

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-2-40-45

УДК: 616.31-089

ВЛИЯНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЗУБНЫХ ИМПЛАНТАТОВ И ВАЖНОСТЬ ИХ УЧЕТА ПРИ ОСТЕОИНТЕГРАЦИИ

Контомиров К. Д., Зимовская А. С., Рогова С. С., Рымар Н. М., Полещук Т. С.

Тихоокеанский государственный медицинский университет, г. Владивосток, Россия

Аннотация

Предметом исследования данной статьи является всесторонний анализ и оценка различных биохимических факторов, влияющих на успешность установки и функционирования дентальных имплантатов. Исследование направлено на выявление и понимание следующих аспектов: процессы остеointegrации, факторы роста и цитокины, биосовместимость материалов и имплантатов, ионный состав полости рта, воспалительные процессы, применение биохимических маркеров.

Цель — изучить и охарактеризовать биохимические факторы, влияющие на долговечность имплантационной конструкции и интегративную способность имплантатов.

Задачи: 1) определить, какие биохимические факторы имеют наибольшее значение для успешной дентальной имплантации и могут быть использованы в качестве предикторов успешности остеointegrации; 2) обосновать необходимость комплексного подхода и показать важность интеграции данных о биохимическом статусе пациента в общую картину предоперационного обследования и последующего мониторинга для улучшения долгосрочных результатов имплантационного лечения.

Методология. Проведен обзор литературы по теме за последние 10 лет, что позволяет выявить корреляции между биохимическими процессами и успешностью операций по вживлению дентальных имплантатов. Рассмотрен механизм воздействия биохимического состава полости рта на имплантат.

Результаты. Литературные данные свидетельствуют, что биохимические процессы играют важнейшую роль в процессе остеointegrации и поддержании стабильного соединения имплантата с костной тканью. Оптимизация этих процессов может существенно повысить успешность дентальных имплантатов.

Выводы. Установлено, что учет биохимических факторов, влияющих на остеointegrацию, иммунный ответ и реакцию тканей на материалы имплантата, помогает лучше понять механизмы, связанные с биосовместимостью имплантата с тканями полости рта, для дальнейшей успешной имплантации.

Ключевые слова: зубные имплантаты, остеointegrация, биохимические факторы, факторы роста, цитокины, биосовместимость, остеобласты и остеокласты

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Кирилл Дмитриевич КОНТОМИРОВ ORCID ID 0009-0004-8760-5666

студент 1 года обучения, Тихоокеанский государственный медицинский университет, г. Владивосток, Россия
return465.z@gmail.com

Ангелина Станиславовна ЗИМОВСКАЯ ORCID ID 0009-0009-2693-5764

студентка 1 года обучения, Тихоокеанский государственный медицинский университет, г. Владивосток, Россия
aey2324@gmail.com

Софья Сергеевна РОГОВА ORCID ID 0009-0009-3283-5137

студентка 1 года обучения, Тихоокеанский государственный медицинский университет, г. Владивосток, Россия
rogovasonya2005@gmail.com

Никита Михайлович РЫМАР ORCID ID 0009-0008-7515-0229

студент 1 года обучения, Тихоокеанский государственный медицинский университет, г. Владивосток, Россия
nikitarymar2005@gmail.com

Татьяна Сергеевна ПОЛЕЩУК ORCID ID 0009-0005-6777-3088

к.м.н., ассистент кафедры нормальной и патологической физиологии, Тихоокеанский государственный медицинский университет, г. Владивосток, Россия
tat_s82@mail.ru

Адрес для переписки: Кирилл Дмитриевич КОНТОМИРОВ

69001, г. Владивосток, ул. Державина, д. 16

+7 (961) 9575573

return465.z@gmail.com

Образец цитирования:

Контомиров К. Д., Зимовская А. С., Рогова С. С., Рымар Н. М., Полещук Т. С.

ВЛИЯНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЗУБНЫХ ИМПЛАНТАТОВ И ВАЖНОСТЬ ИХ УЧЕТА ПРИ ОСТЕОИНТЕГРАЦИИ. Проблемы стоматологии. 2024; 2: 40-45.

© Контомиров К. Д. и др., 2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-2-40-45

Поступила 23.06.2024. Принята к печати 14.07.2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-2-40-45

INFLUENCE OF BIOCHEMICAL FACTORS ON THE DURABILITY OF DENTAL IMPLANTS AND THE IMPORTANCE OF CONSIDERING THEM DURING OSSEOINTEGRATION

Kontomirov K.D., Zimovskaya A.S., Rogova S.S., Rymar N.M., Poleshchuk T. S.

Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia

Annotation

The subject of this article is a comprehensive analysis and evaluation of the various biochemical factors that influence the success of dental implant placement and function. The study aims are to identify and understand the following aspects: osseointegration processes, growth factors and cytokines, biocompatibility of materials and implants, ionic composition of the oral cavity, inflammatory processes, biochemical markers of recovery prediction.

The aim is to study and characterize the biochemical factors influencing the durability of the implant construction and the integrative ability of implants.

Research objectives: 1) to determine which biochemical factors are most important for successful dental implantation and can be used as predictors of osseointegration success. 2) explain the importance for a comprehensive approach and to show the importance of integrating data on the biochemical status of the patient into the overall picture of preoperative examination and subsequent monitoring to improve the long-term results of implant treatment.

Methodology. A review of the literature on the subject for the last 10 years has been carried out, which allows to reveal correlations between biochemical processes and the success of dental implant surgeries. The mechanism of the impact of the biochemical composition of the oral cavity on the implant is considered.

Results. Literature data indicate that biochemical processes play a crucial role in the process of osseointegration and maintenance of stable connection of the implant with the bone tissue. Optimization of these processes can significantly improve the success of dental implants.

Conclusions. It was found that taking into account the biochemical factors influencing osseointegration, immune response and tissue reaction to implant materials helps to better understand the mechanisms related to implant biocompatibility with oral tissues for further successful implantation.

Keywords: *dental implants, osseointegration, biochemical factors, growth factors, cytokines, biocompatibility, osteoblasts and osteoclasts*

The authors declare no conflict of interest.

Kirill D. KONTOMIROV ORCID ID 0009-0004-8760-5666

1st year Student, Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia
return465.z@gmail.com

Angelina S. ZIMOVSKAYA ORCID ID 0009-0009-2693-5764

1st year Student, Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia
aeye2324@gmail.com

Sofia S. ROGOVA ORCID ID 0009-0009-3283-5137

1st year Student, Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia
rogovasonya2005@gmail.com

Nikita M. RYMAR ORCID ID 0009-0008-7515-0229

1st year Student, Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia
nikitarymar2005@gmail.com

Tatyana S. POLESCHUK ORCID ID 0009-0005-6777-3088

PhD in Medical Sciences, Assistant of the Department of Normal and Pathological Physiology, Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia
tat_s82@mail.ru

Address for correspondence: Kirill D. KONTOMIROV

16 Derzhavina St., Vladivostok, Russia, 69001

+7 (961) 9575573

return465.z@gmail.com

For citation:

Kontomirov K.D., Zimovskaya A.S., Rogova S.S., Rymar N.M., Poleshchuk T. S.

INFLUENCE OF BIOCHEMICAL FACTORS ON THE DURABILITY OF DENTAL IMPLANTS AND THE IMPORTANCE OF CONSIDERING THEM DURING OSSEOINTEGRATION. Actual problems in dentistry. 2024; 2: 40-45. (In Russ.)

© Kontomirov K.D. et al., 2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-2-40-45

Received 23.06.2024. Accepted 14.07.2024

Введение

В последние годы зубные имплантаты стали одним из самых эффективных и долговечных методов восстановления утраченных зубов, значительно улучшая качество жизни пациентов. Современная стоматология активно использует имплантационные системы, которые обеспечивают прочность и долговечность за счет успешной интеграции имплантата с костной тканью. Этот процесс, известный как остеоинтеграция, является ключевым фактором, определяющим успешность и стабильность имплантатов в долгосрочной перспективе [2].

Успех остеоинтеграции и, следовательно, эффективность зубных имплантатов зависят от множества факторов, среди которых важное место занимают биохимические процессы [5, 20, 23], протекающие в зоне имплантации. Биохимические факторы играют решающую роль в регуляции клеточной активности [9, 12, 14, 15, 24], взаимодействии тканей с имплантатами и управлении воспалительными реакциями, которые сопровождают процесс заживления [4, 13, 18]. Несмотря на значительные достижения в области материаловедения и хирургических техник [17, 11, 8], понимание биохимических механизмов, лежащих в основе успешной остеоинтеграции, остается критически важным для дальнейшего улучшения результатов имплантационной терапии.

Цель работы — анализ биохимических аспектов, влияющих на интеграцию зубных имплантатов с костной тканью, и разработка рекомендаций по оптимизации процедур имплантации. Ожидается, что результаты данного исследования помогут улучшить понимание биохимических процессов, связанных с остеоинтеграцией, и будут способствовать разработке новых материалов и методов, направленных на повышение успешности и надежности зубных имплантатов.

Методы и материалы

В качестве исследования проведен обзор литературы, сбор и анализ существующих данных о биохимических факторах, влияющих на успешность остеоинтеграции зубных имплантатов с помощью баз данных: eLibrary, PubMed, The Cochrane Library.

Результаты исследования

Исследование было направлено на оценку биохимических факторов, которые влияют на успешность остеоинтеграции зубных имплантатов. Были изучены различные биохимические параметры, поверхностные свойства имплантатов, факторы роста, клеточные реакции и молекулярные механизмы, участвующие в этом процессе.

Клеточные реакции и молекулярные механизмы. Основными клетками, участвующими в процессе имплантации, являются остеобласты и остеокласты [15, 24]. Понимание их роли в интеграции имплантатов

позволяет улучшить клинические результаты и разработать новые методы лечения [12, 15].

Остеобласты первыми взаимодействуют с поверхностью имплантата, прикрепляясь к ней через интегрины и другие клеточные адгезионные молекулы [24]. Этот процесс критически важен для начальной стадии остеоинтеграции. Затем остеобласты начинают формировать новый костный матрикс вокруг имплантата, обеспечивая его надежность и долговечность [14, 23]. Этот процесс может быть улучшен за счет использования материалов с биоинертными или биоактивными поверхностями, которые стимулируют активность остеобластов. Также остеобласты играют ключевую роль в поддержании и ремоделировании костной ткани вокруг имплантата, обеспечивая его длительную стабильность и функциональность [9, 12, 14, 15, 24].

Остеокласты, являясь клетками, ответственными за резорбцию костной ткани, выделяют кислоты и ферменты (катепсины и металлопротеиназы), на начальных этапах остеоинтеграции удаляют поврежденную или некротическую кость, создавая пространство для формирования новой костной ткани остеобластами [9, 18]. Остеокласты помогают моделировать костный матрикс [1, 13], обеспечивая его оптимальное расположение вокруг имплантата. Этот процесс важен для создания устойчивой и долговечной связи между имплантатом и костью [8]. Остеокласты также участвуют в регуляции воспалительных процессов.

В рамках исследования было изучено влияние имплантатов на биосовместимость в зависимости от материала имплантата. Так, оксидная пленка на поверхности имплантата из титанового сплава (Ti-6Al-4V) обеспечила высокую адгезию остеобластов и минимальную воспалительную реакцию [5, 8, 15]. Анализ показал, что шероховатая поверхность титана способствует лучшему прикреплению клеток и улучшает остеоинтеграцию. Поверхность имплантата из диоксида циркония (ZrO_2) показала отличную биосовместимость и адгезию клеток [8, 15, 17]. Остеобласты активно пролиферировали и дифференцировались на циркониевых имплантатах, что привело к быстрой минерализации костного матрикса [13].

В дифференцировке остеобластов и формировании костной ткани играют важную роль гены, что критически важно для остеоинтеграции зубных имплантатов. RT-PCR анализ показал, что имплантаты с улучшенной поверхностью стимулировали экспрессию генов, таких как RUNX2, OPN и BSP, которые участвуют в остеогенезе [21]. Вестерн-блоттинг и иммунофлуоресценция выявили повышенные уровни остеокальцина и остеопонтина в окружающей имплантат ткани, что подтверждает активное формирование костного матрикса [1, 18, 21]. Таким образом, была выявлена роль адгезии и пролиферации остеобластов в остеоинтеграции.

Биохимические маркеры: факторы роста и цитокины. Роль цитокинов и факторов роста является

решающей в успешности остеоинтеграции имплантата [3]. Они воздействуют на активность остеобластов и остеокластов, способствуя процессам ремоделирования костной ткани, пролиферации и дифференциации [3, 14, 16, 19].

Основными факторами роста, влияющими на остеоинтеграцию являются:

- 1) фибробластовый фактор роста (FGF), связывающий гепарин и влияющий на пролиферацию остеобластов;
- 2) трансформирующий фактор роста бета (TGF-β), который стимулирует пролиферацию и регулирует активность остеокластов, способствуя формированию костной ткани;
- 3) инсулиноподобные факторы роста (IGF), которые ускоряют пролиферацию остеобластов и синтез коллагена, тем самым способствуя минерализация костного матрикса вокруг имплантата;
- 4) костные морфогенетические белки (BMPs), которые способствуют образованию остеобластов посредством дифференцировки стволовых клеток, улучшая минерализацию и стабильность имплантата [10, 16, 22].

Цитокины, являясь медиаторами воспаления, оказывают двойное воздействие на успешность имплантации, участвуя в ремоделировании кости и вызывая воспаление. Основными цитокинами, влияющими на остеоинтеграцию, являются:

- 1) фактор некроза опухоли-альфа (TNF-α), стимулирующий разрушение матрикса кости, вызывая воспаление,

- 2) интерлейкин -1 (IL-1), который стимулирует резорбцию кости, снижая успешность имплантации,

- 3) интерлейкин -6 (IL-6), стимулирующий активность остеокластов и разрушение костной ткани, что является свидетельством безуспешной имплантации,

- 4) интерлейкин -1 (IL-10), который подавляет действие остеокластов, снижая воспаление и оказывая благоприятное воздействие на остеоинтеграцию [3, 16, 19].

Структурированная информация о воздействии биохимических маркеров на успешность дентальной информации приведена в таблице.

Таким образом, цитокины играют ключевую роль в процессе остеоинтеграции зубных имплантатов. Провоспалительные цитокины, такие как IL-1, TNF-α и IL-6, оказывают отрицательное влияние на остеоинтеграцию, способствуя воспалению и резорбции костной ткани. Напротив, противовоспалительные цитокины, такие как IL-10, и остеогенные факторы, такие как TGF-β, BMP и IGF, оказывают положительное влияние, способствуя пролиферации остеобластов и формированию новой костной ткани вокруг имплантатов.

Корреляционный анализ помог выявить взаимосвязь между уровнями остеогенных факторов и успешностью имплантатов, имеющую положительные показатели корреляции ($r = 0,75$, $p < 0,01$) [7, 17, 20]. Высокие уровни IL-1 и TNF-α, напротив, были отрицательно

Таблица

Влияние факторов роста и цитокинов на успешность имплантатов

Table. Influence of growth factors and cytokines on implant success

Цитокин	Функция	Влияние на остеоинтеграцию	Диагностическое значение
TGF-β	Повышение пролиферации и дифференцировки остеобластов [16, 19]	Положительное	Повышенные уровни TGF-β способствуют формированию костной ткани и успешной имплантации [3]
BMP	Стимуляция остеогенеза и минерализации [16, 19]	Положительное	Высокие уровни BMP коррелируют с улучшенной минерализацией и повышенной стабильностью имплантатов [3]
IGF	Стимуляция пролиферации остеобластов и синтеза коллагена [16, 19]	Положительное	IGF способствует быстрой минерализации костного матрикса вокруг имплантата [3]
IL-1	Провоспалительный эффект, стимуляция резорбции кости [16, 19]	Отрицательное	Высокие уровни IL-1 связаны с воспалением и резорбцией костной ткани, что снижает успешность имплантации [3]
TNF-α	Провоспалительный эффект, разрушение костного матрикса [16, 19]	Отрицательное	Повышенные уровни TNF-α ассоциированы с воспалением и неудачной остеоинтеграцией [3]
IL-6	Стимуляция воспалительных реакций и резорбции кости [16, 19]	Отрицательное	Высокие уровни IL-6 приводят к воспалению и увеличению активности остеокластов, что ухудшает остеоинтеграцию [3]
IL-10	Противовоспалительный эффект, подавление активности остеокластов [16, 19]	Положительное	Высокие уровни IL-10 способствуют снижению воспаления и улучшению интеграции имплантатов [3]

коррелированы с успешностью имплантации ($r = -0,68$, $p < 0,05$) [7, 8, 17, 20].

Ретроспективный анализ показал, что имплантаты, интегрированные с учетом биохимических факторов (97% успешности) [20], имеют более высокие шансы на приживаемость, чем имплантаты, при вживлении которых биохимические факторы не учитывались (94%) [20].

Выводы

Исходя из результатов исследования, можно сделать вывод, что имплантация с учетом биохимических факторов, влияющих на процессы остеоинтеграции, имеет наибольший процент успешности.

Литература/References

1. Баранов С.Р., Лызо Т.С., Корчагина А.А., Крылова А.С. разработка функциональной модели, описывающей влияние сигнальных белков на процесс остеоинтеграции. Природные системы и ресурсы. 2020;3. [S.R. Baranov, T.S. Lyzo, A.A. Korchagina, A.S. Krylova. Development of functional model describing the implication of signal belks on the osteointegration process. Natural Systems and Resources. 2020;3. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-funktsionalnoy-modeli-opisyvayushey-vliyaniye-signalnyh-belkov-na-protsess-osteointegratsii>
2. Гударьян А.А., Ширинкин С.В. Современные подходы в комплексном лечении воспалительно- деструктивных осложнений дентальной имплантации. Sciences of Europe. 2019;36-2:36. [A.A. Gudaryan, S.V. Shirinkin. Modern approaches in the complex treatment of inflammatory and destructive complications of dental implantation. Sciences of Europe. 2019;36-2:36. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-v-kompleksnom-lechenii-vospalitelno-destruktivnyh-oslozheniy-dentalnoy-implantatsii>
3. Гуськов А.В., Абдурахманова М.А., Никифоров А.А., Олейников А.А., Кокунова А.С. Диагностическая значимость провоспалительных цитокинов при планировании дентальной имплантации у пациентов с общесоматическими патологиями. Рос. мед. -биол. вестн. им. акад. И.П. Павлова. 2023;3. [A.V. Guskov, M.A. Abdurakhmanova, A.A. Nikiforov, A.A. Oleinikov, A.S. Kokunova. Diagnostical significance of provisional cytokines in planning dental implantation in patients with general pathologies. Ros. med. -biol. vestn. named after Acad. I.P. Pavlov. 2023;3. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnosticheskaya-znachimost-provospalitelnyh-tsitokinov-pri-planirovani-dentalnoy-implantatsii-u-patsientov-sP>
4. Дон Е.С., Тарасов А.В., Эпштейн О.И., Тарасов С.А. Биомаркеры в медицине: поиск, выбор, изучение и валидация. Клиническая лабораторная диагностика. 2017;1. [E.S. Don, A.V. Tarasov, O.I. Epstein, S.A. Tarasov. Biomarkers in medicine: search, selection, study and validation. Clinical Laboratory Diagnostics. 2017;1. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/biomarkery-v-medsine-poisk-vybor-izuchenie-i-validatsiya>
5. Жидовинов А.В., Глоденко Д.А. Дентальная имплантация как оптимальный способ фиксации съёмных протезов. Прикаспийский вестник медицины и фармации. 2021;2. [A.V. Zhidovinov, D.A. Glodenko. Dental implantation as optimal spouse of fixation of adjustable protests. Caspian Bulletin of Medicine and Pharmacy. 2021;2. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/dentalnaya-implantatsiya-kak-optimalnyy-sposob-fiksatsii-sennyh-protvezov>
6. Жолудев С.Е., Нерсесян П.М. Современные знания и клинические перспективы использования для позиционирования дентальных имплантатов хирургических шаблонов. Обзор литературы. Проблемы стоматологии. 2017;4. [S.E. Zholudev, P.M. Nersesyan. Modern knowledge and clinical perspectives of using surgical templates for positioning of dental implants. Literature review. Actual Problems in Dentistry. 2017;4. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-znaniya-i-klinicheskie-perspektivy-ispolzovaniya-dlya-pozitsionirovaniya-dentalnyh-implantatov-hirurgicheskikh-shablonov>
7. Загорский В.А. Дентальная имплантация. Материалы и компоненты. Символ науки. 2016;9-2. [V.A. Zagorskii. Dental Implantation. Materials and components. Symbol of science. 2016;9-2. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/dentalnaya-implantatsiya-materialy-i-komponenty>
8. Иванов П.В., Макарова Н.И., Булкина Н. В., Зюлькина Л.А. Современные представления об остеоинтеграции дентальных имплантатов (обзор литературы). Известия вузов. Поволжский регион. Медицинские науки. 2018;4:48. [P.V. Ivanov, N.I. Makarova, N.V. Bulkina, L.A. Zylkina. Modern ideas about osteointegration of dental implants (literature review). News of universities. Volga region. Medical sciences. 2018;4:48. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-predstavleniya-ob-osteointegratsii-dentalnyh-implantatov-obzor-literatury>
9. Киселевский М.В., Анисимова Н.Ю., Мартыненко Н.С., Ситдикова С.М., Добаткин С.В., Караулов А.В., Эстрин Ю.З. Остеоиммунология и биосовместимость костных имплантатов. Иммунология. 2018;5-6. [M.V. Kiselevsky, N.Yu. Anisimova, N.S. Martynenko, S.M. Sitdikova, S.V. Dobatkin, A.V. Karaulov, Yu.Z. Estrin. Osteoimmunology and biocompatibility of bone implants. Immunology. 2018;5-6. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/osteoiimmunologiya-i-biosovmestnost-kostnyh-implantatov>
10. Кушнарева А.А., Саргсян А.Р. Имплантация зубов как альтернатива мостовидным и съёмным протезам. Здоровье и образование в XXI веке. 2014;4. [A.A. Kushnareva, A.R. Sargsyan. Implantation of teeth as an alternative to bridges and removable prostheses. Health and Education in the XXI century. 2014;4. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/implantatsiya-zubov-kak-alternativa-mostovidnym-i-sennyim-protEZam>
11. Ларичкин А.Ю., Федорова Н.В., Тодер М.С., Шевела А.А. Различные подходы к оценке работоспособности имплантатов в стоматологии: материалы, моделирование, современные тенденции. Российский журнал биомеханики. 2019;1. [A.Yu. Larichkin, N.V. Fedorova, M.S. Toder, A.A. Shevela. Various approaches to assessing the performance of implants in dentistry: materials, modeling, current trends. Russian Journal of Biomechanics. 2019;1. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/razlichnye-podhody-k-otsenke-rabotosposobnosti-implantatov-v-stomatologii-materialy-modelirovanie-sovremennye-tendentsii>
12. Махмудов Т.Г. Уровень маркеров остеобластов и остеокластов у пациентов с дентальными имплантатами. Клиническая стоматология. 2020;2(94):73-77. [T.G. Makhmudov. Level of markers of osteoblasts and osteoclasts in patients with dental implants. Clinical Dentistry. 2020;2(94):73-77. (In Russ.)]. DOI: 10.37988/1811-153X_2020_2_73.
13. Мелкоян К.И., Бирюкова А.О., Улитина Н.Н., Русинова Т.В., Юцкевич Я.А., Литвинова М.Г., Быков И.М., Карташевская М.И. Компоненты внеклеточного матрикса в восстановлении поврежденных тканей: биохимические взаимодействия и протективный эффект. Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. 2019;4. [K.I. Melkonyan, A.O. Biryukova, N.N. Ulitina, T.V. Rusinova, Ya.A. Yutskevich, M.G. Litvinova, I.M. Bykov, M.I. Kartashevskaya. Components of the extracellular matrix in the repair of damaged tissues: biochemical interactions and protective effect. Crimean Journal of Experimental and Clinical Medicine. 2019;4. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/komponenty-vnekletochnoy-matriksa-v-vostanovlenii-povrezhennyh-tkaney-biohimicheskie-vzaimodeystviya-i-protektivnyy-effekt>
14. Наумович С.А., Голово А.И. Анализ факторов, влияющих на процесс остеоинтеграции дентальных имплантатов при планировании ортопедического лечения. Современная стоматология. 2019;3:76. [S.A. Naumovich, A.I. Golovko. Analysis of factors implicong on the process of osteointegration of dental implants in planning orthopedic treatment. Modern Dentistry. 2019;3:76. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-faktorov-vliyayuschih-na-protsess-osteointegratsii-dentalnyh-implantatov-pri-planirovani-ortopedicheskogo-lecheniya>
15. Остапович А.А., Иващенко С.В., Гузов С.А., Беззубик С.Д., Клименко В.В., Гамзелова Т.В. Морфологическая характеристика остеоинтеграции дентальных имплантатов. Современная стоматология. 2020;4:81. [A.A. Ostapovich, S.V. Ivashenko, S.A. Guzov, S.D. Bezzubik, V.V. Klimenko, T.V. Gamzelova. Morphological characteristics of osteointegration of dental implants. Modern Dentistry. 2020;4:81. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/morfologicheskaya-harakteristika-osteointegratsii-dentalnyh-implantatov>
16. Панахов Н.А., Оглу, Махмудов Т.Г. Оглу. Уровни циркулирующих цитокинов в ранние сроки послеимплантационного периода. Казанский мед.ж. 2017;6. [N.A. Panahov Oglu, T.G. Mahmudov Oglu. Levels of circulating cytokines in the early postimplantation period. Kazan Med.Zh. 2017;6. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/urovni-tsirkuliruyuschih-tsitokinov-v-rannie-sroki-posleimplantatsionnogo-perioda>
17. Родригес Х., Бараллат Л., Сорриано С. и др. Оценка критической поддержки периапикальной кости при протезировании нижней челюсти с использованием двух имплантатов. Пятилетнее ретроспективное исследование. Постановление о протезировании. 2018;62(3):331-336. [J. Rodriguez, L. Barallat, S. Soriano et al. Evaluation of critical periapical bone support in mandibular prosthetics using two implants. A five-year retrospective study. J Prosthodontics Resid. 2018;62(3):331-336. (In Russ.)]. doi: 10.1016/j.jpor.2018.02.010

Практические рекомендации

Для повышения успешности зубных имплантатов необходимо учитывать следующие аспекты:

1. Разработка и использование имплантатов из биоматериалов, которые способствуют активации остеобластов и минимизируют воспалительные реакции.
2. Применение факторов роста и цитокинов, стимулирующих остеогенез, для улучшения условий остеоинтеграции.
3. Мониторинг и контроль уровня провоспалительных цитокинов для предотвращения негативного влияния воспаления на имплантаты.

18. Семенов Е.И., Лепский В.В., Вербицкая Т.Г., Шнайдер С.А. Влияние генетического фактора на долгосрочность функционирования дентальных имплантатов. Вестник стоматологии. 2017;2:99. [E.I. Semenov, V.V. Lepsky, T.G. Verbitskaya, S.A. Schneider. Influence of the genetic factor on the long-term functioning of dental implants. Vestnik Stomatologii. 2017;2:99. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-geneticheskogo-faktora-na-dolgosrochnost-funktsionirovaniya-dentalnyh-implantatov>
19. Симбирцев А.С., Тоголян А.А. Цитокины в лабораторной диагностике // Инфекционные болезни: Новости. Мнения. Обучение. 2015;2:11. [A.S. Simbirtsev, A.A. Totolyan. Cytokines in laboratory diagnostics. Infectious Diseases: News. Opinions. Training. 2015;2:11. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/tsitokiny-v-laboratornoy-diagnostike>
20. Смирнов А.В., Румянцев А.Ш. Строение и функции костной ткани в норме и при патологии. Сообщение i. Нефрология. 2014;6. [A.V. Smirnov, A.Sh. Rumyantsev. Structure and functions of bone tissue in norm and pathology. Message i. Nephrology. 2014;6. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/stroenie-i-funktsii-kostnoy-tkani-v-norme-i-pri-patologii>
21. Тальджи Г., Купер Л. Ф. Молекулярная оценка остеointegrации in vitro: обзор современной литературы. Челюстно-лицевые имплантаты. 2014;29(2):e171-e199. [G. Talji, L.F. Cooper. Molecular assessment of in vitro osseointegration: a review of the current literature. Int J Maxillofacial Implants. 2014;29(2):e171-e199. (In Russ.)]. doi: 10.11607/jomi.te55. PMID: 24683582.
22. Тамарова Э.Р., Швец К.Ю., Мавзютов А.Р., Баймиев Ал.Х., Булгакова А.И. Создание молекулярно-генетической тест-системы для ранней диагностики и оценки эффективности лечения воспалительных заболеваний пародонта. Клиническая лабораторная диагностика. 2020;1. [E.R. Tamarova, K.Yu. Shvets, A.R. Mavzyutov, A.I. Baimiev, A.I. Bulgakova. Creation of Molecular Genetic Test System for early diagnosis and evaluation of the effectiveness of treatment of inflammatory diseases of the mouth. Clinical Laboratory Diagnostics. 2020;1. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-molekulyarno-geneticheskoy-test-sistemy-dlya-ranney-diagnostiki-i-otsenki-effektivnosti-lecheniya-vozpалitelnyh>
23. Тунева Н.А., Богачева Н.В., Тунева Ю.О. Проблемы дентальной имплантации. Вятский медицинский вестник. 2019;2:62. [N.A. Tuneva, N.V. Bogacheva, Yu.O. Tuneva. Problems of dental implantation. Vyatka Medical Bulletin. 2019;2:62. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-dentalnoy-implantatsii>
24. Ширинский В.С., Ширинский И.В. Остеоиммунология: междисциплинарный подход к изучению взаимодействия клеток иммунной системы и костной ткани. Медицинская иммунология. 2022;5. [V.S. Shirinsky, I.V. Shirinsky. Osteoimmunology: megadisciplinary approach to the study of immune system and bone Tissue Cell Interaction. Medical Immunology. 2022;5. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/osteimmunologiya-mezhdistsiplinarnyy-podhod-k-izucheniyu-vzaimodeystviya-kletok-immunnoy-sistemy-i-kostnoy-tkani>