

Рубникович С.П., Миронович Я.И., Летковская Т.А., Мохаммади М.Т.
**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСТЕОИНТЕГРАЦИИ
ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ
У ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ**

УО «Белорусский государственный медицинский университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье исследуются морфологические особенности остеointegrации индивидуальных денальных имплантатов у лабораторных животных. Авторы исследуют их при применении имплантатов различных параметров. Результаты показывают, что размер пор имплантатов влияет на качество интеграции, а гистологический анализ подтверждает активное формирование костной ткани без дегенеративных изменений. Исследование подчеркивает важность оптимизации параметров материалов для улучшения клинических результатов.

Ключевые слова. Денальные имплантаты, цифровые технологии, индивидуальный имплантат, остеointegrация, титан

Rubnikovich S.P., Mironovich Ya.I., Letkovskaya T.A., Mohammadi M.T.
**MORPHOLOGICAL FEATURES OF OSSEOINTEGRATION OF INDIVIDUAL
DENTAL IMPLANTS IN LABORATORY ANIMALS**

Abstract. The article examines the morphological features of osseointegration of individual dental implants in laboratory animals. The authors study them using implants of various parameters. The results show that the pore size of the implants affects the quality of integration, and histological analysis confirms active formation of bone tissue without degenerative changes. The study emphasizes the importance of optimizing material parameters to improve clinical outcomes.

Keywords. Dental implants, digital technologies, individual implant, osseointegration, titanium.

Актуальность. В настоящее время растет потребность в сокращении времени лечения пациентов и применение метода непосредственной денальной имплантации способствует этому, таким образом есть необходимость в совершенствовании данной методики и её индивидуализации для конкретного пациента, в том числе при помощи цифровых технологий [1-2]. В медицине также применяется технология 3D-печати, однако существуют различные данные по параметрам используемых для этого материалов, в том числе титана, выясненные в ходе экспериментальных исследований [3-5]. Таким образом, имеется необходимость в уточнении оптимальных параметров материалов и их печати для остеointegrации.

Цель. Определить в экспериментальных условиях особенности остеointegrации образцов индивидуальных денальных имплантатов.

Материалы и методы исследования. Экспериментальная модель остеointegrации разработана на кафедре периодонтологии, патологической анатомии и судебной медицины с курсом повышения квалификации и переподготовки УО «Белорусский государственный медицинский университет» и ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси». В качестве модели использовали белых крыс в количестве 30 особей. Экспериментальных

особей в случайном порядке разделили на пять групп, в зависимости от планируемых экспериментальных воздействий – на 4 экспериментальные с разными параметрами пористости и одну контрольную. Проводили рассечение кожи головы скальпелем и создавали оперативный доступ, далее с помощью бормашины шаровидным бором с постоянной ирригацией физраствором производили пропил кости черепа и устанавливали имплантат в полученное ложе 1,5х3мм.

В лабораторию кафедры патологической анатомии БГМУ предоставлен маркированный материал с указанием номера лабораторных мышей. Объектом гистологического исследования послужили предоставленные кости черепа лабораторных мышей. Патоморфологическое исследование материала осуществлялось по общепринятой гистологической методике изучения костной тканей. Кусочки тканей фиксировали в нейтральном формалине. Костные материалы декальцинировали в течение 3 недель в специальном электролитном декальцинирующем растворе фирмы Biovitrum.

Гистологические образцы подвергли стандартной гистологической проводке. Обезжиривание проводили в спиртах возрастающей концентрации, заливали в парафиновые блоки, ориентируя образцы в вертикальной плоскости. Из парафиновых блоков на микротоме изготавливали гистологические срезы толщиной 4 мкм, окрашивали гематоксилином и эозином.



Рис. 1 Декальцинированная бедренная кость

Фрагменты костной ткани после вырезки (А) и после заключения в кассеты для гистологической проводки (Б).

Результаты исследования. Гистологические материалы представлены поперечными срезами кости черепа. Макроскопические материалы после декальцинации были вырезаны таким образом, что можно было изучить различные участки костей. Особенно было важно изучить костную ткань непосредственно в зоне контакта с имплантом (рисунок 2-А) и участки костной ткани, находящей вдали от зоны импланта (рисунок 2-Б).

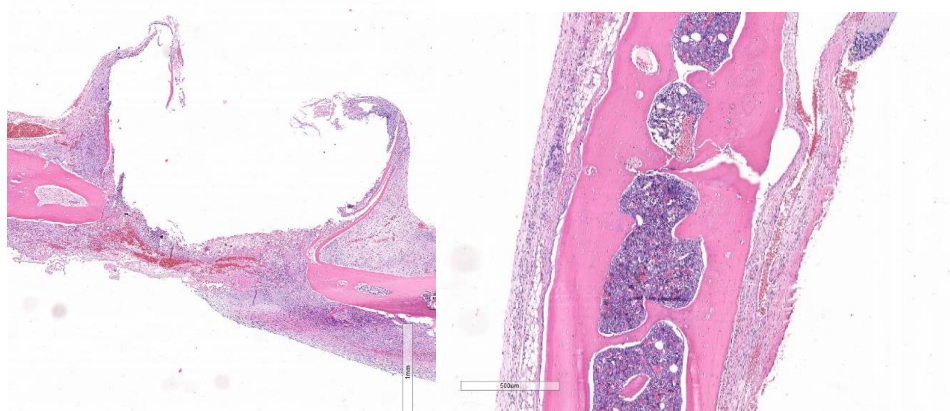


Рис. 2. Поперечные срез кости черепа лабораторной мыши 1 недели
А – костная ткань с непосредственной зоной импланта Окраска гематоксилином и эозином. $\times 25$. Б – кортикальная структура кости состоит из компактного пластинчатого вещества костной ткани в дали от зоны импланта. Окраска гематоксилином и эозином. $\times 40$.

Процесс формирования грубоволокнистых юных стеоидных трабекул начинается с накоплением мононуклеаров, макрофагов и с пролиферацией мезенхимальных стволовых клеток в пространстве между нативной кости и имплантом. В результате чего формируется первичный остеогенный матрикс. В данном матриксе происходит трансформация мезенхимальных стволовых клеток в преостеобласты и затем в остеобласты, которые и инициируют «раннюю оссификацию». Таким образом формируются «гомогенные остеонидные массы» или «цементо-подобное костное вещество» (рисунок 3).

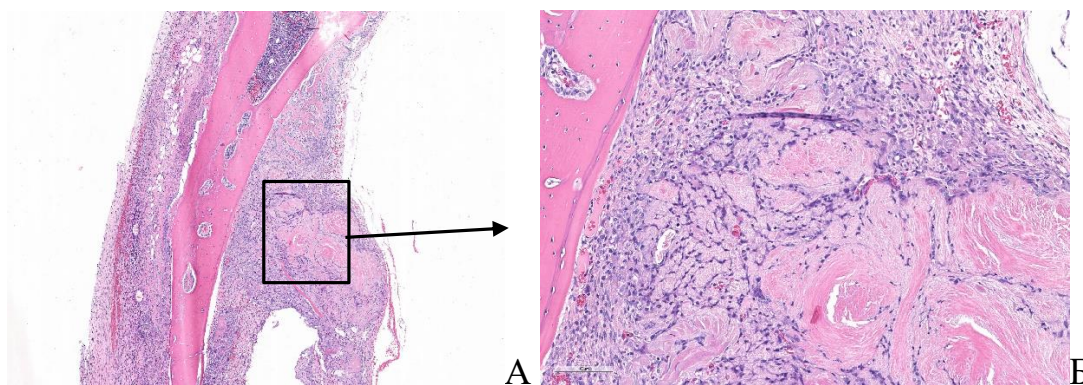


Рис.3. Первая стадия остеointegrации: «формирование грубоволокнистых юных остеонидных трабекул». Формирование «гомогенных остеонидных масс» или «цементо-подобного костного вещества» в пространстве между нативной костью и имплантом. Окраска гематоксилином и эозином. А – $\times 40$. Б – $\times 100$.

Рисунок 4 и 5 демонстрирует формирование преостеобластов и остеобластов из мезенхимальных стволовых клеток и раннюю оссификацию.

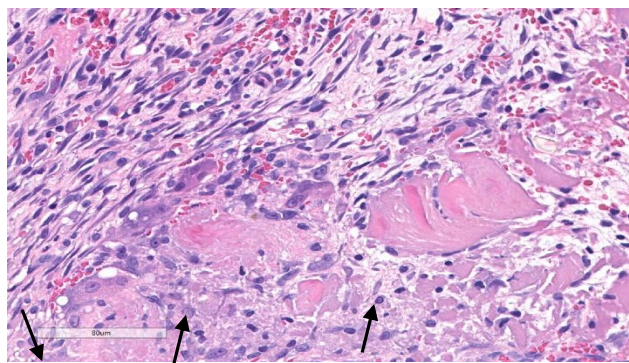


Рис. 4. Формирование преостеобластов и остеобластов

Стадия превращение мелких темных лимфоцито-подобных стволовых мезенхимальных клеток в крупные с сиреневой цитоплазмой и округлым ядром остеобластов, продуцирующих гомогенные остеοидные массы (стрелки). Кости черепа лабораторной мыши 1 недели. Окраска гематоксилином и эозином. – $\times 80$.

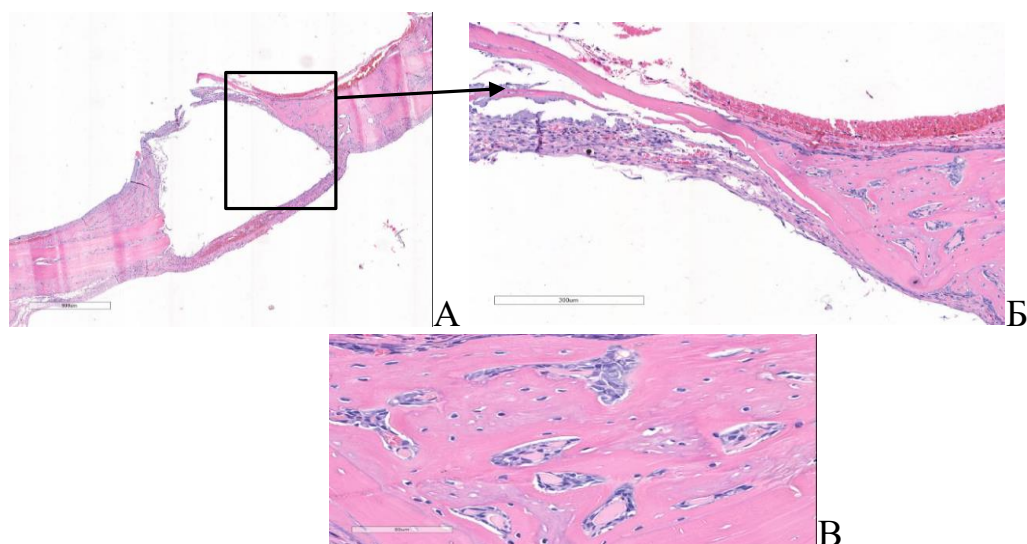


Рис.5. Остеоинтеграция с формированием пластинчатых губчатых костных трабекул

Вокруг импланта отмечается формирование пластинчатой кости, которая начинает окружать имплант (рисунок А и Б). В новообразованной пластинчатой кости появляются собственные микрососуды и начинается формирование гематогенных клеток (рисунок В).

Заключение. В изученных гистологических препаратах, приготовленных из кости черепа лабораторных мышей, с имплантированными материалами отмечается активный процесс остеοинтеграции с формированием грубоволокнистой или пластинчатой костной ткани различной степени минерализации. Процесс остеοинтеграции является довольно сложным и многофакторным, что в свою очередь влияет на

прочность фиксации импланта. В изученных костных образцах не выявлены поротические или иные дегенеративные изменения.

Литература

Рубникович, С. П. Восстановление функции и эстетики зубочелюстной системы стоматологического пациента с применением хирургических и ортопедических методик и цифровых технологий / С. П. Рубникович, И. С. Хомич // Стоматолог. Минск. – 2018. – № 1(28). – С. 32-47

Рубникович, С. П. Экспериментальное обоснование применения метода дентальной имплантации с использованием низкоинтенсивного импульсного ультразвука у пациентов с частичной вторичной адентией / С. П. Рубникович, И. С. Хомич, Т. Э. Владимирская // Проблемы здоровья и экологии. – 2015. – № 4 (46). – С. 75-80.

3. Factors Affecting Osseointegration of Dental Implants: A Review / Ann Sales [et al.] / Journal of International Dental and Medical Research ISSN 1309-100X. – 2023. – Vol.16, №3. – P. 1272-1279.

4. Parithimarkalaignan, S. Osseointegration: An Update / S. Parithimarkalaignan, T. V. Padmanabhan // J Indian Prosthodont Soc. – 2013. – Vol. 13, №1. – P. 2–6.

5. Chang Tu C, Tsai PI, Chen SY, Kuo MY, Sun JS, Chang JZ. 3D laser-printed porous Ti₆Al₄V dental implants for compromised bone support / C. Chang Tu, PI. Tsai, SY. Chen, MY. Kuo, JS. Sun, JZ. Chang // J Formos Med Assoc. – 2020. – №119. – P. 420-429.