

РЕЗУЛЬТАТЫ КАЧЕСТВЕННОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА НОВООБРАЗОВАННОЙ КОСТНОЙ ТКАНИ В ПОДМЕМБРАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ И ВОКРУГ НИТЕЙ НИКЕЛИД-ТИТАНОВОЙ МЕМБРАНЫ

THE RESULTS OF QUALITATIVE
AND QUANTITATIVE ANALYSIS
OF NEWLY FORMED BONE TISSUE
IN THE SUBMEMBRANE SPACE
AND AROUND THE THREADS
OF THE NICKEL-TITANIUM MEMBRANE

A. Zhidko
R. Hafizov

Summary. Optical scanning electron microscopy, micro-probe analysis of samples and X-ray microcomputer tomography were performed to study the qualitative and quantitative analysis of newly formed bone tissue in the submembrane space and around the filaments of the nickel-titanium membrane. The results of electron microscopic and micro-probe analysis of samples are presented in spectra, tables and figures of strokes. Micro-probe analysis was carried out from several points to determine the heterogeneity in the sample composition. These points are marked with a green cross in the sample photos. For each point marked with a cross, the spectrum is indicated and the elemental component of the area under study is indicated.

Keywords: analysis, samples, bone tissue, jaws, membrane.

Житко Айгуль Корбановна

*К.м.н., Врач-стоматолог, ООО «АльФарСтом»
aigel16@yandex.ru*

Хафизов Раис Габбасович

*Д.м.н., профессор, Казанский Федеральный
Университет*

Аннотация. Актуальной и перспективной задачей в дентальной имплантологии является восстановление костной ткани при сегментарных дефектах альвеолярных отростков челюстей с использованием механического барьера в виде мембраны.

Результаты электронно-микроскопического и микро-зондового анализа образцов представлены в спектрах, таблицах и рисунках штрихов. Микро-зондовый анализ был проведен из нескольких точек, чтобы определить неоднородность в составе выборки. Эти точки отмечены зеленым крестом на примерах фотографий. Для каждой точки, отмеченной крестом, указывается спектр и указывается элементная составляющая исследуемой области.

Ключевые слова: анализ, образцы, костная ткань, челюсть, мембрана.

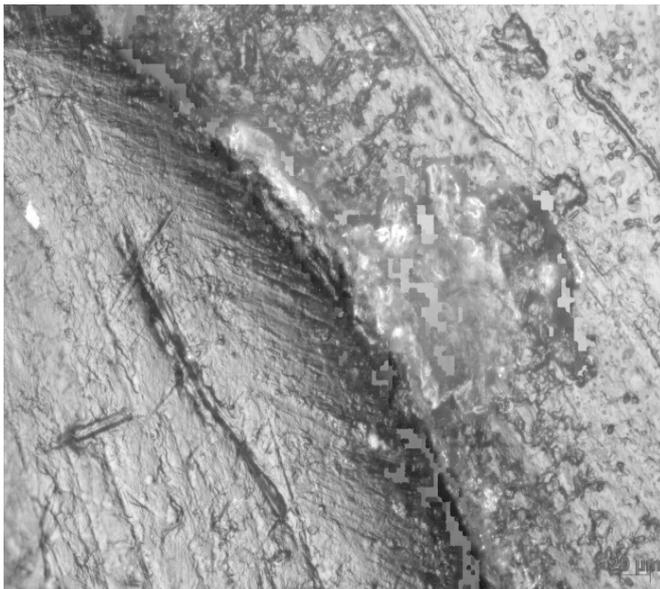
Согласно проведенного анализа современных литературных источников по изучению аспектов репаративной регенерации костной ткани были систематизированы данные о его стадийности, исследованы клеточно-молекулярных механизмах репаративной регенерации костной ткани, проанализированы показатели костного метаболизма. Установлено, что регенерация костной ткани напрямую зависит от функциональной активности остеогенных клеток.

На начальной стадии репаративного остеогенеза остеокласты обеспечивают резорбцию в зоне дефекта некротизированных фрагментов кости и принимают участие в ремоделировании костных фрагментов. Остеобласты образуют первичные костные балки, которые построены из коллагеновых фибрилл. Они синтезируют костный матрикс, обеспечивают его минерализацию, продуцируют неколлагеновые белки.

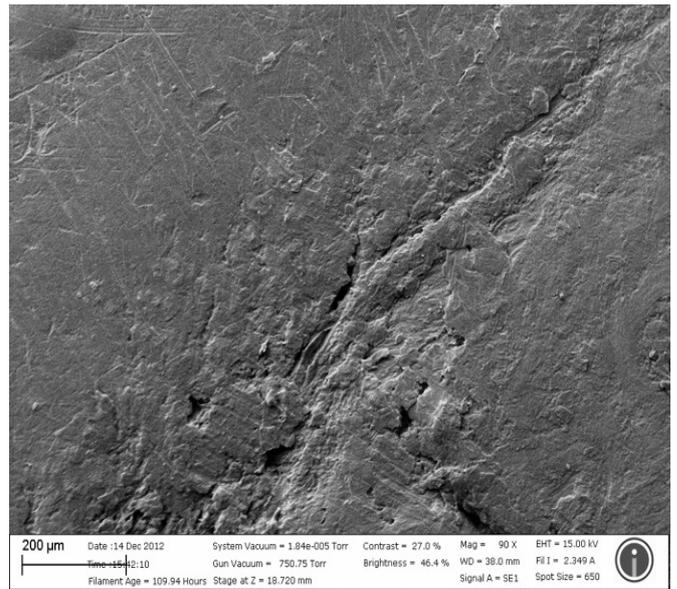
Важная роль в процессах локальной регуляции остеогенеза принадлежит таким сигнальным путям как системе RANK/RANKL/OPG, костным морфогенетическим белкам, Wnt-сигнализации. Остеобласто- и остеокласто-генез характеризуют биохимические маркеры костного ремоделирования.

Процесс регенерации происходит при участии следующих клеток костной ткани — остеобластов, остеокластов и остеоцитов.

Остеобласты — костнообразующие клетки, которые происходят из мезенхимальных стволовых клеток. Они округлой формы, размером 20–30 мкм, с эксцентрично расположенным ядром, находятся в остеогенном слое надкостницы и в периваскулярном пространстве остеона. Выделяют четыре типа объектов: 1-й тип — преостеобласт, 2-й тип — пролиферирующий функционально активный

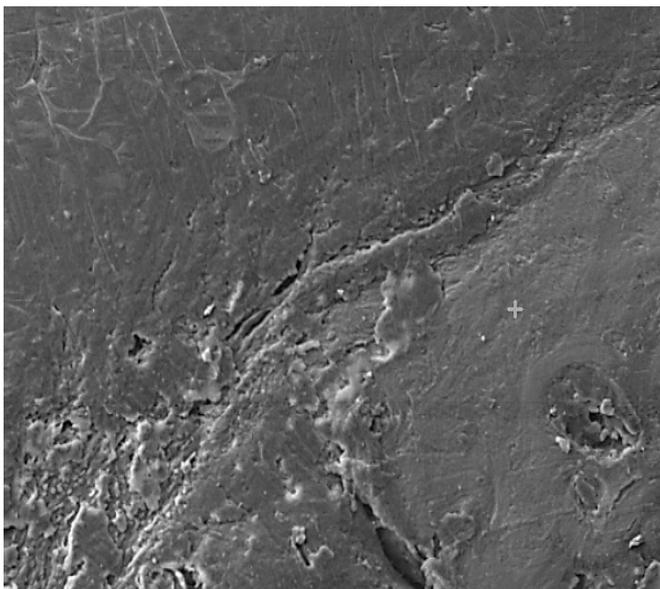


а

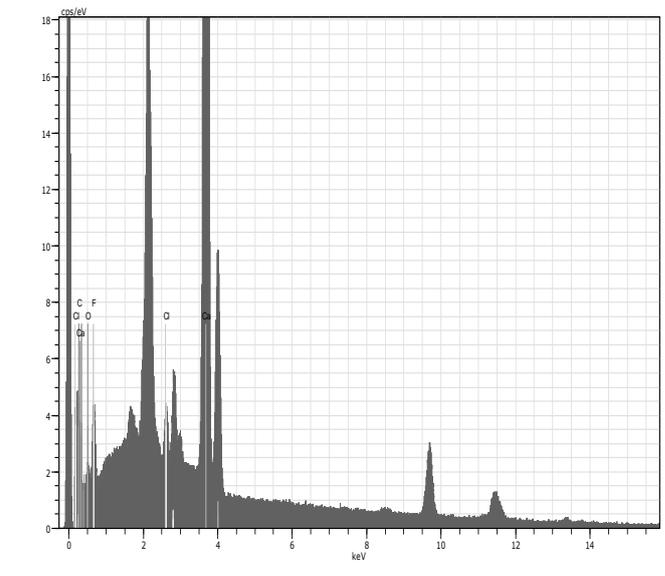


б

Рис. 1. 3 месяца: а — оптическое изображение; б — электронное изображение.



а



б

Рис. 2. 3 месяца, спектральный анализ: а — изображение образца (крестиком отмечено место пробы); б — спектральный анализ.

остеобласт, 3-й тип — созревающий с гипертрофированной эндоплазматической сетью остеобластов, 4-й — дифференцированный малоактивный остеобласт [8, 10].

Остеоциты (ОЦ) — «звездчатые клетки», имеют большое количество длинных и тонких отростков. Они делятся на три типа. ОЦ I типа — молодые или «продуци-

рующие», синтезируют компоненты костного матрикса, расположенные в остеомах вокруг стенок широких каналов. ОЦ II типа — зрелые или «резорбирующие», участвуют в процессе остеолизиса, расположены в остеомах с узкими каналами и на периферии широких каналов остенов. ОЦ III типа — «дегенерирующие», находятся на периферии остенов [8, 12].

Spectrum: Acquisition					
Element	Series	unn. C	norm. C	Atom. C	Error (1 Sigma)
	[wt. %]	[wt. %]	[at. %]		[wt. %]
Oxygen	K-series	6.36	18.35	25.33	0.97
Fluorine	K-series	7.57	21.84	25.39	1.05
Chlorine	K-series	0.20	0.59	0.37	0.02
Calcium	K-series	16.14	46.58	25.67	0.30
Carbon	K-series	4.38	12.64	23.24	0.66
Total:		34.64	100.00	100.00	

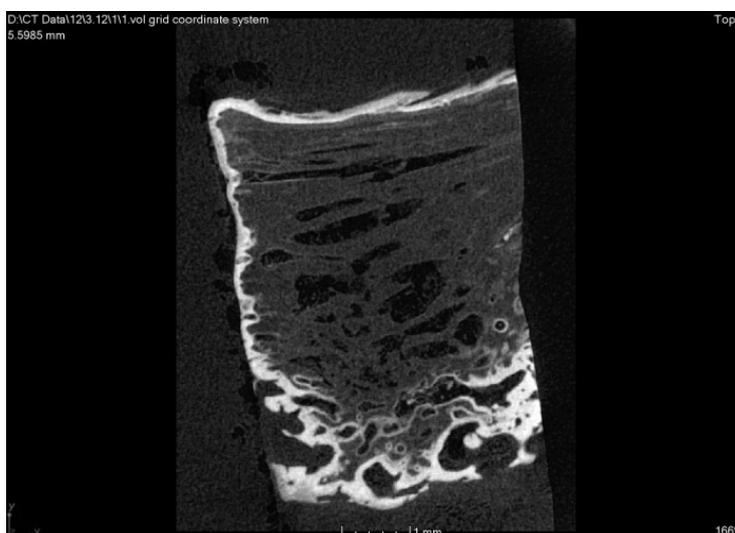


Рис. 3. Микрокомпьютерная томограмма

Процессы костного ремоделирования можно оценить благодаря анализу 2 групп показателей костного метаболизма, а именно маркеров костной резорбции (гидроксипролин, оксипролин, кальций, продукты распада коллагена I типа, пиридинолин (ПОД) и дезоксипиридинолин (ДПИД), костный сиалопротеин (BSP), тарtrateзистентна кислая фосфатаза (TRAP)) и маркеров синтеза костной ткани (остеокальцин (ОК), костная щелочная фосфатаза (КЛФ), аминоконечные фрагменты проколлагена I типа (АКФ, ККФ).

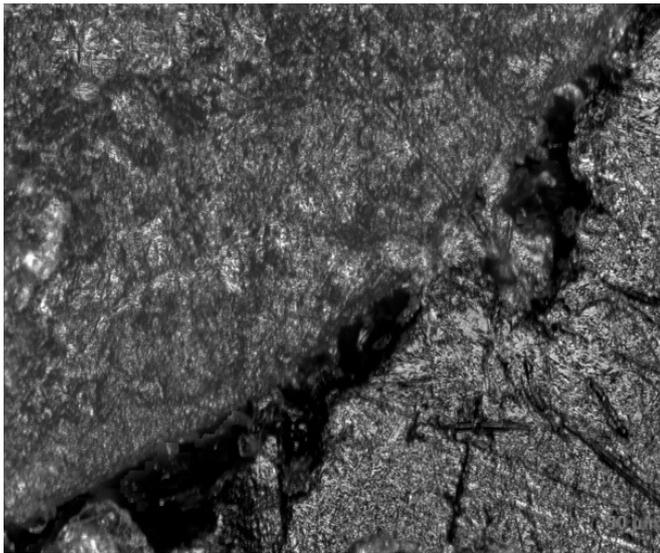
Остеоиндукция — это способность трансплантационных материалов индуцировать образование костных клеток (остеобластов и их предшественников) путем дифференциации мультипотентных мезенхимальных стволовых клеток из близлежащих тканей реципиента. Такая способность обнаружена у факторов роста, таких как костные морфогенетические белки (англ. bone morphogenetic proteins, BMP), в частности, BMP-2 и BMP-7, трансформиру-

емый фактор роста-β (англ. transforming growth factor beta, TGF-β), фактор роста фибробластов (англ. fibroblast growth factor, FGF), инсулиноподобный фактор роста (англ. insulin growth factor, IGF), тромбоцитарный фактор роста (англ. platelet-derived growth factor, PDGF) [7].

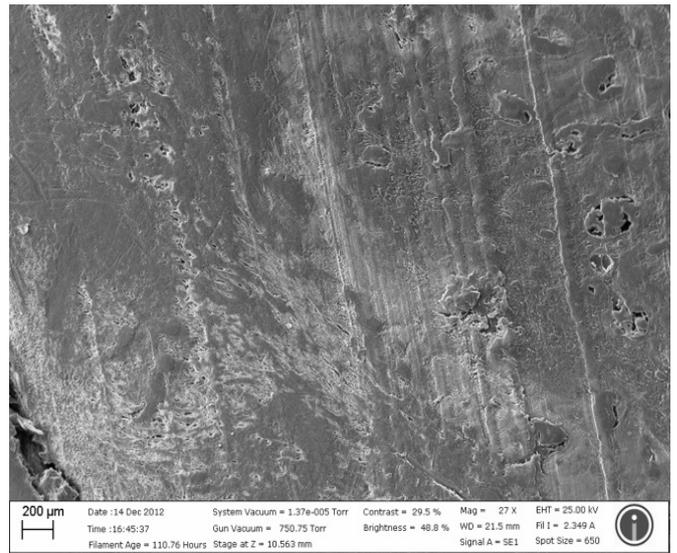
Остеокондукция является характеристикой, когда трансплантат действует как каркас, который является постоянным и рассасывающимся, механически поддерживает прорастание кровеносных сосудов и формирование новообразованной костной ткани от границ дефекта и в на его поверхности [6].

Остеоинтеграция — это способность костного трансплантата врастать в окружающую костную ткань без промежуточного слоя волокнистой ткани [2].

Вновь образованный материал, образованный в подмембранном пространстве с использованием ре-

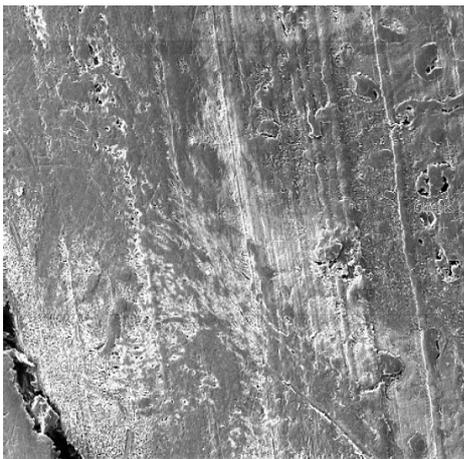


а

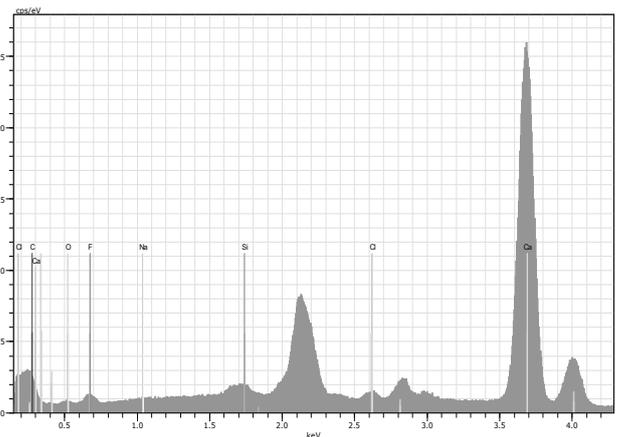


б

Рис. 4. 6 месяцев; а — оптическое изображение, б — электронное изображение.



а



б

Рис. 5. 6 месяцев, спектральный анализ; а — изображение образца (крестиком отмечено место пробы); б — спектральный анализ.

тикулярной остеоинтегрированной никель-титановой мембраны через 3 и 6 месяцев после операции, использовался для исследования [2–5].

Результаты исследования показывают полезность костной ткани, образующейся в подмембранном пространстве, и ее лучший состав через 6 месяцев. Сканирующая электронная микроскопия через 6 месяцев показывает полное восстановление костной ткани не только в подмембранном пространстве, но и формирование костной ткани вокруг ультратонких нитей сетчатой мембраны (рис. 7).

На поверхности новообразованных костных трабекул содержались остеоциты, а по периметру — функционально активные остеобласты. Плотность и толщина костных трабекул была больше по сравнению с теми, которые располагались в теле позвонка. На их краевой поверхности определено резорбционные полости, которые вместе с участками резорбции пробковой порции трансплантата, рентгено-негативными красным и желтым костным мозгом и зонами некальцифицированного остеоида могли визуализироваться на рентгенограммах участками просветления в зоне спондиледоза и привести к ложно-отрицательным результатам лучевой диагностики.

Таблица 2. Спектральный анализ, 6 месяцев

Spectrum: Objects 113

Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [at.%]	Atom. C	Error (1 Sigma) [wt.%]
Oxygen	K-series	5.60	16.78	21.59	0.87
Fluorine	K-series	5.15	15.43	16.72	0.76
Sodium	K-series	0.56	1.67	1.50	0.07
Silicon	K-series	0.24	0.72	0.53	0.04
Chlorine	K-series	0.09	0.26	0.15	0.03
Calcium	K-series	14.50	43.43	22.31	0.45
Carbon	K-series	7.25	21.71	37.20	0.99
Total:		33.38	100.00	100.00	

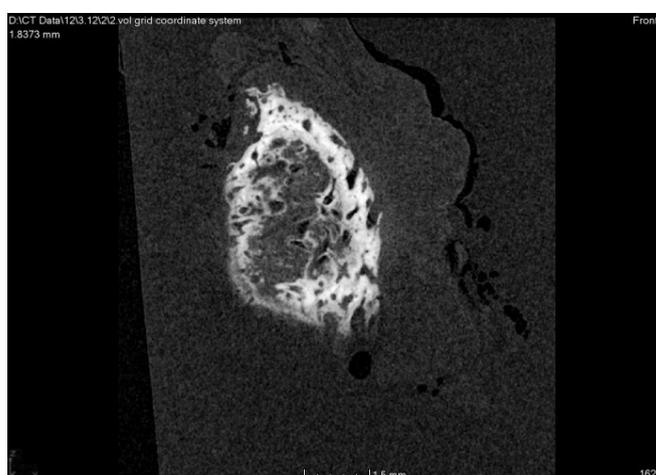


Рис. 6. Микрокомпьютерная томограмма

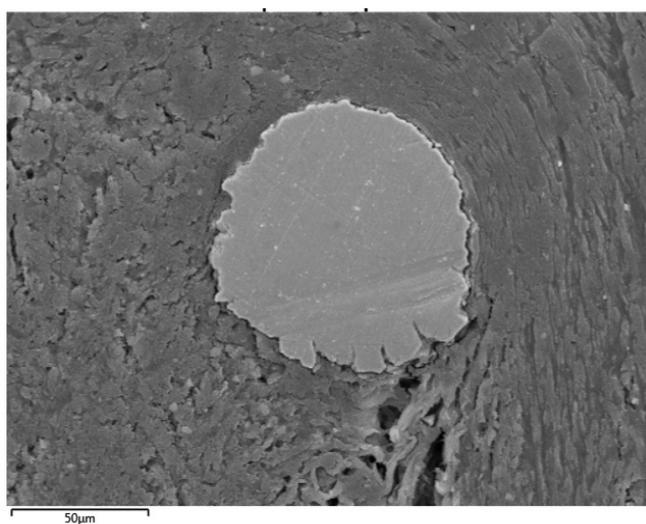


Рис. 7. Сканирующая электронная микроскопия через 6 месяцев. Нить никелида титана, замурованная в костной ткани (поперечный срез)

ЛИТЕРАТУРА

1. Artzi, Z., Givol, N., Rohrer, M. D., Nemcovsky, C. E., Prasad, H. S., & Tal, H. (2003). Qualitative and quantitative expression of bovine bone mineral in experimental bone defects. Part 1: Description of a dog model and histological observations. *Journal of Periodontology*, 74(8), 1143–1152. <https://doi.org/10.1902/jop.2003.74.8.1143>
2. Artzi, Z., Givol, N., Rohrer, M. D., Nemcovsky, C. E., Prasad, H. S., & Tal, H. (2003). Qualitative and quantitative expression of bovine bone mineral in experimental bone defects. Part 2: Morphometric analysis. *Journal of Periodontology*, 74(8), 1153–1160. <https://doi.org/10.1902/jop.2003.74.8.1153>
3. Čandrljić, M., Tomas, M., Karl, M., Malešić, L., Včev, A., Perić Kačarević, Ž., & Matijević, M. (2022). Comparison of Injectable Biphasic Calcium Phosphate and a Bovine Xenograft in Socket Preservation: Qualitative and Quantitative Histologic Study in Humans. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(5). <https://doi.org/10.3390/ijms23052539>
4. Eslaminejad, M.B., Jafarian, M., Khojasteh, A., Abbas, F.M., Dehghan, M.M., & Hassanizadeh, R. (2008). In vivo bone formation by canine mesenchymal stem cells loaded onto HA/TCP scaffolds: Qualitative and quantitative analysis. *Yakhteh*, 10(3), 205–212.
5. Ragamouni, S., Kumar, J. M., Mushahary, D., Nemani, H., & Pande, G. (2013). Histological analysis of cells and matrix mineralization of new bone tissue induced in rabbit femur bones by Mg-Zr based biodegradable implants. *Acta Histochemica*, 115(7), 748–756. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2013.03.004>
6. Regauer, M., Jürgens, P., Budenhofer, U., Hartstock, M., Böcker, W., Bürklein, D., ... Schieker, M. (2006). Quantitative scanning acoustic microscopy compared to microradiography for assessment of new bone formation. *Bone*, 38(4), 564–570. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2005.09.005>
7. Sul, Y.-T., Johansson, C.B., Röser, K., & Albrektsson, T. (2002). Qualitative and quantitative observations of bone tissue reactions to anodised implants. *Biomaterials*, 23(8), 1809–1817. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(01\)00307-6](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(01)00307-6)

© Житко Айгуль Корбановна (aigel16@yandex.ru), Хафизов Раис Габбасович.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Казанский федеральный университет