

УДК 616.314-089.843

## К ВОПРОСУ ОБ ОСТЕОИНТЕГРАЦИИ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ И СПОСОБАХ ЕЕ СТИМУЛЯЦИИ

*Волгоградский государственный медицинский университет,  
Волгоградский медицинский научный центр,  
кафедра пропедевтики стоматологических заболеваний,  
кафедра хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии*

**С. В. Поройский, Д. В. Михальченко, Е. Н. Ярыгина, С. Н. Хвостов, А. В. Жидовинов**

Актуальной проблемой стоматологии остается снижение количества осложнений после имплантации зубов. Разработка новых приемов хирургических вмешательств, использование различных способов стимуляции остеоинтеграции, создание новых систем имплантатов будут способствовать сокращению сроков реабилитации стоматологических пациентов, улучшению качества их жизни.

*Ключевые слова:* имплантат, модификация поверхности, остеоинтеграция.

## ON THE OSSEOINTERGRATION OF DENTAL IMPLANTS AND METHODS OF ITS STIMULATION

**S. V. Poroytsky, D. V. Mikhailchenko, E. N. Yarigina, S. N. Khvostov, A. V. Zhidovinov**

A great number of complications after dental implantation remains a very significant problem. The development of new surgical techniques, the use of various ways of stimulating osseointegration, the creation of new systems of implants will help to shorten the rehabilitation of patients and improve their quality of life.

*Key words:* implant surface modification, osseointegration.

В настоящее время дентальная имплантация стала общепризнанным, доступным и эффективным методом лечения различных форм дефектов зубных рядов. Однако актуальной проблемой стоматологии остается снижение количества осложнений и сокращение сроков стоматологической реабилитации пациентов. Длительное время лечения и связанные с этим эстетические и функциональные недостатки могут быть весьма неприятными, а иногда становятся причинами отказа от ортопедической реставрации на имплантатах [1, 14].

Для поиска путей решения проблемы необходимо четкое понимание процесса, происходящего на границе дентальный имплантат — кость процесса остеоинтеграции, обнаруженного и описанного в 1969 г. шведским профессором P. I. Branemark. Он определил остеоинтеграцию как «очевидное прямое (непосредственное) прикрепление или присоединение живой костной ткани к поверхности имплантата без внедрения прослойки соединительной ткани» [20].

На сегодняшний день биологические аспекты процесса остеоинтеграции дентального имплантата детально описывает широко известная теория ретракции кровяного сгустка «Blood clot retraction theory» [11, 12], согласно которой проходит последовательная сме-

на трех стадий, отражающих постепенную регенерацию кости:

– первая и наиболее важная фаза — остеоиндукция, в ходе которой на поверхность имплантата через остаток кровяного сгустка вокруг него привлекаются и мигрируют остеобласты;

– вторая фаза — остеоиндукция — костное образование в результате минерализации костного матрикса наступает, когда остеогенные клетки достигнут поверхности имплантата;

– третья фаза — ремоделирование кости — длительный процесс с циклами резорбции и образования кости, стабилизирующийся не ранее чем через 18 месяцев после операции дентальной имплантации.

В состав сгустка, фиксированного на поверхности имплантата, помимо фибрина, входят тромбоцитарные факторы роста, эпидермальный фактор роста, сосудистые факторы роста, инсулиноподобный фактор роста и др. Эти факторы инициируют заживление костной ткани, способствуют активации макрофагов, усиливают ангиогенез, стимулируют образование коллагеновой матрицы, а применительно к имплантации — определяют фиксацию имплантата в костной ткани [16, 21]. Сама операция имплантации — это не что иное, как

хирургическая травма, а имплантат — инородный агент. Подобные вмешательства вызывают первичный ответ организма — воспаление с типичным комплексом соединительно-тканевых изменений [6, 12, 17].

По данным различных авторов, процесс образования кости *de novo* на поверхности имплантата происходит путем контактного и дистантного остеогенеза. При дистантном остеогенезе образование костных структур происходит со стороны поверхностных слоев старой костной ткани в периимплантатной области. Эта костная поверхность обеспечивает область остеогенеза популяцией остеогенных клеток, продуцирующих новый костный матрикс, ориентированный в направлении поверхности имплантата [15, 23].

В отличие от дистантного остеогенеза, при контактном остеогенезе новообразование костной субстанции происходит непосредственно на поверхности самого имплантата. Этот механизм реализуется по аналогии с процессами остеоиндукции, в ходе которых поверхность имплантата выполняет роль пассивной матрицы для остеогенеза. В таком случае происходит миграция клеток-предшественников на поверхность имплантата со стороны материнского ложа, которые начинают дифференцироваться в зрелые остеобласты, секретирующие костный матрикс на поверхности имплантата. Данный процесс диктует значимость в исследовании регенерации костной ткани в периимплантатном пространстве качества и свойств поверхности устанавливаемых имплантатов. Очевидно, что в разных участках периимплантатной области процессы дистантного и контактного остеогенеза происходят параллельно.

Таким образом, понимание патофизиологии процессов вокруг дентального имплантата после его установки, а также реакции организма на сам имплантат как инородное тело, толкает ученых и производителей имплантатов к совершенствованию как самих методик имплантации, так и поиску средств и методов влияния на процесс остеоинтеграции, в том числе способов ее стимуляции и ускорения [2].

Стимуляция остеоинтеграции — это изменение кинетики процессов в биологических тканях, осуществляемое с целью сокращения сроков. При стимуляции, как части сложного процесса репаративной регенерации костной ткани, изменения кинетики должны происходить одновременно во всех звеньях единого процесса с учетом его фазового разделения, обусловленного дифференцировкой направленности [13]. Ввиду того, что полноценная остеоинтеграция дентального имплантата — процесс сложный, Т. Albrektsson в 1990 г. предложил парадигму, включающую шесть основных факторов, необходимых для ее достижения: имплантационный материал; дизайн имплантата; качество поверхности; ортопедическая нагрузка; хирургическая техника; состояние костной ткани [12].

Введение термина «остеоинтеграция» в дентальную имплантацию не только дало развитие имплантологии, но и вызвало некоторое замешательство среди

стоматологов относительно сроков и условий достижения этого состояния. Многочисленные исследования по изучению динамики формирования остеоинтегрированного контакта подвергаются сомнению и указывают на необходимость пересмотра традиционных и ставших хрестоматийными рекомендаций по срокам протезирования после установки дентальных имплантатов — 3 мес. на нижней и 6 мес. на верхней челюстях [7, 22, 23].

Рядом авторов уже проведены исследования по воздействию на процесс остеоинтеграции на клеточном уровне [5, 10, 13]. Так, насыщение поверхности пористых имплантатов богатой тромбоцитами плазмой крови эффективно влияло на процесс репаративной регенерации костной ткани [12]. Доказано действие квазистатического электрического поля на рост и развитие остеогенных стромальных клеток-предшественников, что приводит к улучшению условий остеоинтеграции [12]. Порошин А.В. (2014) в своем исследовании изучал положительную динамику морфоструктурных изменений периимплантатной костной ткани под воздействием ТЭС-терапии в эксперименте и клинике [13, 14].

На остеоинтеграцию оказывают влияние различные биологические, физические, химические факторы [8, 19]. Так, морфологические и биохимические особенности стадий регенерации костной ткани достаточно глубоко изучены и подробно освещены в ряде монографий [3]. Существует множество исследований микро- и макроструктуры поверхности дентальных имплантатов, доказывающих зависимость качественных и количественных показателей остеоинтеграции от особенностей рельефа поверхности имплантата и ее химического состава [3, 4, 7, 10, 17]. К параметрам, способным влиять на остеоинтегративные процессы относятся гидрофильность и шероховатость поверхности.

Гидрофильная поверхность является более предпочтительной по сравнению с гидрофобной, так как наблюдается повышенная способность поверхности имплантата взаимодействовать с биологическими жидкостями, клеточными элементами, что имеет особое значение на ранних этапах остеоинтеграции [2, 4]. Шероховатость поверхности в зависимости от своей выраженности может варьировать в диапазоне от миллиметра до долей микрометра, подразделяясь на макро-, микро- и наношероховатость. В ряде работ продемонстрировано, что высокая степень шероховатости поверхности оказывает положительное влияние на механическую стабильность имплантата как в момент его установки, так и в отдаленные сроки функционирования.

Естественно, что качество поверхности и ее шероховатость определяются способами обработки [3, 12], которые подразделяются следующим образом:

- 1) обработка поверхности имплантата химическими и физическими методами (титаноплазменная, воздушно-абразивная, кислотная и др.);
- 2) нанесение на поверхность имплантата биоактивных веществ, влияющих на остеогенез в области

костно-имплантационного интерфейса (напыление кальцийфосфатной керамики, адгезивных молекул и т. д.).

А. И. Каем (2007) была выявлена эффективность нанесения на поверхность электретной пленки, влияющую на площадь прикрепления остеогенных стромальных клеток-предшественников костного мозга [7]. Д. А. Димитрович (2009) в эксперименте выявил высокий адгезивный потенциал остеогенных стромальных клеток-предшественников костного мозга к поверхности титана после ионно-плазменного травления [4]. Исследования Сунг Ам Чо и Санг-Кю Юнг (2009) показали, что усилия при выкручивании имплантата с лазерной обработкой выше, чем в группе имплантатов с машинной обработкой [18].

Л. Р. Хасанова (2010) в эксперименте, а затем и в клиническом исследовании дентальных имплантатов, изготовленных из наноструктурированного титана марки «Nano-Grade 4», рекомендует изготавливать провизорную ортопедическую конструкцию уже через неделю после хирургического вмешательства [17]. Периковой М.Г. (2014) в экспериментальном исследовании были получены данные, свидетельствующие о тесной связи микрорельефа поверхности винтовых дентальных имплантатов со степенью остеоинтеграции [12]. Кроме того, ведущие производители дентальных имплантатов все чаще применяют технологии обработки поверхности имплантов препаратами кальция. Это компания Straumann и ее поверхности SLA и SLAActive, поверхности TiOblast и OsseoSpeed компании Astra Tech, поверхность SA и CA — Osstem Implant [3, 9]. Так, компанией «Osstem Implant» (Южная Корея) проводится подготовка поверхности дентального имплантата раствором, содержащим ионы кальция, а также хранение данного имплантата в подобном растворе до установки в полости рта. Производителем утверждается, что ионы кальция увеличивают гидрофильность имплантата и влияют на поверхностную энергию активации, предотвращают осаждение ионов углерода на поверхности имплантата, что влияет на адгезию белка крови. Также ионы кальция активно влияют на скорость образования белков крови, формирование сгустка, что способствует росту дифференцированных клеток костного мозга — остеогенезу. Подобные утверждения имеют подтверждение проведенными ранее исследованиями, выявившими и доказавшими физиологическую активность ионизированной формы кальция [3].

Организация поверхности на наноуровне играет важную роль в регуляции процессов адсорбции на поверхности имплантата биологических субстанций, таких как фибронектин, компонентов поврежденных клеток и крови. Данный процесс впоследствии отражается на интенсивности миграции, дифференциации и пролиферации остеогенных клеток [2,3,12]. К сожалению, химические способы обработки поверхности для контролируемого формирования поверхности с нужной трехмерной организацией на наноуровне являются несовершенными. Также нерешенным остается вопрос выбора

поверхности в контексте усиления адгезии клеток остеобластной линии на поверхности имплантата.

Таким образом, проблема поиска оптимальных технологий имплантации является актуальной до настоящего времени и включает не только разработку новых приемов хирургических вмешательств, использование новых способов стимуляции остеоинтеграции, но и создание, комплексное обоснование эффективности новых систем имплантатов, включая новые методы модификации их поверхности. Несомненно, что новые достижения в этом направлении будут способствовать сокращению сроков реабилитации стоматологических пациентов, улучшению качества их жизни.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев А. А., Шемонаев В. И., Михальченко Д. В., Величко А. С. Взгляд на проблему дентальной имплантации в свете современных научных представлений // Волгоградский научно-медицинский журнал. — 2009. — № 2 (22). — С. 19—24.
2. Васильев, М. А. Физиологический отклик на состояние поверхности металлических дентальных имплантатов / М. А. Васильев, В. И. Беда, П. А. Гурин. — Львов: ГалДент, 2010. — 118 с.
3. Воложин, Г. А. Влияние физико-химических свойств поверхности титановых имплантатов и способов их модификации на показатели остеоинтеграции / Г. А. Воложин, А. П. Алехин, А. М. Маркеев [и др.] // Институт стоматологии. — 2009. — № 44. — С. 100—108.
4. Димитрович, Д. А. Сравнительная оценка обработки поверхности внутрикостной части дентальных имплантатов (экспериментальное исследование) / Д. А. Димитрович: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 2009. — 23 с.
5. Ефимов Ю. В., Дюдькин А. К., Мухаев Х. Х., Воробьев А. А., Поройский С. В., Мишура С. Н., Ярыгина Е. Н., Максютин И. А., Ефимова Е. Ю. Устройство для внутрикостного введения лекарственных препаратов в нижнюю челюсть / Патент на полезную модель RUS 54514 20.12.2005
6. Ефимов Ю. В., Стоматов Д. В., Поройский С. В., Ефимова Е. Ю., Иванов П. В. Использование костного шва при косых переломах нижней челюсти // Волгоградский научно-медицинский журнал. — 2015. — № 1. — С. 53—54.
7. Каем, А. И. Клинико-экспериментальное обоснование применения модифицированного электретного покрытия для дентальных имплантатов / А. И. Каем: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 2007. — 22 с.
8. Коробкеев А. А., Сирак С. В., Копылова И. А. Изучение особенностей анатомо-топографического строения нижней челюсти для планирования эндодонтического и имплантологического лечения // Медицинский вестник Северного Кавказа. — 2010. — Т. 17, № 1. — С. 17—22.
9. Кулаков, А. А. Особенности проведения непосредственной имплантации с применением имплантатов различных конструкций / А. А. Кулаков, Ф. М. Абдуллаев // Новое в стоматологии. — 2002. — № 5. — С. 34—36.
10. Леоненко П. В., Закиев В. И., Михальченко Д. В. Усовершенствование поверхности дентальных имплантатов для применения у пациентов с метаболическими остеопатиями на фоне генерализованного пародонтита

та // *Фундаментальные исследования*. — 2013. — № 9—6. — С. 1029—1033.

11. *Михальченко В. Ф., Михальченко Д. В., Порошин А. В.* Способ улучшения процесса остеоинтеграции дентального имплантата // *Волгоградский научно-медицинский журнал*. — 2014. — № 3 (43). — С. 46—49.

12. *Перикова М. Г.* Клинико-лабораторное обоснование применения винтовых дентальных имплантатов с развитой топографией и биоактивными свойствами поверхности / М. Г. Перикова // Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Ставрополь, 2014. — 25 с.

13. *Порошин А. В., Лебедев В. П., Михальченко В. Ф., Михальченко Д. В.* Влияние транскраниальной стимуляции на процесс остеоинтеграции дентальных имплантатов // *Фундаментальные исследования*. — 2013. — № 9—6. — С. 1125—1128.

14. *Порошин А. В., Шемонаев В. И., Михальченко В. Ф., Михальченко Д. В.* Повышение эффективности остеоинтеграции дентальных имплантатов путем воздействия на организацию периимплантатной кости транскраниальной электростимуляцией в эксперименте // *Волгоградский научно-медицинский журнал*. — 2014. — № 4 (44). — С. 34.

15. *Сирак С. В., Слетов А. А., Мартиросян А. К., Ибрагимов И. М., Перикова М. Г.* Использование пористого титана для субантральной аугментации кости при дентальной имплантации (экспериментальное исследование) // *Медицинский вестник Северного Кавказа*. — 2013. — Т. 8. № 3. — С. 42—44.

16. *Фирсова И. В., Поройский С. В., Македонова Ю. А., Дорджиева В. В., Дорджиев Ч. В.* Сравнительный анализ краевой проницаемости материалов для фиксации эндосистем // *Эндодонтия Today*. — 2015. — № 1. — С. 39—41.

17. *Хасанова, Л. Р.* Клинико-экспериментальное обоснование применения дентальных имплантатов из наноструктурного титана / Л. Р. Хасанова // Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Екатеринбург, 2010. — 24 с.

18. *Чо, Сунг Ам.* Усилие при выкручивании титановых имплантатов с поверхностью, обработанной лазером, из большеберцовой кости кролика / Сунг Ам Чо, Санг-Кио Юнг // *Biomaterials*. — 2009. — № 24. — P. 4859—4863.

19. *Яковлев А. Т., Бадрак Е. Ю., Михальченко Д. В., Гришина М. А., Демьянова О. Б.* Исследование микрофлоры в области соединения дентального имплантата с абатментом // *Волгоградский научно-медицинский журнал*. — 2015. — № 1. — С. 46—49.

20. *Branemark, P. I.* Intraosseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies / P. I. Branemark, R. Adell, U. Breine, et al. // *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.* — 1969. — Vol. 3. — P. 81.

21. *Meyer, U.* Ultrastructural characterization of the implant/bone interface of immediately loaded dental implants / U. Meyer, U. Joos, J. Myhill, et al. // *Biomaterials*. — 2007. — Vol. 25. — P. 1959—1967.

22. *Mikhailchenko D. V., Poroshin A. V., Mikhailchenko V. F., Firsova I. V., Sirak S. V.* Influence of transcranial electrostimulation on the osseointegration of dental implant in the experiment / *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. — 2014. — Т. 5, № 5. — С. 705—711.

23. *Sul, Y.-T.* The roles of surface chemistry and topography in the strength and rate of osseointegration of titanium implants in bone / Y.-T. Sul, B.-S. Kang, C. Johansson, et al. // *J. Biomed. Mater. Res.* — 2009. — Vol. 89. — P. 942—950.

## Контактная информация

**Михальченко Дмитрий Валерьевич** — д. м. н., заведующий кафедрой пропедевтики стоматологических заболеваний, Волгоградский государственный медицинский университет, e-mail: karta007@rambler.ru