

DOI: 10.37988/1811-153X_2021_3_52

А.А. Куликова¹,

учебный мастер кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

А.Б. Дымников¹,

к.м.н., доцент кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

С.Ю. Иванов^{1,2},

член-корр. РАН, д.м.н., профессор, зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии; зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии

А.А. Мураев¹,

д.м.н., профессор кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

А.М. Хосрави¹,

аспирант кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

¹ РУДН, 117198, Москва, Россия² Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, 119991, Москва, Россия

Научные исследования Пер-Ингвар Бранемарка в области остеointegrации и костной регенерации. Обзор (часть 2)

Окончание. Начало статьи читайте в № 2 за 2021 г.

Реферат. Работы П.-И. Бранемарка и его научной команды являются фундаментальной основой научных исследований в области остеointegrации и репаративной регенерации костной ткани. При этом в отечественной литературе наблюдается отсутствие четких ссылок на работы П.-И. Бранемарка. Таким образом, **целью настоящей работы** стала систематизация работ П.-И. Бранемарка, посвященных остеointegrации и костной регенерации, в смысловом и хронологическом порядке. Рассмотрены научные публикации с 1963 по 2016 г. Проанализированы данные в отношении остеointegrации различных видов имплантатов, трансплантатов, костной регенерации. Анализ работ П.-И. Бранемарка позволяет сделать вывод, что под его руководством были проведены фундаментальные экспериментальные исследования остеointegrации титановых имплантатов и репаративной регенерации костной ткани. Также были сформулированы основные принципы остеointegrации и требования к имплантатам. **Выводы.** Научные работы П.-И. Бранемарка можно по праву считать базовыми в современной дентальной имплантологии.

Ключевые слова: остеointegrация, костная регенерация, имплантация

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Куликова А.А., Дымников А.Б., Иванов С.Ю., Мураев А.А., Хосрави А.М. Научные исследования Пер-Ингвар Бранемарка в области остеointegrации и костной регенерации. Обзор (часть 2). — *Клиническая стоматология*. — 2021; 24 (3): 52–58. DOI: 10.37988/1811-153X_2021_3_52

А.А. Kulikova¹,

training master of the Oral and maxillofacial surgery Department

А.В. Dymnikov¹,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Oral and maxillofacial surgery Department

S.Yu. Ivanov^{1,2},

associate member of the Russian Academy of Sciences, Grand PhD in Medical Sciences, professor of the Oral and maxillofacial surgery Department; head of Maxillofacial surgery Department

А.А. Muraev¹,

Grand PhD in Medical Sciences, professor of the Oral and maxillofacial surgery Department

А.М. Khosrawi¹,

postgraduate student of the Oral and maxillofacial surgery Department

¹ RUDN University, 117198, Moscow, Russia² Sechenov University, 119991, Moscow, Russia

Research by Per-Ingvar Brånemark in the field of osteointegration and bone regeneration. Review (part 2)

Abstract. The work of P.-I. Brånemark and his scientific team is the fundamental basis of scientific research in the field of osseointegration and reparative regeneration of bone tissue. At the same time, there is a lack of clear references to the works of P.-I. Brånemark in the Russian literature. The purpose of this work was to systematize the works of P.-I. Brånemark, devoted to osseointegration and bone regeneration, in semantic and chronological order. Scientific publications in the period from 1963 to 2016 are considered in semantic and chronological order. Data on osseointegration of various types of implants, grafts, and bone regeneration were analyzed. The analysis of the works of P.-I. Brånemark allows us to conclude that under his leadership, fundamental experimental studies of the osseointegration of titanium implants and the reparative regeneration of bone tissue were carried out. The basic principles of osseointegration and the requirements for implants were formulated. **Conclusions.** The scientific works of P.-I. Brånemark can rightly be considered basic in modern dental implantology.

Key words: osseointegration, bone regeneration, implantation

FOR CITATION:

Kulikova A.A., Dymnikov A.B., Ivanov S.Yu., Muraev A.A., Khosrawi A.M. Research by Per-Ingvar Brånemark in the field of osteointegration and bone regeneration. Review, part 2. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2021; 24 (3): 52–58 (In Russ.). DOI: 10.37988/1811-153X_2021_3_52

ВВЕДЕНИЕ

Регенерация костной ткани и остеоинтеграция остаются базовыми процессами, которые лежат в основе и обеспечивают успех дентальной имплантации. Все современные ученые и клиницисты признают ведущую роль П.-И. Бранемарка (P.-I. Brånemark) и его научной группы, заложивших основы научных исследований в области остеоинтеграции и репаративной регенерации костной ткани. При этом в отечественной литературе отсутствуют четкие ссылки на работы П.-И. Бранемарка. **Цель** настоящей работы — систематизация работ П.-И. Бранемарка, посвященных остеоинтеграции и костной регенерации, в смысловом и хронологическом порядке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения литературного обзора работ П.-И. Бранемарка был выполнен поиск публикаций в научных библиотеках PubMed и Google Scholar. Поиск производился по авторам по запросу «Brånemark». Всего было найдено 188 публикаций. Критериями для выборки было указание П.-И. Бранемарка в списке авторов, наличие данных о костной регенерации и об остеоинтеграции. В результате 81 статья не содержала информации по выбранным критериям, а также не удалось найти 35 публикаций. Таким образом, для анализа были отобраны 60 научных работ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В 1984 г. было опубликовано исследование, посвященное изучению интеграции и дальнейшей стабильности имплантатов, установленных с проникновением в верхнечелюстную пазуху или в полость носа. В качестве экспериментальной части были установлены имплантаты в верхнюю челюсть 3 собак. Через год собак подвергли эвтаназии и проанализировали твердые и мягкие ткани вокруг проникающих имплантатов. Рентгенологические и гистологические исследования не выявили никаких признаков неблагоприятной реакции тканей. Все имплантаты были интегрированы в кость без образования фиброзной капсулы. Дальнейшее изучение проходило на 101 пациенте, которым в общей сложности было установлено 139 имплантатов с перфорацией кости пазухи или носовой полости. Срок наблюдения составил от 5 до 10 лет. Показатели успеха — 70 и 72% соответственно [25].

Следующая работа датируется 1986 г. Апробирован новый тип эндопротеза для реконструкции пястно-фалангового сустава. Конструкция состоит из суставного механизма с двумя винтообразными креплениями для фиксации кости. Протезы из титана аккуратно ввинчиваются в кость с каждой стороны большого сустава, чтобы достичь остеоинтеграции, т.е. прямого контакта между имплантатом и костью без промежуточных слоев мягких тканей. Отмечались успешная интеграция

протеза в костную ткань и восстановление функциональной составляющей сустава [26].

Описано исследование реакции твердых и мягких тканей после имплантации и изготовления мостовидных протезов 16 пациентам с полным отсутствием зубов. Наблюдение проводили при исходном состоянии и через 6, 12, 21, 30, 39 месяцев путем клинического осмотра и оценки рентгенограмм. При последнем исследовании были проанализированы микробиологические образцы и биоптаты десен. Процентное соотношение абатментов без зубного налета (70–75%) и без гингивита (80–85%) было практически постоянным на протяжении всего исследования. Средняя глубина зондирования при окончательном обследовании составила 2,9 мм. Около 75% всех глубин зондирования составляли 3 мм и менее, и ни одна из них не превышала 5 мм. Расстояние между протезом и десной в ходе исследования увеличивалось. Прикрепленная десна окружала 65% щечной и язычной опорных поверхностей. Только 0,9 мм краевой кости было потеряно в среднем в течение первого года и не более 0,05 мм ежегодно в течение следующих 2 лет. Через 6 месяцев существенных изменений в краевых уровнях костной ткани не произошло. Наличия патогенных микроорганизмов не отмечалось, лишь в некоторых образцах биоптата были обнаружены незначительные воспалительные явления. Был сделан вывод о превосходном прогнозе в отношении мягких и твердых тканей при применении имплантации на беззубых челюстях [27].

Затем было опубликовано повторное ретроспективное исследование реакции мягких и твердых тканей после проведения имплантации на беззубых челюстях. 20 пациентам были установлены условно-съёмные мостовидные протезы с опорой на имплантаты. Средний период наблюдения составлял 7,6 лет. Краевые ткани исследовали клиническими методами и путем анализа рентгенограмм, а также микробиологических образцов и биоптатов десны. Соотношение поверхностей абатментов без зубного налета и без признаков гингивита составило 46 и 20% соответственно. Средняя глубина зондирования — 3,8 мм. В 40% измерений глубина зондирования составляла 3 мм или менее, а в 45% — от 4 до 5 мм, тогда как только в 15% случаев она составляла 6 мм или более. Краевые изменения высоты костей были очень малы в течение всего периода наблюдения (0,07 мм в год). Патогенных микроорганизмов не обнаружено. Из 19 биопсий 58% показали здоровую слизистую оболочку, а еще 37% имели незначительные воспалительные явления. Признаки гингивита и глубоких карманов при клиническом обследовании не сопровождалась ускоренной краевой потерей костной массы, а также микрофлорой или гистологическими изменениями, свидетельствующими о пародонтите [28].

В следующем исследовании описано концептуальное применение остеоинтеграции для лечения пациентов с полным или частичным отсутствием зубов. 70 пациентам в общей сложности были установлены 358 дентальных имплантатов. Процедура имплантации проводилась в два этапа, все имплантаты имели винтовое соединение

с протезом. Наблюдение проводилось через 1, 3, 6 месяцев, затем ежегодно. В течение 2 лет наблюдений общая частота успешной реабилитации пациентов составила 98% [29]. Сообщается о большом проценте успеха при реабилитации пациентов с применением имплантатов, которые позволили значительно улучшить лечение больных с различными дефектами полости рта. Остеоинтегрированные имплантаты способны обеспечивать хорошую фиксацию протеза для закрытия дефекта и способствовать его стабильности [30].

В апреле 1986 г. были опубликованы результаты исследования, посвященного изучению возможности комбинировать зубы пациента в качестве естественной опоры и имплантаты в качестве искусственной опоры у пациентов с частичным отсутствием зубов. 10 пациентам было проведено пародонтологическое лечение и удаление несостоятельных зубов. После устранения всех признаков воспаления были установлены имплантаты. Всем пациентам были изготовлены несъемные мостовидные протезы. При обследовании в сроки от 6 до 30 месяцев после операции были получены хорошие клинические результаты. Однако наблюдались также некоторые тканевые реакции, указывающие на определенные клинически значимые различия в функциональном поведении естественных опор и титановых имплантатов. При проведении зондирования в области титановых опор наблюдалась большая глубина кармана, чем в области зуба. Сохранившиеся зубы были обточены, потеря костной ткани наблюдалась вокруг всех имплантатов, но не превышала 1 мм, в области естественных опор потери костной ткани не отмечалось. Степень отложения налета и уровень гигиены в области зубов и в области имплантатов не имел сильных различий [31].

В августе того же года была опубликована еще одна статья, посвященная остеоинтеграции. Научная работа содержит результаты исследования остеоинтеграции имплантатов различного дизайна. 48 имплантатов с винтовой резьбой, 6 цилиндрических имплантатов и 6 Т-образных пластин были установлены в большеберцовую или бедренную кость 6 собак, также по 2 титановых имплантата с винтовой резьбой были установлены в большеберцовую кость 5 пациентов для фиксации титановой формы. Спустя 3–14 месяцев все имплантаты были извлечены с прилегающей костной тканью и тщательно изучены. При этом под остеоинтеграцией было принято понимать прямой контакт кости с имплантатом без промежуточных мягких тканей. По результатам анализа остеоинтеграция была подтверждена во всех винтообразных имплантатах, в то время как цилиндры имели только частичный контакт с костью, как и Т-образные пластины [32].

В 1988 г. было опубликовано описание клинических случаев успешного применения феномена остеоинтеграции у пациентов, находящихся на ортодонтическом лечении. Задачей ортодонтического лечения стало создание достаточного пространства, а со стороны хирургического — замещение отсутствующего зуба. Наблюдались пациенты различных возрастных категорий, при

этом успешное лечение отмечалось во всех клинических случаях [33].

Продолжалось исследование применения остеоинтеграции у пациентов с заболеваниями суставов. В публикации были освещены результаты экспериментального исследования на 11 пациентах-добровольцах. У 4 пациентов был диагностирован ревматоидный артрит, у 7 — остеоартроз. В проксимальный отдел большеберцовой кости были установлены 25 имплантатов. Через 24 месяца имплантаты были удалены с прилегающей костью для гистологического исследования. По результатам исследования только один имплантат не остеоинтегрировался. Авторы пришли к выводу, что наличие ревматоидного артрита не препятствует остеоинтеграции, но сопутствующий остеопороз, возможно, является фактором риска [34].

Параллельно рассматривались и другие способы использования феномена остеоинтеграции. Титановые имплантаты были установлены в челюстные, скуловые, лобные и затылочные кости обезьянам для попытки проведения костного вытяжения верхней челюсти. Всем животным было установлено устройство для обеспечения тяги. По результатам эксперимента было установлено, что во всех случаях скелетное вытяжение было значительным, а имплантаты оставались неподвижными на протяжении всего эксперимента [35].

В работе 1989 г. описываются принципы проведения различных видов частичных реконструкций с использованием остеоинтегрированных титановых креплений по методике Brånemark в качестве абатментов для несъемных мостовидных протезов. Сделаны выводы, что мостовидные протезы с опорой на имплантаты могут быть сконструированы либо в виде отдельных блоков, либо быть одним из вариантов опор совместно с зубами пациента [36].

В 1990 г. опубликовано обширное исследование на 700 пациентах, которым суммарно было установлено 4636 имплантатов. Наблюдение проводилось до 15 лет путем клинической оценки и анализа рентгенограмм. Более 95% имплантатов достигали стабильной остеоинтеграции при наблюдении 5 и 10 лет и по крайней мере 92% через 15 лет [37].

Несколько позже выпущена работа, посвященная изучению методики реабилитации пациентов с отсутствием зубов и резкой атрофией альвеолярных гребней. У 23 пациентов был сформирован аутогенный костный трансплантат из подвздошной кости с заранее вкрученными имплантатами. В общей сложности было установлено 124 имплантата. Затем трансплантат пересаживали в полость рта и после приживления протезировали пациентов несъемными протезами. Среднее время наблюдения после операции изменялось в диапазоне от 1 до 10 лет. Общий процент успеха составил порядка 80%, отмечалась стабильность как клинически, так и рентгенологически. В течение первого года функционирования имплантатов наблюдалась резорбция кости в среднем на 1,49 мм. Однако в дальнейшем ежегодная потеря костной ткани не превышала 0,1 мм.

Таким образом, данный вид лечения целесообразно применять у пациентов с резкой атрофией альвеолярных гребней [38].

В 1991 г. проведен литературный обзор, рассматривающий различные варианты лечения пациентов с полным отсутствием зубов. В ходе анализа был сделан вывод, что метод, предложенный Бранемарком, наиболее целесообразен для реабилитации пациентов с отсутствием зубов и резкой атрофией челюстей [39].

С 1991 г. под руководством Р.-I. Brånemark продолжаются исследования в других областях челюстно-лицевой области. Описывается применение остеоинтеграции для создания опор протеза глазницы. 6 пациентам после операций по поводу новообразований и утери глаза были установлены имплантаты. Через 6 месяцев были установлены абатменты и изготовлен протез глазницы. Остеоинтеграция была достигнута в 17 из 18 имплантатов. Средний срок наблюдения составил 16 месяцев, у одного пациента после проведения лучевой терапии были потеряны все 4 имплантата, у остальных пациентов никаких отрицательных изменений не отмечалось [40].

В 1994 г. вышла работа, посвященная сравнению остеоинтеграции в различных областях челюстно-лицевой области. Рассмотрены принципы, тип и конструкция имплантата, хирургическая техника, результаты исследования. Вероятность успеха составляет 95% в верхней челюсти и 99% в нижней. При краниофациальной реконструкции результаты варьируются от 98% успеха в височной области до всего лишь 48% в изучаемой орбите. Рассматривается некоторый ранний опыт реконструкции суставов пальцев, костно-анкерных протезов пальцев и крупных ампутаций [41].

В 1996 г. опубликованы результаты 3-летнего наблюдения за 17 пациентами, которым была проведена костная пластика аутогенными трансплантатами в сочетании с одновременной установкой имплантатов. Выживаемость имплантатов составила 75%, что свидетельствует о ценности метода Бранемарка для лечения пациентов с атрофией кости [42].

В том же году описываются результаты применения принципов остеоинтеграции для реконструкции пальцев кисти. Описана концепция протезирования пальца у 3 пациентов. Производилась установка имплантата в костномозговую полость первой пястной кости в сочетании с трансплантацией губчатой кости гребня подвздошной кости. После установки абатмента и пластики кожи был прикреплен протез пальца. За время наблюдений от 18 месяцев до 3 лет у всех пациентов сохранялась идеальная остеоинтеграция. Изменений со стороны кожных покровов не отмечалось [43].

Через год описаны клинические наблюдения за 5 пациентами с ревматоидным артритом, которым были установлены суставные механизмы и закреплены в кости с помощью титановых винтов. Срок наблюдения составил от 4 до 6,5 лет. У всех пациентов произошла остеоинтеграция титановых креплений. Функциональный диапазон движений был восстановлен [44].

В том же году опубликовано исследование, в котором показано, что при установке титановых имплантатов совместно с аутогенным трансплантатом из таза бедренной кости у пациентов с резкой резорбцией челюстей, показатель успеха в течение 10 лет составил 95% [45].

В 1998 г. описывается экспериментальное испытание титановых имплантатов, вживленных в большеберцовую кость 26 крыс на кручение и вытягивание. Механические воздействия на имплантат проводились сразу после установки, через 2, 4, 8, 16 недель. В ходе эксперимента было установлено, что уже в течение первых 4 недель происходит увеличение прочности на кручение и вытягивание. Отмечена корреляция между устойчивостью имплантата к механическим воздействиям и гистологическим подтверждением увеличения объема кости и площади ее контакта с титановой поверхностью [46].

Также проведено 5-летнее проспективное исследование по сравнению результатов операции при установке имплантатов с последующим протезированием врачами общей практики и врачами в их собственных кабинетах и в специальных клиниках. В ходе исследования на 38 пациентах было установлено, что небольшие расхождения, которые наблюдались между лечением, не рассматривались как имеющие какое-либо клиническое значение [47].

В 1999 г. продолжаются испытания по применению имплантатов для протезирования пальцев кистей рук. Результаты свидетельствуют о хороших клинических показателях использования остеоинтегрированных имплантатов для эндопротезирования проксимального межфалангового сустава [48].

В тот же период описан новый метод лечения пациентов с беззубой челюстью. Пациентам были установлены имплантаты с немедленным протезированием мостовидными протезами. Имплантация проводилась с применением специального шаблона. Протез фиксировался на металлической балке в день операции. Среднее время лечения составило 7 часов. Общая выживаемость имплантатов в течение 3 лет составила 98%. Концепция получила название Brånemark Novum [49].

В 2000 г. вышла публикация, в которой проведена оценка выживаемости имплантатов и краевой резорбции костной ткани в течение 15 лет в зависимости от моно- или бикортикальной установки имплантатов. Бикортикально установленные имплантаты в 4 раза чаще выходили из строя. 80% причин потери имплантата составлял перелом. В качестве предварительных объяснений были предложены индукция повышенных напряжений и изгибающих усилий, возникающих в результате возможного несоответствия протеза, наличия неблагоприятных соотношений дуг или окклюзионных гиперконтактах в сочетании с бикортикально закрепленными имплантатами. Потеря костной ткани обеих групп имплантатов не имела различий [50].

В том же году описано наблюдение в течение 10-летнего периода за результатами лечения пациентов с применением коротких имплантатов. В общей сложности

было установлено 247 коротких имплантатов. Совокупная выживаемость имплантатов составила 95,5% через 5 лет и 92,3% через 10 лет наблюдения [51].

В 2001 г. была выпущена обзорная статья, объединяющая сферы применения остеоинтеграции. Под остеоинтеграцией понимается структурно-функциональная связь между витальной костью и поверхностью имплантата. Явление остеоинтеграции служит механизмом закрепления, посредством которого возможно надежное закрепление протеза пациента на внутрикостных опорах. Применение имплантатов позволило обеспечить успешную реабилитацию пациентов с различными дефектами. Стало возможным надежное крепление зубных и челюстно-лицевых протезов, слуховых аппаратов, протезов пальцев, суставов и конечностей [52].

В том же году опубликовано сравнение воспалительных явлений вокруг имплантатов для крепления протезов конечностей с протезами в черепно-челюстно-лицевой и в другие области. Срок наблюдения составил от 6 до 24 месяцев. В месте проникновения через кожу наблюдалось большее содержание воспалительных клеток, чем в более глубокой области. Также количество воспалительных клеток в области протезов конечностей было ниже, чем в черепно-лицевой области [53]. В другом исследовании сделан вывод о том, что титановые опоры могут быть успешно использованы для фиксации суставных механизмов при реконструкции мелких суставов после пиогенного артрита кисти. Период наблюдения в среднем 10 лет подтверждает стабильность титановых опор [54].

Спустя несколько месяцев вышла работа, в которой впервые рассматривалась возможность установки скуловых имплантатов для реабилитации пациентов с сильной атрофией челюсти [55].

В работе 2002 г. проведен анализ изменения психологического состояния пациентов при протезировании несъемными конструкциями с опорой на имплантаты. Было опрошено 18 пациентов, все они отмечали ухудшение самооценки при потере зубов и развитии атрофии, затем следовал период адаптации к протезам. Успешный результат лечения способствовал улучшению психологического статуса, поднятию самооценки, позитивному настрою [56].

В 2003 г. была опубликована работа, где изложены результаты применения методики Brånemark Novum у 95 пациентов. В общей сложности пациентам было установлено 285 имплантатов с последующим одномоментным протезированием мостовидными протезами. Срок наблюдения составил от 1 до 5 лет. Общая выживаемость протезов — 99%. Средняя потеря костной массы составила 0,73 мм между обследованиями в 3 месяца и 1 год, 0,16 мм в течение второго года и 0,13 мм ежегодно в течение 3—5 лет [57].

Позднее был описан вклад Бранемарка в процесс реабилитации пациентов с дефектами челюстно-лицевой области, в том числе у пациентов с онкологическими заболеваниями. Использование аутогенных трансплантатов и имплантатов для фиксации протезов в полости

рта и в челюстно-лицевой области значительно улучшили качество жизни пациентов [58].

В 2004 г. появились первые результаты применения скуловых имплантатов. В статье описаны результаты их применения у пациентов с сильной резорбцией кости на верхней челюсти. Всего в исследовании приняло участие 28 пациентов. Срок наблюдения составил от 5 до 10 лет. Отмечался успех применения методики использования скуловых имплантатов. Общий показатель реабилитации составил 96%. В окружающей слизистой оболочке антрального отдела не было никаких признаков воспалительной реакции. Лишь у 4 пациентов наблюдались явления синусита, которые удалось успешно устранить [59].

В следующей публикации представлены результаты наблюдения за пациентами, которым было проведено лечение с применением скуловых имплантатов Zygoma (Nobel Biocare, Швеция). Операцию повели 76 пациентам и установили в общей сложности 124 имплантата. Общая выживаемость для скуловых приспособлений составила 97,9% после 1 года наблюдения. 80% пациентов были полностью удовлетворены как функциональным, так и эстетическим исходом лечения. Состояние слизистой оболочки тоже было стабильным, без явлений воспаления, более чем у 60% пациентов [60].

Продолжаются исследования, посвященные использованию остеоинтеграции в целях реконструкции суставов. В 2007 г. описаны наблюдения в течение 15 лет за пациентами, которым было выполнено протезирование лучезапястного сустава с применением принципа остеоинтеграции. Отмечены превосходные результаты применения метода [61].

Параллельно продолжают наблюдения за скуловыми имплантатами. Опубликовано 3-летнее наблюдение за 76 пациентами, которое показало общую выживаемость скуловых имплантатов 96,3%. Исследование показало, что метод применения zygoma-имплантатов дает высоко предсказуемый результат реабилитации [62].

Позже был представлен новый вариант реабилитации пациентов с сильной резорбцией кости верхней челюсти. Согласно методике, 12 пациентам было установлено по 4 скуловых имплантата и произведена немедленная нагрузка. Из 48 имплантатов только 1 не достиг остеоинтеграции. Ни у одного пациента не выявлено воспалительных явлений в верхнечелюстной пазухе. За 30 месяцев наблюдения никаких отрицательных явлений не отмечалось [63].

В публикации 2012 г. описывается использование полного несъемного протеза нижней челюсти с немедленной нагрузкой, поддерживаемого тремя имплантатами, что оказалось адекватным вариантом реабилитации беззубых пациентов. Протокол позволял упростить лечение, сохраняя при этом такую же потерю костной массы, как и при том же типе лечения, поддерживаемом большим количеством имплантатов [64]. В том же году опубликована работа, подтверждающая, что краниофациальная реабилитация с помощью экстраоральных

имплантатов является безопасным, надежным и предсказуемым методом восстановления нормального внешнего вида пациента [65].

В 2013 г. описано экспериментальное исследование, подтверждающее благотворное влияние костеобразования в камере в апикальной части специальной модификации имплантата в сочетании с более быстрым заживлением кости [66].

Последняя публикация, в которой указывается авторство П.-И. Бранемарка, выпущена в 2016 г., уже после смерти ученого. В работе описан феномен развития определенной тактильной чувствительности с помощью остеоинтегрированных зубных имплантатов, названный остеоперцепцией. Пациенты, реабилитированные с помощью протезов на имплантатах, сообщали об улучшении тактильных и двигательных функций по сравнению с пациентами, носящими полные съемные зубные протезы [67].

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ опубликованных и доступных на английском языке работ П.-И. Бранемарка позволяет сделать вывод, что под его руководством были проведены фундаментальные экспериментальные исследования остеоинтеграции титановых имплантатов и репаративной регенерации костной ткани на плоских (черепных и челюстных) и трубчатых костях. Остеоинтеграция

описана на субклеточном, клеточном и тканевом уровнях. Полученные результаты позволили сформулировать принципы клинического использования дентальных имплантатов, которые остаются актуальными в настоящее время. Командой П.-И. Бранемарка описаны все современные протоколы дентальной имплантации: двухэтапная имплантация при частичной и полной потере зубов, имплантация с использованием хирургических шаблонов и непосредственной нагрузкой, скуловые имплантаты, применение имплантатов в качестве ортодонтических опор.

ВЫВОДЫ

Научные работы П.-И. Бранемарка можно по праву считать базовыми в современной дентальной имплантологии. Авторам, продолжающим научные исследования в данной области, следует учитывать полученные результаты и более внимательно ссылаться на рассмотренные в данном обзоре источники.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Поступила: 09.04.2021 **Принята в печать:** 25.07.2021

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.
Received: 09.04.2021 **Accepted:** 25.07.2021

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES :

25. Brånemark P.I., Adell R., Albrektsson T., Lekholm U., Lindström J., Rockler B. An experimental and clinical study of osseointegrated implants penetrating the nasal cavity and maxillary sinus. — *J Oral Maxillofac Surg.* — 1984; 42 (8): 497—505. PMID: 6588167
26. Hager C.G., Brånemark P.I., Albrektsson T., Strid K.G., Irstam L. Metacarpophalangeal joint replacement with osseointegrated endoprostheses. — *Scand J Plast Reconstr Surg.* — 1986; 20 (2): 207—18. PMID: 3798034
27. Adell R., Lekholm U., Rockler B., Brånemark P.I., Lindhe J., Eriksson B., Sbordone L. Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures (I). A 3-year longitudinal prospective study. — *Int J Oral Maxillofac Surg.* — 1986; 15 (1): 39—52. PMID: 3083005
28. Lekholm U., Adell R., Lindhe J., Brånemark P.I., Eriksson B., Rockler B., Lindvall A.M., Yoneyama T. Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. (II) A cross-sectional retrospective study. — *Int J Oral Maxillofac Surg.* — 1986; 15 (1): 53—61. PMID: 3083006
29. Laney W.R., Tolman D.E., Keller E.E., Desjardins R.P., Roedel N.B.V., Brånemark P.I. Dental implants: tissue-integrated prosthesis utilizing the osseointegration concept. — *Mayo Clin Proc.* — 1986; 61 (2): 91—7. PMID: 3945114
30. Parel S.M., Brånemark P.I., Jansson T. Osseointegration in maxillofacial prosthetics. Part I: Intraoral applications. — *J Prosthet Dent.* — 1986; 55 (4): 490—4. PMID: 3457181
31. Ericsson I., Lekholm U., Brånemark P.I., Lindhe J., Glantz P.O., Nyman S. A clinical evaluation of fixed-bridge restorations supported by the combination of teeth and osseointegrated titanium implants. — *J Clin Periodontol.* — 1986; 13 (4): 307—12. PMID: 3519692
32. Carlsson L., Röstlund T., Albrektsson B., Albrektsson T., Brånemark P.I. Osseointegration of titanium implants. — *Acta Orthop Scand.* — 1986; 57 (4): 285—9. PMID: 3788488
33. Odman J., Lekholm U., Jemt T., Brånemark P.I., Thilander B. Osseointegrated titanium implants—a new approach in orthodontic treatment. — *Eur J Orthod.* — 1988; 10 (2): 98—105. PMID: 3164683
34. Linder L., Carlsson A., Marsal L., Bjursten L.M., Brånemark P.I. Clinical aspects of osseointegration in joint replacement. A histological study of titanium implants. — *J Bone Joint Surg Br.* — 1988; 70 (4): 550—5. PMID: 3403596
35. Smalley W.M., Shapiro P.A., Hohl T.H., Kokich V.G., Brånemark P.I. Osseointegrated titanium implants for maxillofacial protraction in monkeys. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* — 1988; 94 (4): 285—95. PMID: 3177282
36. Ericsson I., Glantz P.O., Brånemark P.I. [Titanium implants of Brånemark type for oral rehabilitation of partially edentulous patients]. — *Tandlakartidningen.* — 1989; 81 (24): 1357—74 (In Swedish). PMID: 2701143
37. Adell R., Eriksson B., Lekholm U., Brånemark P.I., Jemt T. Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. — *Int J Oral Maxillofac Implants.* — 1990; 5 (4): 347—59. PMID: 2094653
38. Adell R., Lekholm U., Gröndahl K., Brånemark P.I., Lindström J., Jacobsson M. Reconstruction of severely resorbed edentulous maxillae using osseointegrated fixtures in immediate autogenous bone grafts. — *Int J Oral Maxillofac Implants.* — 1990; 5 (3): 233—46. PMID: 2098327
39. van Steenberghe D., Brånemark P.I., Quirynen M., De Mars G., Naert I. The rehabilitation of oral defects by osseointegrated implants. — *J Clin Periodontol.* — 1991; 18 (6): 488—93. PMID: 1890233

40. Nerad J.A., Carter K.D., LaVelle W.E., Fyler A., Brånemark P.I. The osseointegration technique for the rehabilitation of the exenterated orbit. — *Arch Ophthalmol.* — 1991; 109 (7): 1032–8. PMID: 2064560
41. Eriksson E., Brånemark P.I. Osseointegration from the perspective of the plastic surgeon. — *Plast Reconstr Surg.* — 1994; 93 (3): 626–37. PMID: 8115525
42. Astrand P., Nord P.G., Brånemark P.I. Titanium implants and onlay bone graft to the atrophic edentulous maxilla: a 3-year longitudinal study. — *Int J Oral Maxillofac Surg.* — 1996; 25 (1): 25–9. PMID: 8833296
43. Lundborg G., Brånemark P.I., Rosén B. Osseointegrated thumb prostheses: a concept for fixation of digit prosthetic devices. — *J Hand Surg Am.* — 1996; 21 (2): 216–21. PMID: 8683049
44. Lundborg G., Brånemark P.I. Anchorage of wrist joint prostheses to bone using the osseointegration principle. — *J Hand Surg Br.* — 1997; 22 (1): 84–9. PMID: 9061535
45. Steenberghe D., Naert I., Bossuyt M., De Mars G., Calberson L., Ghyselen J., Brånemark P.I. The rehabilitation of the severely resorbed maxilla by simultaneous placement of autogenous bone grafts and implants: a 10-year evaluation. — *Clin Oral Investig.* — 1997; 1 (3): 102–8. PMID: 9612149
46. Brånemark R., Ohnrell L.O., Skalak R., Carlsson L., Brånemark P.I. Biomechanical characterization of osseointegration: an experimental in vivo investigation in the beagle dog. — *J Orthop Res.* — 1998; 16 (1): 61–9. PMID: 9565075
47. Andersson B., Odman P., Lindvall A.M., Brånemark P.I. Five-year prospective study of prosthodontic and surgical single-tooth implant treatment in general practices and at a specialist clinic. — *Int J Prosthodont.* — 1998; 11 (4): 351–5. PMID: 9758999
48. Möller K., Sollerman C., Geijer M., Brånemark P.I. Early results with osseointegrated proximal interphalangeal joint prostheses. — *J Hand Surg Am.* — 1999; 24 (2): 267–74. PMID: 10194009
49. Brånemark P.I., Engstrand P., Ohnrell L.O., Gröndahl K., Nilsson P., Hagberg K., Darle C., Lekholm U. Brånemark Novum: a new treatment concept for rehabilitation of the edentulous mandible. Preliminary results from a prospective clinical follow-up study. — *Clin Implant Dent Relat Res.* — 1999; 1 (1): 2–16. PMID: 11359307
50. Ivanoff C.J., Gröndahl K., Bergström C., Lekholm U., Brånemark P.I. Influence of bicortical or monocortical anchorage on maxillary implant stability: a 15-year retrospective study of Brånemark System implants. — *Int J Oral Maxillofac Implants.* — 2000; 15 (1): 103–10. PMID: 10697944
51. Friberg B., Gröndahl K., Lekholm U., Brånemark P.I. Long-term follow-up of severely atrophic edentulous mandibles reconstructed with short Brånemark implants. — *Clin Implant Dent Relat Res.* — 2000; 2 (4): 184–9. PMID: 11359277
52. Brånemark R., Brånemark P.I., Rydevik B., Myers R.R. Osseointegration in skeletal reconstruction and rehabilitation: a review. — *J Rehabil Res Dev.* — 2001; 38 (2): 175–81. PMID: 11392650
53. Holgers K.M., Brånemark P.I. Immunohistochemical study of clinical skin-penetrating titanium implants for orthopaedic prostheses compared with implants in the craniofacial area. — *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* — 2001; 35 (2): 141–8. PMID: 11484523
54. Lundborg G., Brånemark P.I. Osseointegrated silicone implants for joint reconstruction after septic arthritis of the metacarpophalangeal joint: a 10-year follow-up. — *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* — 2001; 35 (3): 311–5. PMID: 11680402
55. Parel S.M., Brånemark P.I., Ohnrell L.O., Svensson B. Remote implant anchorage for the rehabilitation of maxillary defects. — *J Prosthet Dent.* — 2001; 86 (4): 377–81. PMID: 11677531
56. Trulsson U., Engstrand P., Berggren U., Nannmark U., Brånemark P.I. Edentulousness and oral rehabilitation: experiences from the patients' perspective. — *Eur J Oral Sci.* — 2002; 110 (6): 417–24. PMID: 12507214
57. Engstrand P., Gröndahl K., Ohnrell L.O., Nilsson P., Nannmark U., Brånemark P.I. Prospective follow-up study of 95 patients with edentulous mandibles treated according to the Brånemark Novum concept. — *Clin Implant Dent Relat Res.* — 2003; 5 (1): 3–10. PMID: 12831723
58. van Steenberghe D., Quirynen M., Svensson B., Brånemark P.I. Clinical examples of what can be achieved with osseointegration in anatomically severely compromised patients. — *Periodontol 2000.* — 2003; 33: 90–104. PMID: 12950844
59. Brånemark P.I., Gröndahl K., Ohnrell L.O., Nilsson P., Petruson B., Svensson B., Engstrand P., Nannmark U. Zygoma fixture in the management of advanced atrophy of the maxilla: technique and long-term results. — *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* — 2004; 38 (2): 70–85. PMID: 15202664
60. Hirsch J.M., Ohnrell L.O., Henry P.J., Andreasson L., Brånemark P.I., Chiapasco M., Gynther G., Finne K., Higuchi K.W., Isaksson S., Kahnberg K.E., Malevez C., Neukam F.W., Sevetz E., Urgell J.P., Widmark G., Bolind P. A clinical evaluation of the Zygoma fixture: one year of follow-up at 16 clinics. — *J Oral Maxillofac Surg.* — 2004; 62 (9 Suppl 2): 22–9. PMID: 15332178
61. Lundborg G., Besjakov J., Brånemark P.I. Osseointegrated wrist-joint prostheses: a 15-year follow-up with focus on bony fixation. — *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* — 2007; 41 (3): 130–7. PMID: 17486519
62. Kahnberg K.E., Henry P.J., Hirsch J.M., Ohnrell L.O., Andreasson L., Brånemark P.I., Chiapasco M., Gynther G., Finne K., Higuchi K.W., Isaksson S., Malevez C., Neukam F.W., Jr E.S., Urgell J.P., Widmark G., Bolind P. Clinical evaluation of the zygoma implant: 3-year follow-up at 16 clinics. — *J Oral Maxillofac Surg.* — 2007; 65 (10): 2033–8. PMID: 17884535
63. Duarte L.R., Filho H.N., Francischone C.E., Peredo L.G., Brånemark P.I. The establishment of a protocol for the total rehabilitation of atrophic maxillae employing four zygomatic fixtures in an immediate loading system—a 30-month clinical and radiographic follow-up. — *Clin Implant Dent Relat Res.* — 2007; 9 (4): 186–96. PMID: 18031440
64. Rivaldo E.G., Montagner A., Nary H., da Fontoura Frasca L.C., Brånemark P.I. Assessment of rehabilitation in edentulous patients treated with an immediately loaded complete fixed mandibular prosthesis supported by three implants. — *Int J Oral Maxillofac Implants.* — 2012; 27 (3): 695–702. PMID: 22616065
65. Curi M.M., Oliveira M.F., Molina G., Cardoso C.L., De Groot Oliveira L., Brånemark P.I., de Cássia Braga Ribeiro K. Extraoral implants in the rehabilitation of craniofacial defects: implant and prosthesis survival rates and peri-implant soft tissue evaluation. — *J Oral Maxillofac Surg.* — 2012; 70 (7): 1551–7. PMID: 22698291
66. Meirelles L., Brånemark P.I., Albrektsson T., Feng C., Johansson C. Histological evaluation of bone formation adjacent to dental implants with a novel apical chamber design: preliminary data in the rabbit model. — *Clin Implant Dent Relat Res.* — 2015; 17 (3): 453–60. PMID: 24020511
67. Mishra S.K., Chowdhary R., Chrcanovic B.R., Brånemark P.I. Osseoperception in Dental Implants: A Systematic Review. — *J Prosthodont.* — 2016; 25 (3): 185–95. PMID: 26823228