

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕГРАЦИОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОРИСТО-ПРОНИЦАЕМОГО И СЕТЧАТОГО НИКЕЛИДА ТИТАНА *IN VIVO*

М.Ш. МИРЗОЕВ¹, М.Н. ШАКИРОВ², Е.Д. ПОРОХОВА³, Р.Н. ДЖОНИБЕКОВА⁴

¹ Кафедра челюстно-лицевой хирургии с детской стоматологией, Институт последилового образования в сфере здравоохранения Республики Таджикистан, Душанбе, Республика Таджикистан

² Кафедра стоматологии, Новгородский государственный университет им. Я. Мудрого, Великий Новгород, Российская Федерация

³ Кафедра морфологии и общей патологии, Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Российская Федерация

⁴ Кафедра челюстно-лицевой хирургии, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино, Душанбе, Республика Таджикистан

Цель: морфологическая оценка интеграционных особенностей совместного применения пористо-проницаемого и текстильного сетчатого никелида титана с костными структурами реципиентной зоны.

Материал и методы: исследование проведено на 20 кроликах породы Шиншилла обоего пола в возрасте 1-1,5 лет и массой тела 2500-4000 г. У животных на одном из участков нижней челюсти создавался искусственный дефект, где устанавливался пористо-проницаемый никелид титана, обёрнутый текстильным сетчатым его вариантом. Животные выводились из эксперимента через 30, 90, 180 и 360 суток исследования путём внутрибрюшинного введения летальной дозы 1% раствора тиопентала натрия. Материал для гистологического исследования фиксировался в 10% забуференном (pH 7,4) формалине (Биовитрум, Россия) в течение 12 часов, после чего промывался водой и подвергался декальцинации. Подготовленные срезы окрашивались гематоксилин-эозином. Микроскопическое исследование окрашенных препаратов и фотосъёмка осуществлялись на световом микроскопе Axioscope 40 (Zeiss, Germany) с помощью цифровой камеры Canon G5 (Canon, Japan).

Результаты: проведённые исследования показали, что при совместном применении пористо-проницаемого и текстильного сетчатого никелида титана, установленных в искусственно созданные дефекты нижней челюсти, между обеими контактирующими поверхностями формируется непосредственная связь, что приводит к стабильной их фиксации. Пористая структура материала, его гистерезисное поведение с тканями организма обеспечивают повсеместную регенерацию клеток и формируют однотипную зрелую костную ткань, как в порах, так и вокруг него.

Заключение: эти и другие факты свидетельствуют о высоких интеграционных свойствах исследуемого материала, обеспечивающих оптимальный рост и популяцию остеогенных клеток в около дефектных участках кости в условиях растущего организма.

Ключевые слова: костный дефект, остеоинтеграция, регенерация, никелид титана, пористо-проницаемый имплантат.

Для цитирования: Мирзоев МШ, Шакиров МН, Порохова ЕД, Джонибекова РН. Экспериментальное изучение интеграционных особенностей пористо-проницаемого и сетчатого никелида титана *in vivo*. *Вестник Авиценны*. 2020;22(3):434-9. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2020-22-3-434-439>

EXPERIMENTAL STUDY OF INTEGRATION FEATURES OF POROUS PERMEABLE AND MESH TITANIUM NICKELIDE *IN VIVO*

M.SH. MIRZOEV¹, M.N. SHAKIROV², E.D. POROKHOVA³, R.N. DZHONIBEKOVA⁴

¹ Department of Maxillofacial Surgery and Pediatric Dentistry, Institute of Postgraduate Education in Healthcare of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan

² Department of Dentistry, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russian Federation

³ Department of Morphology and General Pathology, Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation

⁴ Department of Maxillofacial Surgery, Avicenna Tajik State Medical University, Dushanbe, Republic of Tajikistan

Objective: Morphological assessment of the integration features of the combined use of porous permeable and textile mesh titanium nickelide with bone structures of the recipient zone.

Methods: The study was carried out on 20 Chinchilla rabbits of both sexes at the age of 1-1.5 years with a bodyweight of 2500-4000 g. In animals, the artificial defect was created in one of the areas of the lower jaw, where a porous permeable titanium nickelide was installed, wrapped in a textile mesh version of it was installed. Animals were removed from the experiment for 30, 90, 180, and 360 days of research via intraperitoneal injection of mortal dose 1% solution thiopental sodium. The material for histological research was fixed in 10% buffered formalin during 12 hours after then washed with water and decalcified. The prepared sections were stained with hematoxylin-eosin. Microscopic examination of the stained preparations and photography were carried out using a light microscope Axioscope 40 (Zeiss, Germany) via a digital camera (Canon, Japan).

Results: Studies have shown that with the combined use of porous permeable and textile mesh titanium nickelide, the artificially created defects of the mandibula between both contacting surfaces are formed directly, which leads to stable fixing. The porous structure of the material, its hysteresis behavior with organism tissues, provides widespread regeneration of cells and formed a homogeneous mature bone tissue bone tissue, both in the pores and around the structure.

Conclusions: These and other facts indicate the high integration properties of the material that is investigated, which ensures optimal growth and population of osteogenic cells in the vicinity of defective bone areas in a growing organism.

Keywords: Bone defect, osteointegration, regeneration, titanium nickelide, porous permeable implant.

For citation: Mirzoev MSh, Shakirov MN, Porokhova ED, Dzhonibekova RN. Eksperimental'noe izuchenie integratsionnykh osobennostey poristo-pronitsaemogo i setchatogo nikelida titana *in vivo* [Experimental study of integration features of porous permeable and mesh titanium nickelide *in vivo*]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2020;22(3):434-9. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2020-22-3-434-439>

ВВЕДЕНИЕ

Разработка и детальное изучение физико-биологических основ применения сплавов из никелида титана (TiNi), как имплантационного материала, вот уже в течение последних 40 лет проводится группой исследователей под руководством заслуженного деятеля науки, профессора В.Э. Гюнтера [1-16]. Так, в период 1975-1981 г.г. большинство научных исследований было посвящено определению и оценке биологической совместимости сплавов на основе TiNi, где изучались их реакция на устойчивость к дезинфекции, стерилизации, на грибоустойчивость, к воздействию соляного (морского) тумана. В период 1981-1990 г.г. исследования были направлены на изучение токсикологических и канцерогенных свойств плоских образцов данного сплава. Начало фундаментальных исследований по изучению взаимодействия образцов пористого никелида титана с живыми тканями организма относится к 1998-2000 годам. В целях изучения особенностей их взаимодействия с тканями реципиентных зон различные образцы пористо-проницаемого никелида титана в виде штифтов, дисков и пластин были имплантированы в костные структуры бедра и челюсти экспериментальным животным [6, 9, 10]. Животных при этом выводили из эксперимента на 7, 10, 14, 21 сутки после оперативного вмешательства. Для детального изучения микроструктуры извлечённых в эти сроки образцов готовили шлифы для исследования их поверхности на оптическом и растровом электронном микроскопах. В указанном направлении особый интерес представляют экспериментальные исследования, проведённые в последние годы Азизовой ДА (2012) и Усатовым ДА (2016) [5, 6]. Авторы, используя мелкогранулированный никелид титана и барьерную мембрану из одномонолитного материала на гистоморфологическом уровне доказали оптимальное их участие в происходящих процессах остеогенной регенерации при увеличении объёма костных структур в околодефектных зонах нижней челюсти в сроки от 3 до 6 месяцев. При этом ими установлено, что зарождение и рост костной ткани в пористых структурах исследуемых образцов происходит одновременно, которые в последующем, разрастаясь постепенно, образуют высокопрочный композит, состоящий из исследуемого материала и костной ткани. Этими и другими проведёнными далее исследованиями были доказаны биологическая, биофизическая, биохимическая и биомеханическая совместимость пористо-проницаемого никелида титана с реципиентными участками костных тканей экспериментальных животных.

Полученные результаты проведённых исследований легли в основу создания многочисленных современных реконструктивных хирургических технологий, в том числе в челюстно-лицевой хирургии и стоматологии [15, 16]. Более того, они и составили основу абсолютного большинства новейших разработок по реконструкции и устранению дефектов опорных структур лицевого скелета имплантационными конструкциями из пористо-проницаемого никелида титана, и эти разработки после клинической апробации нашли своё широкое применение в хирургической практике [5-8]. Длительный опыт хирургических вмешательств у больных при устранении или замещении наиболее сложных дефектов и деформаций челюстно-лицевой области с применением различных индивидуальных конструкций из пористо-проницаемого никелида титана выявил ряд особенностей в течение процесса остеогенной регенерации, значительно отличающихся от традиционных, по формированию костных структур на поверхности беспористых имплантатов. Данный факт побудил нас провести углублённое исследование по изучению интеграционных особенностей пористо-проницаемого никелида титана в

эксперименте *in vivo* на животных и пополнить новыми данными ранее проведённые исследования, где невыясненными оставались следующие вопросы:

- при морфологическом изучении сформированного высокопрочного композита на поверхности имплантационной конструкции недостаточно освещены вопросы элементного клеточного состава в образованных костных структурах;
- не уточнены вопросы объёма образования и прочности механического сцепления новообразованной кости на поверхности имплантационной конструкции в отдалённые сроки наблюдения;
- не освещены особенности остеогенной регенерации при условии обвёртывания индивидуально изготовленного эндопротеза текстильным сетчатым никелидом титаном.

Указанные проблемы и были предметом проведения данного исследования.

Цель исследования

Морфологическая оценка интеграционных особенностей совместного применения пористо-проницаемого и текстильного сетчатого никелида титана с костными структурами реципиентной зоны.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования проводились на базе ЦНИЛ Таджикского государственного медицинского университета им. Абуали ибни Сино (директор к.м.н., доцент Ганиев Х.А.) с учётом требований Хельсинской Декларации гуманного обращения с животными и в соответствии с Международными этическими и научными стандартами качества планирования и проведения исследований на животных и ТПК 125-2008 (02040). Хирургические вмешательства животным и все манипуляции послеоперационного периода проводились с соблюдением правил асептики и антисептики, с использованием общего и местного обезболивания. В качестве экспериментальных животных определены 20 кроликов породы Шиншилла обоего пола в возрасте 1-1,5 лет, с массой тела 2500-4000 г. Животных выводили из эксперимента через 30, 90, 180 и 360 суток исследования путём внутрибрюшинного введения летальной дозы 1% раствора тиопентала натрия. Морфологическое исследование проводили на базе кафедры морфологии и общей патологии Сибирского государственного медицинского университета, г. Томск (под руководством профессора, д.б.н. И.В. Мильто). Материал для гистологического исследования фиксировали в 10% забуференном (рН 7,4) формалине (БиоВитрум, Россия) в течение 12 часов, после чего промывали водой и подвергали декальцинации.

Декальцинированные фрагменты кости обезжизняли в изопропанол (БиоВитрум, Россия) и заливали в парафиновую смесь HISTOMIX (БиоВитрум, Россия). Парафиновые срезы кости толщиной 5 мкм готовили на полуавтоматическом микротоме (МЗП-01 Техном, Россия). Подготовленные срезы окрашивали гематоксиллин-эозином.

Микроскопическое исследование окрашенных препаратов и фотосъёмку осуществляли на световом микроскопе Axioscope 40 (Zeiss, Germany) с помощью цифровой камеры Canon G5 (Canon, Japan).

Морфологические исследования изъятых фрагментов были направлены на изучение особенностей формирования клеточного состава, интеграционных свойств и механической прочности новообразованной кости на поверхности исследуемых материалов, а также реакции околодефектных участков костных структур в условиях растущего организма экспериментального животного.

Постановка эксперимента. Под общим обезболиванием после антисептической обработки операционного поля проводился разрез в подподбородочной или поднижнечелюстной области. После отслоения слизисто-надкостничного лоскута и скелетирования нижней челюсти формирование искусственного дефекта производилось на одном из её участков с использованием костных трепанов размером 2,0×2,0 см. После обработки дефекта фрезой и последующего его промывания физиологическим раствором на кровоточащую раневую поверхность устанавливался меньший по размеру дефекта пористо-проницаемый никелид титана, обвёрнутый текстильным сетчатым его вариантом. Рана ушивалась послойно наглухо полиамидной нитью (рис. 1). С целью профилактики гнойно-воспалительных осложнений подопытным животным проводилась антибиотикотерапия. Послеоперационный период во всех случаях протекал без осложнений, раны зажили первичным натяжением.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Морфологическое изучение процессов образования тканей в порах пористого имплантационного материала в динамике (от 30 дней до 1 года) показало формирование непосредственной связи между тканями и имплантированным блоком материалов на всём протяжении соприкосновения контактирующих поверхностей искусственно созданного дефекта. В поры имплантата прорастали ткани, заполняя их постепенно. Характерные для соединительной ткани структуры во всех порах имплантата наблюдались уже через 30 суток исследования.

В образце материала после 90 суток наблюдения отмечались признаки формирования пластинчатой костной ткани, причём её межклеточный матрикс был равномерно минерализован. На периферии образца костные пластинки были расположены компактно и формировали остеоны. Между костными пластинками определялись лакуны, которые были расположены в шахматном порядке и на значительном расстоянии друг от друга, что характерно для зрелой костной ткани. В большинстве лакун определялись остециты с морфологическими их признаками (гиперхромное пикнотичное ядро, гиперэозинофилия цитоплазмы) (рис. 2).

При этом сформированная ткань имела оптимальное прилегание к стенкам пор, повторяя их рельеф. Внутри образца выявлялось большое количество незрелой пластинчатой костной ткани. Костные балки были расположены хаотично, а лакуны не имели закономерной ориентации. Костные трабекулы губчатого вещества формировали трёхмерную сеть, полости которой были заполнены рыхлой волокнистой соединительной тканью. В отдельных участках в межатрабекулярном пространстве присутствовали гемопоэтические клетки красного костного мозга. В рыхлой волокнистой соединительной ткани межатрабекулярного пространства отмечались признаки ангиогенеза (рис. 3).

В отдалённые сроки наблюдения (180-360 суток) в образце присланного материала было установлено, что длительное пребывание блока имплантационной конструкции в реципиентном участке организма приводит к уплотнению тканевых структур

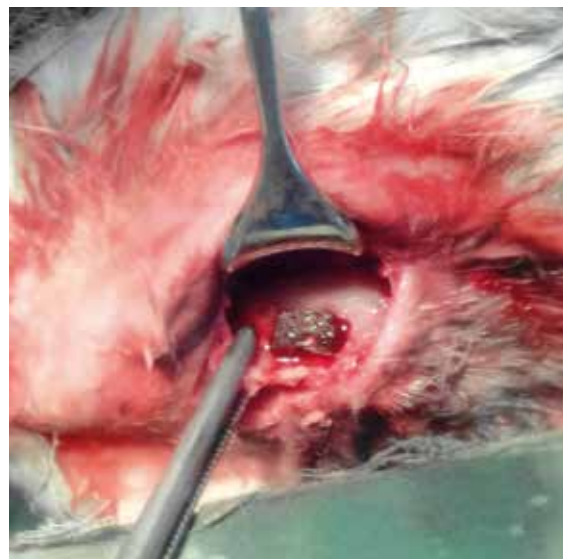
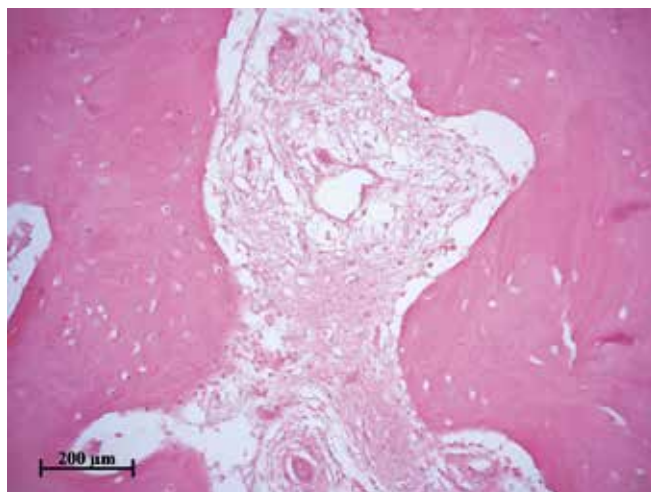


Рис. 1 Интраоперационное фото: пористо-проницаемый никелид титана, обвёрнутый текстильным его вариантом, установлен в искусственно созданный костный дефект

во всех имеющихся порах, в том числе и текстильного сетчатого никелида титана. Более того, на поверхности образца отмечалось формирование полимерного бесклеточного базофильного материала толщиной 0,3-0,5 см, который механически очень плотно прилегал к кости так, что с трудом удавалось сбивать её от поверхности имплантационной конструкции (местами при изготовлении морфологического материала приходилось сбивать её с использованием молотка). Следует отметить, что указанный факт и другие сведения, полученные в ходе проводимого нами исследования, в работах Азизовой ДА и Усатова ДА [5, 6], были освещены недостаточно. Кроме того, в исследуемом материале были также определены наличие зрелой пластинчатой костной ткани, формирование компактного и губчатого вещества кости, присутствие в межатрабекулярном пространстве клеток красного костного мозга, которые свидетельствовали об активном, совершенном характере репаративного остеогенеза и интеграции

Рис. 2 Участок новообразованной пластинчатой костной ткани. Межатрабекулярное пространство заполнено рыхлой волокнистой соединительной тканью. В межатрабекулярном пространстве отсутствует красный костный мозг. Окраска гематоксилином-эозином. Ув. ×200



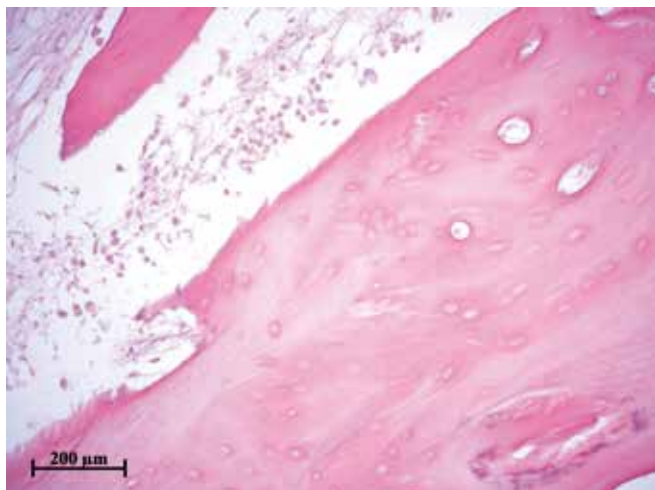


Рис. 3 Участок новообразованной пластинчатой костной ткани. В межтрабекулярном пространстве небольшое количество гемопоэтических клеток красного костного мозга с его морфологическими признаками. Окраска гематоксилином-эозином. Ув. $\times 200$

пористо-проницаемого и тканевого никелида титана в околодефектном участке кости (рис. 4).

Согласно данным последующих гистоморфологических исследований, зрелая костная структура в порах имплантата образовывалась постепенно, костная ткань заполняла поры и соединяющие их каналы. Этот процесс был связан, в первую очередь, с реакцией костной ткани на исследуемые материалы, активно выступающие в роли матрицы для формирования зрелой костной ткани.

Зарождение и рост костной ткани в пористой структуре происходит одновременно, а проницаемые свойства материала дают безусловную возможность оптимизировать процесс остеоинтеграции в околодефектных участках костных структур и выступать в качестве остеокондуктора. Очевидно, именно указанные свойства пористого никелида титана позволяют материалу выступить в роли платформы для роста и интеграции остеогенных клеток (остеоцитов и остеобластов). Нельзя не отметить и тот факт, что минерализация данной платформы в 60-80% зависит от высокого процента наличия пористости и оптимального размера пор в исследуемых материалах. Безусловно, именно данный фактор способен инициировать и детерминировать

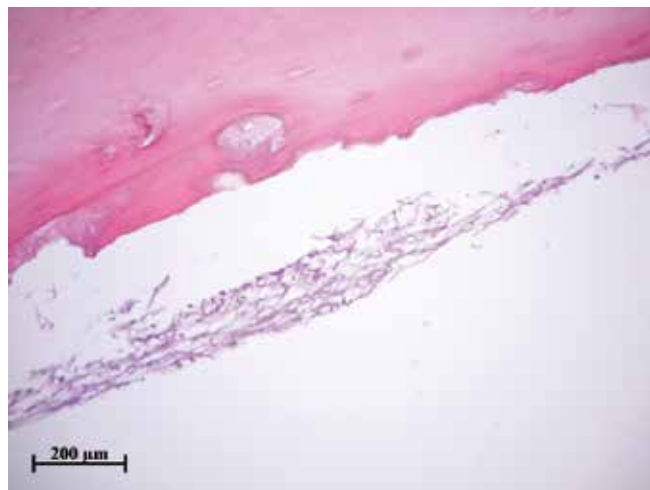


Рис. 4 На поверхности пластинчатой костной ткани определяется бесклеточный полимерный рыхлый материал, который имеет аутогенное происхождение. Окраска гематоксилином-эозином. Ув. $\times 200$

высокий процент заполнения пор имплантата костной тканью. Таким образом, сформированная новообразованная кость на поверхности имплантационных конструкций, а также околодефектных участках нижней челюсти по своему строению вполне соответствует структуре нормальной кости. Отсутствие дистрофических и некротических клеточных элементов в исследуемых материалах свидетельствует об отсутствии у них токсических свойств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При установке пористо-проницаемого и сетчатого текстильного никелида титана в искусственно созданный дефект нижней челюсти отмечается оптимальный рост и популяция остеогенных клеток как в пористой, так и в сетчатой части, с формированием высокопрочного композита вокруг имплантационной конструкции. Рост новообразованной кости вокруг имплантационной конструкции в отдаленные сроки наблюдения составляет от 0,3 до 0,5 см, а механическое их сцепление обеспечивается прочной взаимосвязанностью внутри и вне пористой их частей. Обвёртывание пористого никелида титана текстильной сетчатой конструкцией оптимизирует процессы репаративной регенерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гюнтер ВЭ. (ред.) *Искусственные материалы и проблемы их биосовместимости с тканями организма. Материалы с памятью формы и новые технологии в медицине*. Томск, РФ: Изд-во «НПП» МИЦ»; 2007. с. 4-12.
2. Дамбаев ГЦ, Топольницкий УБ, Гюнтер ВЭ, Шефер НА, Ходоренко ВН, Соколов ЕГ, и др. *Имплантаты с памятью формы в торакальной хирургии*. Томск, РФ: Изд-во «НПП» МИЦ»; 2016. 232 с.
3. Gyunter SV, Dambaev GTs, Kokorev OV. *The effect of infrared and ultraviolet radiation in the development of the cells in the porous permeable titanium nickel-based alloy scaffold*. In: "Shape memory biomaterials and implants in medicine (SMBIM)". Busan, South Korea: Kang & Park Medical Co., Ltd.; 2017. p. 131-9.

REFERENCES

1. Gyunter VE. (red.) *Iskusstvennye materialy i problemy ikh biosovme-stimosti s tkanyami organizma. Materialy s pamyat'yu formy i novye tekhnologii v med-itsine* [Artificial materials and the problem of biocompatibility with organism texture. Shape memory materials and new technologies in medicine]. Tomsk, RF: Izd-vo «NPP» MITs»; 2007. p. 4-12.
2. Dambaev GTs, Topolnitskiy UB, Gyunter VE., Shefer NA, Khodorenko VN, Sokolovich EG, i dr. *Implantaty s pamyat'yu formy v torakal'noy khirurgii* [Implants with memory form in thoracic surgery]. Tomsk, RF: Izd-vo «NPP» MITs»; 2016. 232 p.
3. Gyunter SV, Dambaev GTs, Kokorev OV. *The effect of infrared and ultraviolet radiation iv the development of the cells in the porous permeable titanium nickel-based alloy scaffold*. In: "Shape memory biomaterials and implants in medicine (SMBIM)". Busan, South Korea: Kang & Park Medical Co., Ltd.; 2017. p. 131-9.

4. Кокорев ОВ, Гюнтер ВЭ, Дамбаев ГЦ, Ходоренко ВН, Чердынцева НВ, Ясенчук ЮФ, и др. *Тканевая инженерия и клеточные технологии с использованием пористо-проницаемых инкубаторов из никелида титана*. Томск, РФ: Изд-во «НПП» МИЦ»; 2016. 150 с.
5. Хафизов РГ, Азизова ДД, Миргазизов МЗ, Фролова АИ, Цыплаков ДЭ, Гюнтер ВЭ, и др. Особенности восстановления сегментарного дефекта альвеолярной части нижней челюсти у собак. *Учёные записки КГАМ им. Н.Э. Баумана*. 2012;209:370-4.
6. Медведев ЮА, Усатов ДА. Применение гранул пористого никелида титана в эксперименте. *Российский стоматологический журнал*. 2016;20(5):235-7.
7. Радкевич АА, Гюнтер ВЭ, Гантимуров АА. Реплантация головки нижней челюсти у больных с височно-нижнечелюстными остеоартрозами с использованием материалов с памятью формы. *Имплантаты с памятью формы*. 2017;1-2:22-6.
8. Хушвахтов ДИ, Шакиров МН, Акбаров ММ. *Совершенствование методов направленной тканевой регенерации (НТР) в костных полостях у больных с одонтогенными кистами челюстей*. В: Новые технологии создания и применения биокерамики в восстановительной медицине. Томск, РФ: Изд-во «НПП» МИЦ»; 2012. с. 181-4.
9. Слизовский ГВ, Кужеливский ИИ. *Экспериментально-морфологическое исследование остеокондуктивных и остеоиндуктивных свойств биосовместимых композиционных материалов из никелида титана*. В: Гюнтер ВЭ. (ред.) Биосовместимые материалы с памятью формы и новые технологии в челюстно-лицевой хирургии и онкологии. Томск, РФ: Изд-во «НПП» МИЦ»; 2016. с. 213-6.
10. Архипенко ВИ, Сергеев КС, Марков АА, Бычков ВГ, Малишевский ВМ. *Экспериментальное обоснование способа улучшения остеointegrативных свойств пористого никелида титана*. В: Материалы и имплантаты с памятью формы в медицине. Томск, РФ: Изд-во «НПП» МИЦ»; 2014. с. 273-5.
11. Ивченко АО, Шведов АН, Гюнтер ВЭ, Милешин ВГ, Ивченко ОА, Скулкина СВ. Морфологические характеристики взаимодействия ксенопротезов с имплантатом из сверхэластичного никелида титана. *Имплантаты с памятью формы*. 2018;1-2:17-9.
12. Гюнтер СВ, Кокорев ОВ, Дамбаев ГЦ, Гюнтер ВЭ. Влияние инфракрасного излучения высокой мощности на жизнеспособность иммобилизованных клеток в инкубаторе-носителе из никелида титана. *Имплантаты с памятью формы*. 2018;1-2:70-5.
13. Радкевич АА, Гюнтер ВЭ, Каспаров ЭВ, Пуликов АС, Перетятко ОВ, Мамедов РХ, и др. Экспериментальное замещение костных дефектов мозгового черепа с использованием тонкопрофильного никелида титана. *В мире научных открытий*. 2018;10(5):28-45.
14. Тодоров СС, Хлопонин ПА, Стебляк АН, Марченко ЕС, Гюнтер ВЭ. Динамика морфологических изменений в компонентах глазного яблока при введении имплантата с памятью формы в эксперименте. *Имплантаты с памятью формы*. 2017;12:81-3.
15. Кокорев ОВ, Ходоренко ВН, Дамбаев ГЦ, Гюнтер ВЭ. Тканеинженерные материалы из пористо-проницаемого никелида титана для стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. *Имплантаты с памятью формы*. 2016;1-2:8-11.
16. Irianov IM, Diuriagina OV, Karaseva TI, Karasev EA. The osteoplastic effectiveness of the implants made of mesh titanium nickelide constructs. *Bosn J Basic Med Sci*. 2014;14(1):4-7.
4. Kokorev OV, Gyunter VE, Dambaev GTs, Khodorenko VN, Cherdyntseva NV, Yashenchuk YuF, i dr. *Tkanevaya inzheneriya i kletochnye tekhnologii s ispol'zovaniem poristo-pronitsaemykh inkubatorov iz nikelida titana* [Texture engineering and cellular technology with usage of porous permeable incubators from titanium nickelide]. Tomsk, RF: Izd-vo «NPP» MITs»; 2016. 150 p.
5. Khafizov RG, Azizova DD, Mirgazizov MZ, Frolova AI, Tsyplakov DE, Gyunter VE, i dr. Osobennosti vosstanovleniya segmentarnogo defekta al'veolyarnoy chasti nizhney chelyusti u sobak [Features of recovery of alveolar segmental defect of mandible in dogs]. *Uchyonye zapiski KGAM im. N.E. Baumana*. 2012;209:370-4.
6. Medvedev UA, Usatov DA. Primenenie granul poristogo nikelida titana v experimente [The use of granules of porous titanium nickelide in the experiment]. *Rossiyskiy stomatologicheskij zhurnal*. 2016;20(5):235-7.
7. Radkevich AA, Gunther VE, Gantimurov AA. Replantatsiya golovki nizhney chelyusti u bol'nykh s visochno-nizhnechelyustnymi osteoartrozami s ispol'zovaniem materialov s pamyat'yu formy [Replantation of the head of the mandible in patients with temporal-mandibular osteoarthritis using materials with shape memory]. *Implantaty s pamyat'yu formy*. 2017;1-2:22-6.
8. Khushvakhtov DI, Shakirov MN, Akbarov MM. *Sovershenstvovanie metodov napravlennoy tkanevoy regeneratsii (NTR) v kostnykh polostyakh u bol'nykh s odontogennymi kistami chelyustey* [Improvement of methods of directed tissue regeneration (DTR) in bone cavities in patients with odontogenic cysts of the jaws]. V: Novye tekhnologii sozdaniya i primeneniya biokeramiki v vosstanovitel'noy meditsine. Tomsk, RF: Izd-vo «NPP» MITs»; 2012. p. 181-4.
9. Slizovskiy GV, Kuzhelivskiy II. *Eksperimental'no-morfologicheskoe issledovanie osteokonduktivnykh i osteoinduktivnykh svoystv biosovmestimyykh kompozitsionnykh materialov iz nikelida titana* [Experimental and morphological study of osteoconductive and osteoinductive properties of biocompatible composite materials from titanium nickelide]. V: Gyunter VE. (red.) Biosovmestimyye materialy s pamyat'yu formy i novye tekhnologii v chelyustno-litsevoy khirurgii i onkologii. Tomsk, RF: Izd-vo «NPP» MITs»; 2016. p. 213-6.
10. Arkhipenko VI, Sergeev KS, Markov AA, Bychkov VG, Malishevskiy VM. *Eksperimental'noe obosnovanie sposoba uluchsheniya osteointegrativnykh svoystv poristogo nikelida titana* [Experimental substantiation of the method for improving the osseointegrative properties of porous titanium nickelide]. V: Materialy i implantaty s pamyat'yu formy v meditsine. Tomsk, RF: Izd-vo «NPP» MITs»; 2014. p. 273-5.
11. Ivchenko AO, Shvedov AN, Gyunter VE, Milesin VG, Ivchenko OA, Skulkina SV. Morfologicheskie kharakteristiki vzaimodeystviya ksenoprote-zov s implantatom iz sverkhelastichnogo nikelida titana [Morphological characteristics of the interaction of xenoprostheses with an implant made of superelastic titanium nickelide]. *Implantaty s pamyat'yu formy*. 2018;1-2:17-9.
12. Gyunter SV, Kokorev OV, Dambaev GTs, Gyunter VE. Vliyaniye infrakrasnogo izlucheniya vysokoy moshchnosti na zhiznesposobnost' immobilizovannykh kletok v inkubatore-nositеле iz nikelida titana [Influence of high-power infrared radiation on the viability of immobilized cells in a titanium nickelide carrier incubator]. *Implantaty s pamyat'yu formy*. 2018;1-2:70-5.
13. Radkevich AA, Gyunter VE, Kasparov EV, Pulikov AS, Peretyatko OV, Mamedov RK, i dr. Eksperimental'noe zameshchenie kostnykh defektov mozgovogo cherepa s ispol'zovaniem tonkoprofil'nogo nikelida titana [Experimental replacement of cerebral skull bone defects using thin-profile titanium nickelide]. *V mire nauchnykh otkrytij*. 2018;10(5):28-45.
14. Todorov SS, Khloponin PA, Steblyuk AN, Marchenko ES, Gyunter VE. Dinamika morfologicheskikh izmeneniy v komponentakh glaznogo yabloka pri vvedenii implantata s pamyat'yu formy v eksperimente [Dynamics of morphological changes in the components of the eyeball during the introduction of an implant with shape memory in experiment]. *Implantaty s pamyat'yu formy*. 2017;12:81-3.
15. Kokorev OV, Khodorenko VN, Dambaev GTs, Gyunter VE. Tkaneynzhenernye materialy iz poristo-pronitsaemogo nikelida titana dlya stomatologii i chelyustno-litsevoy khirurgii [Tissue-engineered materials from porous permeable titanium nickelide for stomatology and maxillofacial surgery]. *Implantaty s pamyat'yu formy*. 2016;1-2:8-11.
16. Irianov IM, Diuriagina OV, Karaseva TI, Karasev EA. The osteoplastic effectiveness of the implants made of mesh titanium nickelide constructs. *Bosn J Basic Med Sci*. 2014;14(1):4-7.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Мирзоев Мансурджон Шомилевич, кандидат медицинских наук, доцент, зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии с детской стоматологией, Институт последипломного образования в сфере здравоохранения Республики Таджикистан

ORCID ID: 0000-0002-04-09-3131

SPIN-код: 1452-9180

E-mail: mirzoev_1965@bk.ru

Шакиров Мухамеджан Нигматович, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры стоматологии Новгородского государственного университета им. Я. Мудрого

Researcher ID: Q-1449-2016

Scopus ID: 57212037978

ORCID ID: 0000-0002-6673-0327

SPIN-код: 4749-0055

Author ID: 950479

E-mail: shakirov.1948@mail.ru

Порохова Екатерина Даниловна, ассистент кафедры морфологии и общей патологии, Сибирский государственный медицинский университет

E-mail: porohova_e@mail.ru

Джонибекова Розия Наджмудиновна, кандидат медицинских наук, доцент, зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино

ORCID ID: 0000-0002-7202-4904

SPIN-код: 2159-7142

E-mail: roziya.66@mail.ru

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали

Конфликт интересов: отсутствует

АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Мирзоев Мансурджон Шомилевич

кандидат медицинских наук, доцент, зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии с детской стоматологией, Институт последипломного образования в сфере здравоохранения Республики Таджикистан

734026, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. И. Сомони, 59

Тел.: +992 (919) 172701

E-mail: mirzoev_1965@bk.ru

ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: ММШ, ШМН

Сбор материала: ДРН

Статистическая обработка данных: ДРН

Анализ полученных данных: ММШ, ШМН, ПЕД

Подготовка текста: ММШ, ПЕД

Редактирование: ММШ, ШМН, ПЕД

Общая ответственность: ММШ

Поступила 01.05.2020

Принята в печать 24.09.2020

AUTHOR INFORMATION

Mirzoev Mansurdzhon Shomilovich, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Maxillofacial Surgery and Pediatric Dentistry, Institute of Postgraduate Education in Healthcare of the Republic of Tajikistan

ORCID ID: 0000-0002-04-09-3131

SPIN: 1452-9180

E-mail: mirzoev_1965@bk.ru

Shakirov Mukhamedzhan Nigmatovich, Doctor of Medical Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Dentistry, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University

Researcher ID: Q-1449-2016

Scopus ID: 57212037978

ORCID ID: 0000-0002-6673-0327

SPIN: 4749-0055

Author ID: 950479

E-mail: shakirov1948@mail.ru

Porokhova Ekaterina Danilovna, Assistant of the Department of Morphology and General Pathology, Siberian State Medical University

E-mail: porohova_e@mail.ru

Dzhonibekova Roziya Nazhmuddinovna, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Maxillofacial Surgery, Avicenna Tajik State Medical University

ORCID ID: 0000-0002-7202-4904

SPIN: 2159-7142

E-mail: roziya.66@mail.ru

Information about the source of support in the form of grants, equipment, and drugs

The authors did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

Conflicts of interest: The authors have no conflicts of interest

ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

Mirzoev Mansurdzhon Shomilovich

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Maxillofacial Surgery and Pediatric Dentistry, Institute of Postgraduate Education in Healthcare of the Republic of Tajikistan

734026, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Somoni Ave., 59

Tel.: +992 (919) 172701

E-mail: mirzoev_1965@bk.ru

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: MMSH, ShMN

Data collection: DRN

Statistical analysis: DRN

Analysis and interpretation: MMSH, ShMN, PED

Writing the article: MMSH, PED

Critical revision of the article: MMSH, ShMN, PED

Overall responsibility: MMSH

Submitted 01.05.2020

Accepted 24.09.2020