanofi-Aventis).

Далее в послеоперационном периоде назначались нестероидные противовоспалительные препараты («Кетанов» в таблетках, в дозе 10 мг в сутки), антисептические ротовые ванночки (водный раствор хлоргексидина биглюконата 0,05 % по 1 минуте 3 раза в день). Помимо этого, было рекомендовано продолжение профилактического приема антибактериальных препаратов амоксициллина

¹ Система имплантатов Astra Tech Implant System® : Каталог продукции : OsseoSpeed® TX. Dentsply Sirona. С. 38. URL: <https://clck.ru/37rhPz> (дата обращения: 19.01.2024).

(клавулановой кислоты) каждые 8 часов в течение 5 дней. Для профилактики развития отека было назначено местное наложение холода.

Всем пациентам в послеоперационном периоде было рекомендовано: ограничение физических нагрузок на весь курс лечения; уход за раневой поверхностью; исключение любых тепловых и разогревающих процедур (бани, сауны, солнечные ванны, компрессы и массаж); ограничение водных процедур (ванна, бассейн).

Всем пациентам были установлены дентальные имплантаты одного размера и системы — Astra Tech TX (Dentsply Sirona, Швеция) диаметром 4,0 S и длиной 9 мм. Контроль за состоянием пациентов проводился путем клинического наблюдения на 7–10 сутки и через 6 месяцев после операции. Фиксировалось время начала и конца операции для сравнения продолжительности вмешательства.

Отсроченная имплантация с применением стандартных фрез

При помощи лезвия № 15 с (Apexmed International B.V., Нидерланды) проводили разрез по середине гребня альвеолярного отростка в области отсутствующего зуба. Лезвие располагалось перпендикулярно поверхности слизистой. Далее отслаивали слизисто-надкостничный лоскут. Согласно протоколу (рис. 3), предложенному производителем (Dentsply Sirona), при препарировании имплантационного ложа в кости низкой плотности последовательно проводилась остеотомия на заданную глубину (9 мм) при помощи направляющего сверла Guide Drill (в пределах кортикальной кости), пилотного сверла диаметром 2,0 мм, фрезы 3,2 мм и препарирования только в пределах кортикальной кости фрезой диаметром 3,7 мм.

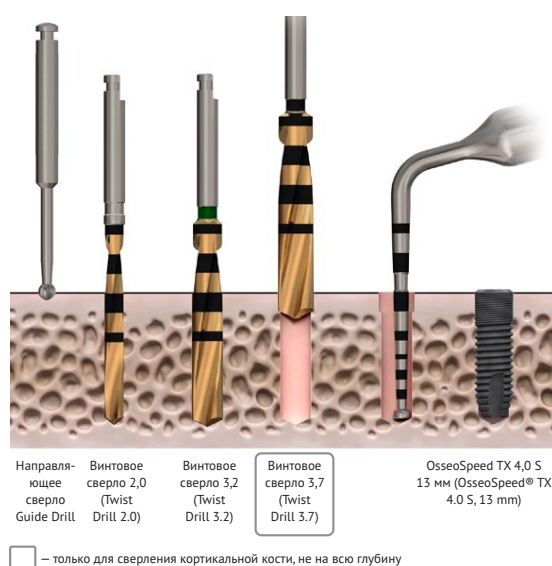


Рис. 3. Протокол сверления при кости низкой плотности, предложен производителем используемых имплантатов¹

При работе использовали физиодиспенсер (W&H Dental Werkburmoos GmbH, Австрия) в режиме вращения по часовой стрелке, скорость 600–1 200 об/мин при обильном орошении физиологическим раствором. В сформированное ложе устанавливался дентальный имплантат системы Astra Tech TX 4,0 S, 9 мм. Фиксировалось значение крутящего момента. Далее в исследуемый имплантат устанавливали штифт MulTipreg № 38 (Integration Diagnostica, Швеция) и определяли параметры резонансно-частотного анализа на аппарате Penguin RFA (Швеция) не менее двух раз в мезио-дистальном и вестибуло-оральном направлениях, регистрировалось наименьшее из значений.

¹ Astra Tech Implant System®: Руководство по проведению хирургических процедур: OsseoSpeed® TX. Dentsply Sirona. С. 8. URL: <https://clck.ru/37pBFP> (дата обращения: 19.01.2024).

На следующем этапе устанавливали формирователь десны, соответствующий области установки имплантата. Затем рана ушивалась. Материал для ушивания раны — Monosyn 5/0 (B. Braun, Германия). Снятие швов осуществляли на 7–10 сутки.

Показанием к проведению метода немедленной нагрузки имплантатов и раннего временного протезирования являлось наличие дефектов зубных рядов, входящих в линию улыбки пациента, и показатели крутящего момента не менее 32 Н/см и не менее 68 ISQ при проведении резонансно-частотного анализа.

Отсроченная имплантация с применением метода остеоденсификации

При помощи лезвия № 15 с (Apexmed International B.V., Нидерланды) проводили разрез по середине гребня альвеолярного отростка в области отсутствующего зуба. Лезвие располагалось перпендикулярно поверхности слизистой. Далее отслаивали слизисто-надкостничный лоскут. Согласно протоколу (рис. 4), предложенному производителем боров (Versah), при препарировании имплантационного ложа в кости низкой плотности, последовательно проводилась остеотомия на заданную глубину (9 мм) при помощи пилотного сверла, фрез 2,3 мм, 3,3 мм, завершалось препарирование фрезой 3,5 мм.

Astra Tech™			OsseoSpeed™ TX							
			Soft Bone							
Geometry	Major Ø	Minor Ø	Pilot	Bur 1	Bur 2	Bur 3	Bur 4	Bur 5	Densah™ Bur Block Display	
Straight	3.0	3.0	Pilot	VT1828 (2.3)	VS2228* (2.5)	—	—	—		
Straight	3.5	3.5	Pilot	VT1525 (2.0)	VT2535* (3.0)	—	—	—		
Straight	4.0	4.0	Pilot	VT1828 (2.3)	VT2838 (3.3)	VS3238* (3.5)	—	—		
Conical	4.5	3.5	Pilot	VT1525 (2.0)	VT2535 (3.0)	VT2838* (3.3)	—	—		
Conical	5.0	4.0	Pilot	VT1828 (2.3)	VT2838 (3.3)	VT3545* (4.0)	—	—		
Straight	5.0	5.0	Pilot	VT1828 (2.3)	VT2838 (3.3)	VT3848 (4.3)	VS4248* (4.5)	—		

Рис. 4. Протокол препарирования под имплантаты системы Astra Tech при помощи боров Densah® в кости низкой плотности, предложен производителем боров

При работе использовали физиодиспенсер (W&H Dental Werkburmoos GmbH, Австрия) в режиме вращения против часовой стрелки (режим остеоденсификации), скорость 800–1 500 об/мин при обильном орошении физиологическим раствором. В сформированное ложе устанавливался дентальный имплантат системы Astra Tech TX 4,0 S, 9 мм. Фиксировалось значение крутящего момента. Далее в исследуемый имплантат устанавливали штифт MulTipreg № 38 (Integration Diagnostica, Швеция) и определяли параметры резонансно-частотного анализа на аппарате Penguin RFA (Швеция) не менее двух раз в мезио-дистальном и вестибуло-оральном направлениях, регистрировалось наименьшее из значений.

На следующем этапе устанавливали формирователь десны, соответствующий области установки имплантата. Затем рана ушивалась. Материал для ушивания раны — Monosyn 5/0 (B. Braun, Германия). Снятие швов осуществляли на 7–10 сутки.

Показанием к проведению метода немедленной нагрузки имплантатов и раннего временного протезирования являлось наличие дефектов зубных рядов, входящих в линию улыбки пациента, и показатели крутящего момента не менее 32 Н/см и не менее 68 ISQ при проведении резонансно-частотного анализа.

Методы определения стабильности имплантата

Первичную степень стабильности дентальных имплантатов определяли с помощью торк-теста (определение крутящего момента) и аппарата Penguin RFA, который основан на принципе частотно-резонансного анализа.

Для определения значения крутящего момента (Н/см) использовали физиодиспенсер, с помощью которого проводилась установка дентального имплантата. Показатели фиксировали и далее переходили к бесконтактному методу оценки стабильности имплантата.

Частотно-резонансный анализ проводили непосредственно после операции имплантации в соответствии с протоколом производителя аппарата Penguin RFA.

Алгоритм проведения исследования был следующим:

- 1) штифт MulTipreg № 38, предназначенный для проведения частотно-резонансного анализа у имплантатов системы Astra tech и платформы Osseospeed TX 3,5–4,0 S, вставлялся в имплантат и вручную закручивался по резьбе до конечной фиксации без особых усилий (4–6 Н/см);
- 2) штифт MulTipreg активируется магнитным импульсом от измерительного зонда аппарата Penguin RFA и оказывает воздействие электромагнитным полем на имплантат и окружающую кость. Техника выполнения является бесконтактной;
- 3) результаты ответного сигнала отображались на дисплее аппарата Penguin RFA в виде значения КСИ в диапазоне от 1 до 99 единиц;
- 4) повторяли процедуру измерения под другим углом (90°). Связано это с тем, что, как правило, показатель ISQ одинаков во всех направлениях, если прочность соединения кость — имплантат одинакова вокруг всего имплантата, однако из-за различий в количестве и качестве кости значения ISQ могут также отличаться в разных направлениях;
- 5) регистрируется наименьший из показателей.

Степень стабильности дентальных имплантатов оценивалась непосредственно после их установки и через 6 месяцев по величине показателя ISQ: чем выше значение ISQ, тем выше стабильность. Оптимальным считается значение коэффициента стабильности имплантатов не менее 68 единиц.

Значение КСИ зависит от степени микроподвижности имплантата: имплантаты с низкими или уменьшающимися значениями ISQ имеют более высокую вероятность дезинтеграции по сравнению с имплантатами с высокими или увеличивающимися значениями.

Минимальным пороговым значением для перехода к ортопедическому этапу лечения, фиксации коронки с опорой на дентальный имплантат брали значения ISQ не менее 68 единиц.

Статистический анализ

Обработку данных проводили при помощи программы SPSS Statistic 26.0 (IBM Statistic, США).

На первом этапе все количественные данные проверяли на подчинение нормальному закону распределения (НЗР). Так как объемы выборок были везде менее 50 человек, то для проверки на нормальность использовали критерий Шапиро — Уилка. При $p > 0,05$ выборки подчинялись НЗР, при $p < 0,05$ — не подчинялись НЗР.

Для описательной статистики количественных данных использовали средние значения со стандартным отклонением ($M \pm SD$), медианные значения с 25 % и 75 % квартилями ($Me [Q_1; Q_3]$), а также минимальные и максимальные значения. Для сравнительного анализа независимых выборок применяли непараметрический критерий Манна — Уитни (поскольку не все выборки подчинялись НЗР), для зависимых выборок применяли критерий Уилкоксона. При $p > 0,05$ различия между группами считались статистически незначимыми, а при $p < 0,05$ — статистически значимыми.

Результаты

В табл. 2 указаны результаты сравнительного анализа исследуемых параметров.

Крутящий момент

В I группе, где использовалась стандартная техника, среднее значение ($M \pm SD$) КМ составило ($27,7 \pm 3,8$) Н/см; в группе остеоденсификации (II группа) достоверно ($p = 0,000$) выше — ($45,0 \pm 5,8$) Н/см.

Коэффициент стабильности имплантата

В I группе, где использовалась стандартная техника формирования имплантационного ложа, показатели коэффициента стабильности имплантатов во время операции были значительно ниже, чем во II группе, где применялся метод остеоденсификации, соответственно, ($62,8 \pm 3,2$) и ($71,8 \pm 2,9$), $p = 0,000$.

Таблица 2

**Сравнительный анализ показателей КМ, КСИ во время операции,
КСИ через 6 месяцев и продолжительности операций**

Показатели		I группа	II группа	p
КМ	M±SD	27,7±3,8	45±5,8	0,0001*
	Me [Q ₁ ; Q ₃]	30 [25;30]	45 [40;50]	
	min-max	20-35	35-55	
КСИ во время операции	M±SD	62,8±3,2	71,8±2,9	0,0001*
	Me [Q ₁ ; Q ₃]	62 [61;66]	72 [69;75]	
	min-max	58-68	68-76	
КСИ через 6 месяцев	M±SD	77,2±4,0	77,3±3,0	0,943
	Me [Q ₁ ; Q ₃]	77 [75;80]	77 [75;80]	
	min-max	71-84	73-83	
Время	M±SD	26,8±2,3	25,8±1,8	0,302
	Me [Q ₁ ; Q ₃]	27 [25;28]	26 [24;27]	
	min-max	24-31	23-29	

Примечание: * — различия статистически значимы при $p < 0,05$ согласно U-критерию Манна — Уитни для независимых выборок.

При сравнении продолжительности операции и КСИ через 6 месяцев статистически значимая разница не выявлена ($p > 0,05$).

Обсуждение

В нашем исследовании мы сравнили две техники подготовки имплантационного ложа в кости типа D3–D4 по К. Э. Мишу, часто встречающейся в дистальных отделах верхней челюсти и вызывающей трудности для проведения немедленной нагрузки. Нами выявлено статистически значимое превосходство метода остеоденсификации в сравнении со стандартной техникой остеотомии в достижении высоких значений первичной стабильности имплантатов (КМ и КСИ), $p < 0,05$.

В 1981 г. доктор Т. Альбректссон (англ. T. Albrektsson), член команды П.-И. Бранемарка, заявил о существовании 6 факторов, влияющих на успешность остеоинтеграции: материал и конструкция имплантата, его поверхность, состояние кости, хирургическая техника и условия нагрузки имплантата. Однако из перечисленных факторов в течение последних 30 лет тщательно исследовались в основном методы обработки поверхности имплантата для достижения успешной остеоинтеграции, чего нельзя сказать об инструментах, применяемых при подготовке ложа под дентальный имплантат и непосредственно влияющих на хирургическую технику [16].

Как было ранее отмечено, при использовании метода остеоденсификации (формирование имплантационного ложа при помощи боров Densah против часовой стрелки) кость не вырезается, а уплотняется вдоль стенок и вершины остеотомии. Такие свойства боров Densah обусловлены специально разработанной конической формой: наличием большого количества площадок с большим отрицательным углом наклона, они действуют как нережущие кромки для увеличения плотности кости по мере расширения остеотомии. Эти боры имеют 4 или более площадки и желобки, которые плавно уплотняют кость. Боры Densah последовательно увеличиваются в диаметре в ходе хирургического вмешательства и предназначены для использования со стандартными хирургическими физиодиспенсерами. Они сохраняют и уплотняют кость при вращении против часовой стрелки с частотой 800–1 500 об/мин (режим уплотнения) и способны точно резать ее при вращении по часовой стрелке с частотой 800–1 500 об/мин (режим резания) [17].

Остеоденсификация способствует уплотнению мягкой кости, находящейся в непосредственном контакте с имплантатом, что, в свою очередь, приводит к более высокой степени первичной стабильности благодаря физическому взаимодействию (большему контакту) между костью и им-

плантатом. Уплотненная аутоостружка на поверхности имплантата приводит к раннему формированию остеонной ткани с остеонами, которые действуют как центры нуклеации для остеобластов на поверхности имплантата [18].

В исследовании 2016 г. проведено сравнение 20 гистологических препаратов, полученных через 2 месяца после имплантации; использовались стандартная техника и метод остеоденсификации. Дентальные имплантаты были установлены в гребень подвздошной кости овец. В I группе были установлены имплантаты диаметром 3,8 мм (изначальная ширина гребня 4–6 мм, при установке более широких имплантатов отмечались дегисценции). Во II — дентальные имплантаты диаметром 5,0 мм, что стало возможным благодаря способности расщеплять гребень борами Densah. Инициальная ширина гребня не отличалась от первой группы (4–6 мм). Длина имплантатов в обеих группах составляла 10 мм. Удалось вычислить, что использование метода остеоденсификации позволяет увеличить биомеханические показатели, в особенности плотность кости вокруг имплантата (индекс Bone Volume, %) на 30–40 %, обеспечивая сохранение и уплотнение костной ткани за счет ее компактизации в процессе препарирования. Более высокий уровень стабильности имплантатов при использовании метода остеоденсификации подтверждается также сравнением значений крутящего момента при выкручивании ($(172,70 \pm 16,07)$ Н/см² против $(126,63 \pm 9,52)$ Н/см² при стандартной методике) [19].

Похожие результаты были получены Ю.-Т. Йе и др. (Y.-T. Yeh et al.) в 2021 г. [20].

Увеличение плотности кости вокруг имплантата на 30–40 % при использовании метода остеоденсификации при подготовке имплантационного ложа подтверждает теорию о том, что при использовании боров Densah против часовой стрелки на высоких скоростях (800–1 500 об/мин) кость не иссекается. Вместо этого костная масса уплотняется и одновременно подвергается аутоотрансплантации в направлениях, расширяющихся к наружной части от остеотомии. Это, в свою очередь, объясняет значительное превосходство показателей первичной стабильности (крутящий момент и коэффициент стабильности имплантатов), выявленных в нашем исследовании, при сравнении со стандартной техникой формирования имплантационного ложа в кости низкой плотности.

Также проводились исследования со сравнением различных техник препарирования ложа под имплантаты с отличающимся макродизайном, в частности систем Astra TX (Dentsply Sirona) и Astra EV (Dentsply Sirona). Наилучшие показатели наблюдались при использовании метода остеоденсификации, в сравнении с протоколом, рекомендуемым производителем. При этом более активные имплантаты (Astra EV, Dentsply Sirona) показали более высокие результаты в обоих методах подготовки ложа [21].

Аналогичных результатов добились при сравнении этих методик и различных имплантатов системы Zimmer [22].

Полученные данные позволяют рассматривать метод остеоденсификации как перспективный для повышения эффективности лечения пациентов, которым требуется проведение имплантации в кости низкой плотности. Такая техника формирования имплантационного ложа позволяет повысить значение первичной стабильности имплантатов, установленных в атрофированных дистальных отделах альвеолярного отростка верхней челюсти. Как известно, эта область нередко вызывает сложности для достижения удовлетворительных значений первичной стабильности имплантатов и представляет особый интерес в вопросе немедленной нагрузки.

Заключение

Отмечено повышение эффективности имплантологического лечения пациентов в кости низкой плотности при помощи метода остеоденсификации в виде получения более высоких значений первичной стабильности имплантата (крутящий момент и коэффициент стабильности имплантата во время операции). Последняя, в свою очередь, влияет на успешность всего имплантологического лечения, возможность проведения немедленной нагрузки с опорой на дентальные имплантаты, столь важной для социальной составляющей жизни пациентов.

Список источников | References

1. Ivanov PV, Makarova NI, Bulkina NV, Zyulkina LA. Modern ideas on the osseointegration of dental implants (literature review). *Proceedings of higher educational institutions. Volga region. Medical sciences = Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Povolzhskij region. Medicinskie nauki*. 2018;4(48):191–202. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2018-4-19>.
2. Kulakov AA, Kasparov AS, Porfenchuk DA. Factors affecting osseointegration and the use of early functional loading to reduce the treatment time in dental implantation. *Stomatologiya*. 2019;4(98):107–115. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17116/stomat201998041107>.
3. Shafiullah R, Hariharan R, Krishnan CS, Azhagarasan NS, Jayakrishnakumar S, Saravanakumar M. Influence of cortical layer and surgical techniques on the primary implant stability in low-density bone: An in vitro study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2021;22(2):146–151. DOI: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-3003>.
4. Porfenchuk DA. Diagnostic and prognostic value of determining the stability of dental implants during early functional loading [dissertation of the Candidate of Sciences]. Moscow; 2020. 164 p. (In Russ.).
5. Monje A, Ravidà A, Wang HL, Helms JA, Brunski JB. Relationship Between Primary/Mechanical and Secondary / Biological Implant Stability. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2019;34(Suppl2019):s7–s23. DOI: <https://doi.org/10.11607/jomi.19suppl.g1>.
6. Bergamo ETP, Zahoui A, Barrera RB, Huwais S, Coelho PG, Karateew ED, Bonfante EA. Osseodensification effect on implants primary and secondary stability: Multicenter controlled clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2021;23(3):317–328. DOI: <https://doi.org/10.1111/cid.13007>.
7. Ziebart J, Fan S, Schulze C, Kämmerer PW, Bader R, Jonitz-Heincke A. Effects of interfacial micromotions on vitality and differentiation of human osteoblasts. *Bone & Joint Research*. 2018;7(2):187–195. DOI: <https://doi.org/10.1302/2046-3758.72.BJR-2017-0228.R1>.
8. Kittur N, Oak R, Dekate D, Jadhav S, Dhattrak P. Dental implant stability and its measurements to improve osseointegration at the bone-implant interface: A review. *Materials Today: Proceedings*. 2021;43(2):1064–1070. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.243>.
9. Huang H, Wu G, Hunziker E. The clinical significance of implant stability quotient (ISQ) measurements: A literature review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*. 2020;10(4):629–638. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2020.07.004>.
10. Staedt H, Kämmerer PW, Goetze E, Thiem DGE, Al-Nawas B, Heimes D. Implant primary stability depending on protocol and insertion mode — an ex vivo study. *International Journal of Implant Dentistry*. 2020;6(1):49. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40729-020-00245-3>.
11. Gallucci G, Benic GI, Eckert SE, Papaspyridakos P, Schimmel M, Schrott A, et al. Consensus statements and clinical recommendations for implant loading protocols. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2014;29(Suppl):287–290. DOI: <https://doi.org/10.11607/jomi.2013.g4>.
12. Chen MH, Lyons K, Tawse-Smith A, Ma S. Resonance Frequency Analysis in Assessing Implant Stability: A Retrospective Analysis. *The International Journal of Prosthodontics*. 2019;32(4):317–326. DOI: <https://doi.org/10.11607/ijp.6057>.
13. Chen J, Cai M, Yang J, Aldhohrah T, Wang Y. Immediate versus early or conventional loading dental implants with fixed prostheses: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2019;122(6):516–536. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.05.013>.
14. El-Kholey KE, Elkomy A. Does the drilling technique for implant site preparation enhance implant success in low-density bone? A systematic review. *Implant Dentistry*. 2019;28(5):500–509. DOI: <https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000917>.
15. Padhye NM, Padhye AM, Bhatavadekar NB. Osseodensification — A systematic review and qualitative analysis of published literature. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*. 2020;10(1):375–380. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2019.10.002>.
16. Grishin PG, Kalinnikova EA, Savransky FZ, Chigarina SE, Khaikin MB. The influence of the macro- and microstructure of the implant surface on the processes of osseointegration and stabilization. *Medical Newsletter of Vyatka*. 2020;4(4):44–48. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2220-7880-2020-10129>.
17. Priyada C, Nayar BR. Concept of osseodensification — “To cut or to compress?” *Journal of the Society of Periodontists and Implantologists of Kerala*. 2019;11(1):14–18. Available from: <https://clck.ru/37pBmW> [Accessed 19 January 2024].
18. Mello-Machado RC, de Almeida Barros Mourão CF, Javid K, Ferreira HT, Montemezzi P, Calasans-Maia MD, et al. Clinical Assessment of dental implants placed in low-quality bone sites prepared for the healing chamber with osseodensification concept: A Double-Blind, Randomized Clinical Trial. *Applied Sciences*. 2021;11(2):640. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11020640>.
19. Trisi P, Berardini M, Falco A, Podaliri Vulpiani M. New osseodensification implant site preparation method to increase bone density in low-density bone: in vivo evaluation in sheep. *Implant Dent*. 2016;25(1):24–31. DOI: <https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000358>.

20. Yeh YT, Chu TG, Blanchard SB, Hamada Y. Effects on ridge dimensions, bone density, and implant primary stability with osseodensification approach in implant osteotomy preparation. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implant.* 2021;36(3):474–484. DOI: <https://doi.org/10.11607/jomi.8540>.
21. Neiva R. Effects of osseodensification on Astra TX and EV implant systems. *Clinical Oral Implants Research.* 2018;29:444. DOI: https://doi.org/10.1111/clr.329_13358.
22. Alifarag AM, Lopez CD, Neiva RF, Tovar N, Witek L, Coelho PG. Atemporal osseointegration: Early biomechanical stability through osseodensification. *Journal of Orthopaedic Research.* 2018;36(9):2516–2523. DOI: <https://doi.org/10.1002/jor.23893>.

Информация об авторах

Эдуард Артурович Левонян  — аспирант кафедры стоматологии Института стоматологии имени Е. В. Боровского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия.

E-mail: Ledward96@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1422-1862>

Вардигер Агабековна Бадалян — доктор медицинских наук, профессор кафедры стоматологии Института стоматологии имени Е. В. Боровского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия; ведущий научный сотрудник отделения клинической и экспериментальной имплантологии, Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, Москва, Россия.

E-mail: krisdent@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3885-9358>

Information about the authors

Eduard A. Levonian  — Postgraduate Student of the Department of Dentistry of the E. V. Borovsky Institute of Dentistry, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia.

E-mail: Ledward96@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1422-1862>

Varditer A. Badalyan — Doctor of Sciences (Medicine), Professor of the Department of Dentistry of the E. V. Borovsky Institute of Dentistry, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia; Leading Researcher of the Department of Clinical and Experimental Implantology, Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Moscow, Russia.

E-mail: krisdent@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3885-9358>

Рукопись получена: 17.07.2023. Одобрена после рецензирования: 16.10.2023. Принята к публикации: 22.12.2023.

Received: 17.07.2023. Revised: 15.06.2023. Accepted: 22.12.2023.