



National Scientific Center of Traumatology
and Orthopaedics named after
Academician N.D. Batpenov

ISSN: 2789-9632
e-2789-9640

Traumatology and Orthopaedics of Kazakhstan

Scientific & Practical Journal of the
Kazakhstan Association of Trauma Orthopaedists

Volume 60. Number 4 (2021)

РЕДАКЦИЯ/EDITORIAL

Бас редактор:
Бекарисов Олжас Сапарғалиұлы
Қауымдастырылған редакторлар:
Бәтпен Арман Нұрланұлы
Mahmut Nedim Doral
Абдрахманов Әлібек Жанпейісұлы
Атқарушы редактор:
Оразова Ғалия Ұзаққызы
Жауапты хатшы:
Гурбанова Эльнара Иншаллаховна

Главный редактор:
Бекарисов Олжас Сапарғалиевич
Ассоциированные редакторы:
Бәтпен Арман Нұрланұлы
Mahmut Nedim Doral
Абдрахманов Алибек Жанпейисович
Исполнительный редактор:
Оразова Ғалия Ұзаққызы
Ответственный секретарь:
Гурбанова Эльнара Иншаллаховна

Editor-in-Chief:
Olzhas Bekarisov
Associate Editors:
Arman Batpen
Mahmut Nedim Doral
Alibek Abdрахmanov
Executive Editor:
Galiya Orazova
Executive Secretary:
Gurbanova Elnara

РЕДАКЦИЯЛЫҚ КЕҢЕС/ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ/ EDITORIAL BOARD

Kotz Rainer (Австрия)
Schnettler Reinhard (Германия)
Zeichen J. (Германия)
Sehirlioglu Ali (Түркия)
Tarasevicius Sarunas (Литва)
Hayati Durmaz (Түркия)
Häring Ewald (Австрия)
Абдуразаков У.А. (Қазақстан)
Ахтямов И.Ф. (Ресей)
Виссарионов С.В. (Ресей)
Гахраманов А. (Әзірбайжан)
Есиркепов М.М. (Қазақстан)
Жанаспаев М.А. (Қазақстан)
Михайловский М.В. (Ресей)
Минасов Б.Ш. (Ресей)
Мурылев В.Ю. (Ресей)
Раманкулов Е.М. (Қазақстан)
Рерих В.В. (Ресей)
Римашевский Д.В. (Ресей)
Тихилов Р.М. (Ресей)

Kotz Rainer (Австрия)
Schnettler Reinhard (Германия)
Zeichen J. (Германия)
Sehirlioglu Ali (Турция)
Tarasevicius Sarunas (Литва)
Hayati Durmaz (Түркия)
Häring Ewald (Австрия)
Абдуразаков У.А. (Қазақстан)
Ахтямов И.Ф. (Россия)
Виссарионов С.В. (Россия)
Гахраманов А. (Азербайджан)
Есиркепов М.М. (Қазақстан)
Жанаспаев М.А. (Қазақстан)
Михайловский М.В. (Россия)
Минасов Б.Ш. (Россия)
Мурылев В.Ю. (Россия)
Раманкулов Е.М. (Қазақстан)
Рерих В.В. (Россия)
Римашевский Д.В. (Россия)
Тихилов Р.М. (Россия)

Kotz Rainer (Austria)
Schnettler Reinhard (Germany)
Zeichen J. (Germany)
Sehirlioglu Ali (Turkey)
Tarasevicius Sarunas (Lithuania)
Hayati Durmaz (Turkey)
Häring Ewald (Austria)
Urazbay Abdurazakov (Kazakhstan)
Ildar Akhtyamov (Russia)
Sergey Vissarionov (Russia)
Aydin Gahramanov (Azerbaijan)
Marlen Yesirkeпов (Kazakhstan)
Marat Zhanaspayev (Kazakhstan)
Mikhail Mikhailovsky (Russia)
Bulat Minasov (Russia)
Valery Murylev (Russia)
Yerlan Ramankulov (Kazakhstan)
Victor Rerich (Russia)
Denis Rimashevsky (Russia)
Rashid Tikhilov (Russia)

РЕДАКЦИЯЛЫҚ КОЛЛЕГИЯ/ РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ / FOUNDING EDITORIAL BOARD

Абдрахманова А.С. (Қазақстан)
Абильмажинов М.Т. (Қазақстан)
Анашев Т.С. (Қазақстан)
Баубеков М.Б. (Қазақстан)
Байдарбеков М.У. (Қазақстан)
Белокобылов А.А. (Қазақстан)
Джаксыбекова Г.К. (Қазақстан)
Жанаспаева Г.А. (Қазақстан)
Искаков Е.С. (Қазақстан)
Мурсалов Н.К. (Қазақстан)
Махамбетчин М.М. (Қазақстан)
Мухаметжанов Х.М. (Қазақстан)
Нағыманов Б.А. (Қазақстан)
Набиев Е.Н. (Қазақстан)
Оспанов К.Т. (Қазақстан)
Раймагамбетов Е.К. (Қазақстан)
Спичак Л.В. (Қазақстан)
Тажин К.Б. (Қазақстан)
Түлеубаев Б.Е. (Қазақстан)

Абдрахманова А.С. (Қазақстан)
Абильмажинов М.Т. (Қазақстан)
Анашев Т.С. (Қазақстан)
Баубеков М.Б. (Қазақстан)
Байдарбеков М.У. (Қазақстан)
Белокобылов А.А. (Қазақстан)
Джаксыбекова Г.К. (Қазақстан)
Жанаспаева Г.А. (Қазақстан)
Искаков Е.С. (Қазақстан)
Мурсалов Н.К. (Қазақстан)
Махамбетчин М.М. (Қазақстан)
Мухаметжанов Х.М. (Қазақстан)
Нағыманов Б.А. (Қазақстан)
Набиев Е.Н. (Қазақстан)
Оспанов К.Т. (Қазақстан)
Раймагамбетов Е.К. (Қазақстан)
Спичак Л.В. (Қазақстан)
Тажин К.Б. (Қазақстан)
Түлеубаев Б.Е. (Қазақстан)

Aliya Abdрахmanova (Kazakhstan)
Mukhtar Abilmazhinov (Kazakhstan)
Talgat Anashev (Kazakhstan)
Meyram Baubekov (Kazakhstan)
Murat Baidarbekov (Kazakhstan)
Alexey Belokobyllov (Kazakhstan)
Galina Jaxybekova (Kazakhstan)
Galiya Zhanaspayeva (Kazakhstan)
Yerzhan Isakov (Kazakhstan)
Nagmet Mursalov (Kazakhstan)
Murat Makhambetchin (Kazakhstan)
Khanat Mukhametzhano (Kazakhstan)
Bolat Nagymanov (Kazakhstan)
Yergaly Nabiyev (Kazakhstan)
Kuanysh Ospanov (Kazakhstan)
Yerik Raimagambetov (Kazakhstan)
Lyudmila Spichak (Kazakhstan)
Kairat Tazhin (Kazakhstan)
Berik Tuleubayev (Kazakhstan)

Редакцияның мекен-жайы:
Traumatology and Orthopaedics
of Kazakhstan
Z00P5Y4
Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.
Абылай хан даңғ.15/А
Тел.: +7 (7172) 547 717
E-mail: editor.journalto@gmail.com
Веб-сайт: www.journaltokaz.org

Адрес редакции:
Traumatology and Orthopaedics
of Kazakhstan
Z00P5Y4
Қазақстан, г. Нур-Сұлтан
пр. Абылай хана, 15/А
Тел.: +7 (7172) 547 717
E-mail: editor.journalto@gmail.com
Веб-сайт: www.journaltokaz.org

Editorial Office:
Traumatology and Orthopaedics
of Kazakhstan
Z00P5Y4
Kazakhstan, Nur-Sultan city
Abylai Khan Ave, 15A
Tel.: +7 (7172) 547 717
E-mail: editor.journalto@gmail.com
Website: www.journaltokaz.org



National Scientific Center of Traumatology and Orthopaedics named after Academician N.D. Batpenov

Traumatology and Orthopaedics of Kazakhstan

Scientific & Practical journal of the Kazakhstan Association of Trauma Orthopaedists

Authors are responsible for reliability of information published in the journal. Reprinting of articles published in this journal and their use in any form, including e-media, without the consent of the publisher is prohibited

Nur-Sultan, 2021

<https://doi.org/10.52889/1684-9280-2021-4-60-4-9>

УДК 617.3; 616-089.23;616-001

МРНТИ: 76.29.41

Обзорная статья

Реконструктивные вмешательства на дефектах мягких тканей пяточной области

Балгазаров С.С.¹, Рамазанов Ж.К.², Абилов Р.С.³, Морошан А.В.⁴,
Атепилева А.М.⁵, Крикливый А.А.⁶

¹ Заведующий отделением травматологии №4, Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени академика Батпеннова Н.Д., Нур-Султан, Казахстан. E-mail: serik.bal@mail.ru

² Ординатор отделения травматологии №4, Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени академика Батпеннова Н.Д., Нур-Султан, Казахстан. E-mail: 66zhanatay@mail.ru

³ Ординатор отделения травматологии №4, Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени академика Батпеннова Н.Д., Нур-Султан, Казахстан. E-mail: abilovruslan79@gmail.ru.

⁴ Врач травматолог-ортопед Северо-Западного научно-практического центра реабилитации и протезирования «Ортетика», Санкт-Петербург, Россия. E-mail: doc@ortetika.ru

⁵ Ординатор отделения травматологии №4, Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени академика Батпеннова Н.Д., Нур-Султан, Казахстан. E-mail: moroshartem92@gmail.com

⁶ Ординатор отделения травматологии №4, Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени академика Батпеннова Н.Д., Нур-Султан, Казахстан. E-mail: daringdiva@mail.ru

⁷ PhD-докторант Медицинского университета Караганды, Казахстан. E-mail: akrikliyuy@list.ru

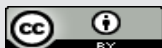
Резюме

В настоящее время наблюдается явное увеличение частоты и тяжести различных видов травматизма, как бытового, так и дорожно-транспортного, производственного, что связано, в первую очередь, с мировым техническим прогрессом, доступностью различных бытовых и производственных приборов, а также с информационной загруженностью, которая сказывается на внимательности людей в быту, на дорогах и производстве. В ряду этих травм свою позицию уверенно занимают повреждения дистального отдела нижних конечностей, достигающих по оценкам различных авторов 10% всех повреждений опорно-двигательной системы. Не последнее место среди данных случаев занимают травмы, сопровождающиеся нарушением целостности или полным повреждением мягких тканей пяточной области. Так же нередки случаи трофических дефектов данной области, связанной с нарушением нейровегетативной иннервации в проксимальном отделе нижних конечностей на фоне посттравматического рубцевания тканей, микро- и макро- ангиопатии. В связи с чем у пациентов нарушается функция нижних конечностей, опороспособность и, как следствие, качество жизни, а также достаточно часто присоединяется инфекция. Нами рассмотрены наиболее эффективные оперативные вмешательства, по результатам рассмотрения новейших статей в поисковой базе PubMed.

Ключевые слова: дефекты пяточной области, трофические раны пяточной области, кровоснабжаемый лоскут, суральный лоскут, несвободный кожный лоскут.

Corresponding author: Atepileva Aliya, doctor – combustiologist of the National Scientific Center of Traumatology and Orthopaedics named after Academician N.D. Batpenov.
Postal code: Z00P5Y4
Address: Kazakhstan, Nur-Sultan, Abylai Khan Av. 15A
Phone: +77076673477
E-mail: daringdiva@mail.ru

J Trauma Ortho Kaz 2021; 4 (60): 4-9
Received: 12-10-2021
Accepted: 08-11-2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

На сегодняшний день известно большое количество различных вариаций оперативных вмешательств, позволяющих вернуть пациентов, частично или полностью, к прежнему образу жизни. Принципиальное различие между данными манипуляциями складывается в пластике ран участками мягких тканей с собственным кровоснабжением и свободными лоскутами, а также в одномоментном или многокомпонентном оперативном вмешательстве. В то же время необходимо учитывать, что данные мероприятия имеют значительное количество сложностей и дальнейших осложнений, связанных с нарушением регионарного кровообращения, в этой области тела наблюдается относительный дефицит и минимальная подвижность кожных покровов, а также тем, что данная область – это часть органа передвижения, несущая на себе основную осевую нагрузку тела, и даже на клеточном уровне данная локализация представлена узкоспециализированными функциональными единицами, которые уникальны для подошвенной

жировой подушечки, способных восполнить функцию сдвига и сжатия, испытываемых в этой области [1-10]. Именно поэтому методика операций на данной области постоянно совершенствуется, специалисты всего мира ежегодно представляют свои инновационные видения решения данного вопроса, используя различные локализации, перфорирование лоскутов и прочее.

Цель проведения обзора литературы: провести анализ результатов применения реконструктивных вмешательств на дефектах мягких тканей пяточной области в доступной литературе.

Методология. Нами рассмотрено 31 исследование, касающиеся реконструктивных вмешательств в области пяточной кости. При этом разделение и сравнение было больше в плане кровоснабжения реципиентного участка, нежели в разнице этиологических факторов. Помимо этого, исследованы две статьи в которых использовались дополнительные приспособления, используемые в ранний послеоперационный период.

Пластика свободным лоскутом

В первую очередь рассмотрены исследования более традиционных свободных лоскутов для закрытия дефектов мягких тканей пяточной области. В пяти статьях [12,13,17,25,29] описаны методы переноса лоскута с бедра, предплечья и плеча, в одной реимплантация лоскута после травмы [18]. На основании 106 пациентов у 16 пациентов развились ранние послеоперационные осложнения в виде частичного краевого некроза, которые были излечены после смены повязок и консервативного лечения, два же случая дали полный некроз. Каких-либо проблем с донорскими участками не возникало. При переносе

лоскута с бедра использовались участки с боковой поверхности бедра и переднебоковой. Более того в одном из изысканий была произведена оценка вмешательства по шкале Американского общества ортопедов стопы и голеностопного сустава (AOFAS), среднее значение у обследованных пациентов (n=8) значительно улучшилось (34,13 против 77,63; p<0,001). Следовательно, свободный кожный лоскут можно безопасно использовать для покрытия опорной части ноги, обеспечивая оптимальную амортизацию и функциональные результаты, не опасаясь заболеваемости со стороны донорского участка [17].

Пластика лоскутом на сосудистом основании

В современной медицине чаще рассматриваются модификации с использованием собственного кровоснабжения лоскута, например, суральный (икроножный) их модификации, а также лоскуты стопы. Что касается икроножного лоскута, то в 9 статьях [11,21-24,26,38,39] описаны различные методики его использования. В частности, обратный икроножный лоскут и использование пропеллерного метода. Использование обратного икроножного метода показано в 4-х исследованиях [11,23,33,38], где рассмотрены 85 случаев, в 12 случаях был замечен краевой некроз и незначительный венозный стаз, который купировался со временем и произошло полное заживление, 2 лоскута дали чрезмерный выпот, а два лоскута полностью некротизировались. При использовании пропеллерного метода у 1 пациента из 20 исследованных в двух статьях [14,15] был частичный некроз, который со временем разрешился и у 1-го пациента интраоперационно обнаружено снижение кровоснабжение реципиентного участка в связи с чем выбран другой метод лечения. Рассмотрена одна из модификаций пропеллерного метода, когда лоскут представлен в виде «теннисной ракетки» [34]. Из 50 пациентов у одного пациента выявлен частичный некроз, который разрешился при правильном ведении спустя некоторое время. При сравнении этих двух способов большую роль сыграл этиологический фактор. Так, например, при травматических повреждениях у 40

пациентов оба способа показали отличный результат (выживаемость лоскута 95%) [22]. Что касается нейротрофических нарушений картина меняется, а именно при исследовании 54 случаев тридцать четыре пациента (группа А) имели обратный кожно-кожный лоскут (NCF): девятнадцать икроножных и пятнадцать боковых супрамаллеолярных лоскутов. У двадцати пациентов (группа В) пропеллерный лоскут (ПФ) был основан на перфораторах малоберцовой (n=13) или задней большеберцовой артерии (n=7). Неудачное заживление было зарегистрировано в 20/34 кожно-нервных лоскутах и в 12/20 лоскутах пропеллера. Осложнения включали две полные потери лоскута (один NCF, один PF), семнадцать некрозов дистального лоскута (10 NCF, 7 PF), пятнадцать событий отсроченного заживления ран на донорском или реципиентном участке (12 NCF, 3 PF). Вторичные операции потребовались 15 пациентам NCF и 8 PF [33].

Что касается кровоснабжения реципиентного участка – также есть возможность выбора оперативной тактики и источника питания. Достаточно часто при дефектах пяточной области используются лоскуты с кровоснабжением малоберцовой артерией и ее перфорантами. Авторами шести статей рассмотрены 81 случай [16,20,35,36,40,41], из которых в одном случае произошел полный некроз лоскута, один частичный некроз, в 2-х случаях наблюдалось расслоение лоскута, которые при правильной консервативной тактике

полностью излечились. При этом в одном из данных изысканий использовались цифровые технологии [32], когда перед восстановлением лоскута в программу Mimics 19.0 были импортированы данные КТ-ангиографии (КТА) нижней конечности и трехмерная реконструкция перфоратора малоберцовой артерии и модели кожи, точное расположение перфоратора, точный дизайн лоскута перфоратора и имитация операции в соответствии с ними были получены диапазон и местоположение дефекта. На основе трехмерной модели были определены происхождение и направление перфоратора малоберцовой артерии, положение перфоратора, диаметр перфоратора и максимальная длина открытого перфоратора. Согласно оценке AOFAS, 17 случаев были отличными, 11 случаев - хорошими, 3 случая - удовлетворительными, а показатель «отлично» и «хорошо» составил 87,5%.

Благодаря близости расположения донорского участка, низкой частотой интраоперационных осложнений, снижению времени оперативного вмешательства достаточно популярно использование латерального [19] и медиального лоскутов подошвенной артерии для реконструкции пятки [16,28,40,41]. В случае использования латерального лоскута из наблюдаемых 24 пациентов все реципиентные участки прижились и сохранили достаточно высокую степень чувствительности. Касательно медиального лоскута - из рассмотренных нами статей 38 случаев имели благоприятный исход, кроме одного, в котором наблюдался частичный некроз реципиентного участка. Так же в базе PubMed был опубликован систематический обзор [27] статей касающихся такого типа оперативной тактики. Всего было выявлено 135 уникальных исследований. Восемнадцать (18) статей были включены в обзор и анализ, что дало в общей сложности 277 локальных лоскутов медиальной подошвенной артерии для покрытия пятки. Наиболее частой этиологией реконструированного дефекта пятки были язвы (45,3%), за которыми следовала травма (35,8%). Общая выживаемость лоскута составила $n=272/277$ (98,2%). Частота легкого осложнения лоскута составила $n=26/277$ (9,4%). Большинство лоскутов сохраняли защитное ощущение ($n=147/148$ (99,3%)), хотя защитное ощущение, как правило, было хуже, чем на противоположной нормальной стороне. Уровень заболеваемости донорским участком составил $n=14/269$ (5,2%).

Выводы

Все виды оперативных вмешательств при травматическом повреждении опорной части стопы в области пятки достаточно эффективны и имеют низкий процент интра- и постоперационных осложнений. Что касается повреждений этой области в результате нарушения трофики - лоскуты, с собственным кровоснабжением, в частности пропеллерный и икроножные лоскуты дают относительно большое количество осложнений. При выборе тактики лечения необходимо учитывать, как доступность донорских участков, этиологические факторы, наличие сопутствующих заболеваний, так и различные дополнительные приспособления, улучшающее дальнейшее заживление, а также дополнительные диагностические инструменты, для оценки регионарного кровотока либо аномалий.

Помимо различных модификаций в оперативной технике нередко изобретаются и используются различные вспомогательных технические средства такого, как например, временного внешнего фиксатора Kickstands External Fixator [30], который был использован при реконструкции лоскута мягких тканей при сложном дефекте стопы и голеностопного сустава. Преимуществом использования является подъем конечности, предотвращение давления на лоскут, особенно при реконструкциях заднего отдела, предотвращение образования пролежней пятки и деформации эквинуса. Из 14 лоскутов, только один дал частичный некроз.

Ранее был проведен систематический поиск в литературе для выявления статей, касающихся реконструкции подошвенной кожи и мягких тканей. Исследователями были изучены опубликованные статьи в базах данных PubMed. После исключения повторяющихся записей для рецензирования было доступно 1624 статьи. Всего для анализа было включено 280 уникальных статей, всего 2684 индивидуальных реконструкций [31]. В результате чего из этих рассмотренных статей 10% описывали технику пересадки кожи, 53% описывали локорегиональный лоскут, 32% описывали свободный перенос ткани и 5% описывали несколько реконструктивных методов. Изолированные дефекты пятки были наиболее часто реконструируемым субъединицей подошвенной стопы (73%). Широкая мышца спины была наиболее часто используемым свободным лоскутом, тогда как лоскут обратной икроножной артерии был наиболее часто используемым локорегиональным лоскутом. Ощущение защиты было отмечено при большинстве локорегиональных реконструкций и реконструкций свободного лоскута, независимо от первичной невротизации. Однако при использовании кожно-нервных лоскутов было отмечено улучшение двухточечной дискриминации. Частота осложнений сильно различалась, хотя скорость потери лоскута приближалась к показателям лоскутов, выполненных на других анатомических участках.

Заявление о финансировании. Никаких выгод в какой-либо форме не было получено и не будет получено от коммерческой стороны, прямо или косвенно связанной с предметом данной статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют, что конфликта интересов в данной работе нет.

Вклад авторов. Б.С.С. - концептуализация, просмотр, редактирование; Р.Ж.К. - формальный анализ, редактирование; А.Р.С. - редактирование; М.А.В. - редактирование; А.А.М. - сбор данных, написание черновой версии; К.А.А. - сбор данных, написание черновой версии.

Литература

1. Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Родоманова Л.А., Разоренов В.Л., Козлов И.В. Современные тенденции пластики лоскутами с осевым типом кровоснабжения на нижней конечности // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. - 2007. - №2 - С.71-75.
Tihilov R.M., Kochish A.Ju., Rodomanova L.A., Razorenov V.L., Kozlov I.V. Sovremennye tendencii plastiki loskutami s osevym tipom krovosnabzhenija na nizhnej konechnosti (Modern tendencies of plastics with flaps with an axial type of blood supply to the lower extremity) [in Russian]. Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova. 2007; 2: 71-75.
2. Богов А.А., Ибрагимова Л.Я., Муллин Р.И. Применение васкуляризированной кожной пластики медиальным лоскутом стопы для замещения дефекта мягких тканей стопы // Практическая медицина. - 2012. - Т.1. - №8 (64). - С. 86-87.
Bogov A.A., Ibragimova L.Ja., Mullin R.I. Primenenie vaskularizirovannoj kozhnoj plastiki medial'nym loskutom stopy dlja zameshhenija defekta mjagkih tkanej stopy (The use of vascularized skin grafting with a medial foot flap to replace a soft tissue defect in the foot) [in Russian]. Prakticheskaja medicina. 2012; 1; 8 (64): 86-87.
3. Байгамагамбетов Ш.А., Кошенов К.М. Пластическое замещение дефектов мягких тканей нижней конечности кожно-жировым лоскутом с осевым кровоснабжением // Травматология және ортопедия. Материалы Международной юбилейной науч.-практ. конф. - 2011. - №2. - С. 316-319.
Bajgamagambetov Sh.A., Koshenov K.M. Plasticheskoe zameshhenie defektov mjagkih tkanej nizhnej konechnosti kozhno-zhirovym loskutom s osevym krovosnabzheniem (Plastic replacement of soft tissue defects of the lower extremity with a skin-fat flap with axial blood supply) [in Russian]. Travmatologija zhane ortopedija. Materialy Mezhdunarodnoj jubilejnoj nauch.-prakt. konf. 2011; 2: 316-319.
4. Панов А.В., Шаповалов С.Г., Плешков А.С., Локтионов П. В. Пластическое закрытие обширного дефекта мягких тканей подошвы стопы // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии. - 2015. - №1. - С. 67-68.
Panov A.V., Shapovalov S.G., Pleshkov A.S., Loktionov P.V. Plasticheskoe zakrytie obshirnogo defekta mjagkih tkanej podoshvy stopy (Plastic closure of an extensive soft tissue defect in the sole of the foot) [in Russian]. Annaly plasticheskoy, rekonstruktivnoj i jesteticheskoy hirurgii, 2015; 1: 67-68.
5. Eser C., Kesiktaş E., Gencil E., Aslaner E.E., Yavuz M. An alternative method to free flap for distal leg and foot defects due to electrical burn injury: distally based cross-leg sural flap. Ulus Travma Acil Cerrahi Derg, 2016; 22(1): 46-51. <https://doi.org/10.5505/tjtes.2015.35306>
6. Рыбченко В.В., Александров А.В., Лагутина А.А., Гончарук П.В., Александрова Н.Е. Закрытие обширного дефекта мягких тканей опорной поверхности стопы с помощью васкуляризованного аутоотрансплантата прямой мышцы живота // Раны и раневые инфекции. Журнал имени профессора Б.М. Костюченка. - 2016. - №3. - С. 52-59.
Ryubchjonok V.V., Aleksandrov A.V., Lagutina A.A., Goncharuk P.V., Aleksandrova N.E. Zakrytie obshirnogo defekta mjagkih tkanej opornoj poverhnosti stopy s pomoshh'ju vaskularizovannogo autotransplantata prjamoj myshcy zhivota (Closure of an extensive soft tissue defect in the supporting surface of the foot using a vascularized autograft of the rectus abdominis muscle) [in Russian]. Rany i ranevye infekcii. Zhurnal imeni professora B.M. Kostjuchjonka, 2016; 3: 52-59.
7. Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Родоманова Л.А., Кутянов Д.И., Афанасьев А.О. Возможности современных методов реконструктивно-пластической хирургии в лечении больных с обширными посттравматическими дефектами тканей конечностей // Травматология и ортопедия России, 2011. - №2. - С.164-170.
Tihilov R.M., Kochish A.Ju., Rodomanova L.A., Kutjanov D.I., Afanas'ev A.O. Vozmozhnosti sovremennyh metodov rekonstruktivno-plasticheskoy hirurgii v lechenii bol'nyh s obshirnymi posttravmaticheskimi defektami tkanej konechnostej (Possibilities of modern methods of reconstructive plastic surgery in the treatment of patients with extensive post-traumatic defects of limb tissues) [in Russian]. Travmatologija i ortopedija Rossii, 2011; 2: 164-170.
8. Бикташева Э.М., Минасов Б.Ш., Валеев М.М. Микрохирургические технологии при лечении больных с обширными дефектами мягких тканей проксимальных отделов стопы // Практическая медицина. - 2015. - №6 (91). - С.90-93.
Biktasheva Je. M., Minasov B. Sh., Valeev M. M. Mikrohirurgicheskie tehnologii pri lechenii bol'nyh s obshirnymi defektami mjagkih tkanej proksimal'nyh otdelov stopy (Microsurgical technologies in the treatment of patients with extensive soft tissue defects in the proximal foot) [in Russian]. Prakticheskaja medicina. 2015; 6 (91): 90-93.
9. Оганесян А. Р. Комплексные аутоотрансплантаты при реконструкции дефектов мягких тканей и нижних конечностей // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии. - 2015. - №1. - С. 67-67.
Oganesjan A. R. Kompleksnye autotransplantaty pri rekonstrukcii defektov mjagkih tkanej i nizhnih konechnostej (Complex autografts for reconstruction of soft tissue and lower limb defects) [in Russian]. Annaly plasticheskoy, rekonstruktivnoj i jesteticheskoy hirurgii. 2015; 1: 67-67.
10. Tan O, Aydin OE, Demir R, Barin EZ, Cinal H, Algan S. Neurotized sural flap: an alternative in sensory reconstruction of the foot and ankle defects. Microsurgery, 2015; 35(3):183-9. <https://doi.org/10.1002/micr.22325>
11. Chou C.Y, Chiao H.Y, Wang C.Y, Sun Y.S. et al. Functional results of free tissue transfer for complex heel-calcaneal defects. Microsurgery. 2018; 38(4): 381-387. <https://doi.org/10.1002/micr.30253>
12. Elgohary H, Nawa A.M, Ahmed Z, Shoulah A.A. et al. Functional and Aesthetic Outcomes of Reconstruction of Soft-Tissue Defects of the Heel with Free Flap. JPRAS Open. 2019; 19: 35-44. <https://doi.org/10.1016/j.jpra.2018.10.008>
13. Meyer A, Horch R. E., Schoengart E., Beier J. P. et al. Results of combined vascular reconstruction by means of AV loops and free flap transfer in patients with soft tissue defects. Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery, 2016; 69(4): 545-553. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2015.11.025>
14. Lin J, Zhou F, Sun Y.D., Gao Y.S. et al. Modified Anterior Tibial Artery Perforator-Pedicled Propeller Flap for Soft-Tissue Coverage of the Ankle and Heel. World J Surg. 2020; 44(7): 2237-2242. <https://doi.org/10.1007/s00268-020-05452-y>
15. Franchi A, Fritsche E, Scaglioni M.F. Sequential propeller flaps in the treatment of post-traumatic soft tissue defects of the lower limb - a case series. Injury. 2020; 51(12): 2922-2929. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.02.031>

16. Gu J.X., Huan A.S., Zhang N.C., Liu H.J. et al. Reconstruction of Heel Soft Tissue Defects Using Medial Plantar Artery Island Pedicle Flap: Clinical Experience and Outcomes Analysis. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2017; 56(2): 226-229. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2016.11.022>.
17. Jiga L.P., Jandali Z., Merwart B., Skibinska K. The free vastus lateralis muscle flap. A smart less used flap for soft tissue reconstruction of the weight-bearing foot. *Injury*. 2020; 51(4): S34-S40. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.03.019>.
18. Hwang J.H., Kim K.S., Lee S.Y. Microsurgical Replantation of the Posterior Heel Skin and Subcutaneous Tissue. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2018; 57(4): 808-810. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2017.11.013>.
19. Jin W.H., Chang S.S., Wei Z.R., Li H. et al. Clinical effects of heel lateral flap in repair of skin and soft tissue defects at posterior heel region. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi*. 2020; 35(3): 218-220. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2019.03.010>.
20. Khan F.H., Beg M.S.A., Obaid-Ur-Rahman. Medial Plantar Artery Perforator Flap: Experience with Soft-tissue Coverage of Heel. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2018; 6(12): e1991. <https://doi.org/10.1097/gox.0000000000001991>.
21. Wu J., Wu J., Gong X., Ding Z. et al. Repairing Pretibial and Foot Soft Tissue Defects with Reverse Transplantation of the Medial Crural Fasciocutaneous Flap. *Int J Low Extrem Wounds*. 2016; 15(1): 34-40. <https://doi.org/10.1177%2F1534734615597864>.
22. Dhua S., Manashree S., Tilak B.G. The Clinical Outcome of Perforator Based Sural Artery and Propeller Flaps in Reconstruction of Soft Tissue of Extremities. *World J Plast Surg*. 2019; 8(1): 3-11. <https://doi.org/10.29252/wjps.8.1.3>.
23. Zheng L., Zheng J., Dong Z.G. Reverse sural flap with an adipofascial extension for reconstruction of soft tissue defects with dead spaces in the heel and ankle. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2016; 42(4): 503-511. <https://doi.org/10.1007/s00068-015-0569-x>.
24. Assi C., Fawaz W., Samaha C., Chamoun M. et al. Sural neuro-cutaneous flap in the management of foot and ankle soft tissue defects in a diabetic population. *J Med Liban*. 2016; 64(3): 164-7. <https://doi.org/10.12816/0031526>.
25. Li Q., Xiao H., Cen Y. Application of selectively thinning of free anterolateral thigh flap in repair of heel skin and soft tissue defect. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2018; 32(3): 350-353. <https://doi.org/10.7507/1002-1892.201710074/>
26. Jing-Chun Z. Kai S., Jia-Ao Y., Chun-Jing X. et al. Large heel soft tissue defects managed successfully with reverse medial crural fasciocutaneous flap: a 7-year single-center experience with 21 consecutive cases. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2015; 68(1): 40-8. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2014.09.041>.
27. Opoku-Agyeman J.L., Allen A., Humenansky K. The Use of Local Medial Plantar Artery Flap for Heel Reconstruction: A Systematic Review. *Cureus*. 2020; 12(8): e9880. <https://doi.org/10.7759/cureus.9880>.
28. Liette M.D., Ellabban M.A., Rodriguez P., Bibbo C. Medial Plantar Artery Flap for Wound Coverage of the Weight-Bearing Surface of the Heel. *Clin Podiatr Med Surg*. 2020; 37(4): 751-764. <https://doi.org/10.1016/j.cpm.2020.06.002>.
29. Wei J.W., Ni J.D., Dong Z.G., Liu L.H. et al. A Modified Technique to Improve Reliability of Distally Based Sural Fasciocutaneous Flap for Reconstruction of Soft Tissue Defects Longitudinal in Distal Pretibial Region or Transverse in Heel and Ankle. *Foot Ankle Surg*. 2016; 55(4): 753-8. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2016.02.011>.
30. Maruccia M., Elia R., Caizzi G., Carrozzo M. et al. Free flap and kickstand external fixator in foot and ankle soft tissue reconstruction. The versatility of a microsurgical-friendly application of an orthopedic device. *Injury*. 2018; 49(S3): S105-S109. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.09.048>.
31. Crowe C.S., Cho D.Y., Kneib C.J., Morrison S.D. et al. Strategies for Reconstruction of the Plantar Surface of the Foot: A Systematic Review of the Literature. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2019; 143(4): 1223-1244. <https://doi.org/10.1097/prs.0000000000005448>.
32. Zhao W., Xu Y., He X., Luo H. et al. Clinical application of digital technology in repairing of heel wound with peroneal artery perforator propeller flap. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2020; 34(3): 367-372. <https://doi.org/10.7507/1002-1892.201908079>
33. Demiri E., Tsimponis A., Pavlidis L., Spyropoulou G.A. et al. Reverse neurocutaneous vs propeller perforator flaps in diabetic foot reconstruction. *Injury*. 2020; 51(S4): S16-S21. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.03.014>.
34. Cheng D., Cui S., Zhang C., Li Y. et al. Effectiveness of medial ankle branches propeller "Tennis racket-like" flap in repair of heel-ankle tissue defects. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2018; 32(11): 1450-1453. <https://doi.org/10.7507/1002-1892.201804030>.
35. Ahn D.K., Lew D.H., Roh T.S., Lee W.J. Reconstruction of Ankle and Heel Defects with Peroneal Artery Perforator-Based Pedicled Flaps. *Arch Plast Surg*. 2015; 42(5): 619-625. <http://doi.org/10.5999/aps.2015.42.5.619>.
36. Masquelet A-C., Gaillard J., Cambon-Binder A., Mauprivez R. The fascio-cutaneous fibular island flap. *Ann Chir Plast Esthet*. 2018; 63(4): 294-298. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.anplas.2018.02.004>.
37. Li P., Li Z., Shen G. Distally Based Posterior Tibial Artery Perforator Flaps for Reconstruction of the Defects in Achilles Region. *Ann Plast Surg*. 2019; 83(4): 452-454. <https://doi.org/10.1097/sap.0000000000001909>.
38. Ciofu R.N., Zamfirescu D.G., Popescu S.A., Lascar I. Reverse sural flap for ankle and heel soft tissues reconstruction. *Journal of Medicine and Life*. 2017; 10(1): 94-98.
39. Lu S., Chai Y., Wang C., Wen G. Complex heel reconstruction with a sural fasciomyocutaneous perforator flap. *J Reconstr Microsurg*. 2014; 30(2): 83-90. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1357270>.
40. De Macedo J.L.S., Rosa S.C., Neto A.V.R.F., Silva A.A. et al. Reconstruction of soft-tissue lesions of the foot with the use of the medial plantar flap. *Revista Brasileira de Ortopedia*. 2017; 52(6): 699-704. <https://doi.org/10.1016/j.rbo.2016.10.009>.
41. Yang D., Yang J.F., Morris S.F., Tang M. et al. Medial plantar artery perforator flap for soft-tissue reconstruction of the heel. *Ann Plast Surg*. 2011; 67(3): 294-8. <https://doi.org/10.1097/sap.0b013e3181f9b278>.

Өкше аймағындағы жұмсақ тіндердің ақауларына реконструктивті араласулар

Балгазаров С.С.¹, Рамазанов Ж.К.², Абилов Р.С.³, Тупикин А.Л.⁴, Морощан А.В.⁵,
Атепилева А.М.⁶, Крикливый А.А.⁷

¹ №4 травматология бөлімінің меңгерушісі, Академик Батпенев Н.Ж. атындағы ұлттық ғылыми травматология және ортопедия орталығы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан. E-mail: serik.bal@mail.ru

² №4 травматология бөлімінің ординаторы, Академик Батпенев Н.Ж. атындағы ұлттық ғылыми травматология және ортопедия орталығы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан. E-mail: 66zhanatay@mail.ru

³ №4 травматология бөлімінің ординаторы, Академик Батпенев Н.Ж. атындағы ұлттық ғылыми травматология және ортопедия орталығы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан. E-mail: abilovruslan79@gmail.ru

⁴ «Ортетика» Солтүстік-батыс ғылыми-тәжірибелік оңалту және протездеу орталығының травматолог-ортопед дәрігері, Санкт-Петербург, Ресей. E-mail: doc@ortetika.ru

⁵ №4 травматология бөлімінің ординаторы, Академик Батпенев Н.Ж. атындағы ұлттық ғылыми травматология және ортопедия орталығы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан. E-mail: moroshartem92@gmail.com

⁶ №4 травматология бөлімінің ординаторы, Академик Батпенев Н.Ж. атындағы ұлттық ғылыми травматология және ортопедия орталығы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан. E-mail: daringdiva@mail.ru

⁷ Қарағанды медицина университетінің PhD докторанты, Қарағанды, Қазақстан. E-mail: akrikliyy@list.ru

Түйіндіме

Қазіргі уақытта тұрмыстық және жол-көлік, өндірістік жарақаттанудың жиілігі мен ауырлығының айқын өсуі байқалады. Бұл ең алдымен әлемдік техникалық прогреске, әртүрлі тұрмыстық және өндірістік құрылғылардың қол жетімділігінің артуына, сондай-ақ адамдардың күнделікті өмірде, жолдарда және өндірісте ұқыптылығына әсер ететін ақпараттық жүктемеге байланысты. Түрлі авторлардың мәлімдеуінше тірек-қимыл жүйесінің барлық зақымдануларының 10%-ы аяқтың дистальды бөлігінің жарақаттары болып табылады. Әсіресе өкше тұтастығының бұзылуымен, аймағының жұмсақ тіндерінің толық зақымдалуымен жүретін жарақаттар жиі кездеседі. Сондай-ақ, бұл аймақта жарақаттан кейінгі тіндердің тыртықтары, микро- және макроангиопатия салдарынан болған аяқтың проксимальды бөлігінде нейровегетативті иннервацияның бұзылуымен байланысты трофикалық ақаулар жиі кездеседі. Осыған байланысты жарақат алған науқастардың аяғының қызметі және нәтижесінде өмір сүру сапасы бұзылады, жиі жағдайда инфекция қосылады. Біз PubMed базасындағы жаңа зерттеу жұмыстарының нәтижесін саралап, ең тиімді хирургиялық араласуды қарастырдық.

Түйін сөздер: өкше аймағының ақаулары, өкше аймағының трофикалық жаралары, қанмен қамтамасыз етілетін тері жамылғысы, суральды тері жамылғысы, бос емес тері жамылғысы.

The Reconstructive Interventions on the Heel Area Soft Tissue Defects

Serik Balgazarov¹, Zhanatay Ramazanov², Ruslan Abilov³, Alexander Tupikin⁴, Artem Moroshan⁵,
Aliya Atepileva⁶, Alexander Krikliyy⁷

¹ Head of the Department of Traumatology No.4, National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician Batpenov N.D., Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: serik.bal@mail.ru

² Traumatologist-orthopedist of the Department of Orthopedics No.4, National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician Batpenov N.D., Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: 66zhanatay@mail.ru

³ Traumatologist-orthopedist of the Department of Orthopedics No.4, National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician Batpenov N.D., Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: abilovruslan79@gmail.ru

⁴ Traumatologist-orthopedist of the North-Western Scientific and Practical Center for Rehabilitation and Prosthetics "Ortetika", St. Petersburg, Russian. E-mail: doc@ortetika.ru

⁵ Traumatologist-orthopedist of the Department of Orthopedics No.4, National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician Batpenov N.D., Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: moroshartem92@gmail.com

⁶ Traumatologist-orthopedist of the Department of Orthopedics No.4, National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician Batpenov N.D., Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: daringdiva@mail.ru

⁷ PhD student of the Karagandy Medical University, Kazakhstan. E-mail: akrikliyy@list.ru

Abstract

Currently, there is a clear increase in the frequency and severity of various types of injuries, both domestic and road transport, industrial, which is primarily associated with global technical progress, the availability of various household and industrial appliances, as well as information workload, which affects attentiveness of people in everyday life, on the roads and at work. Among these injuries, injuries to the distal part of the lower extremities confidently occupy their position, reaching, according to various authors, 10% of all injuries of the musculoskeletal system. Not the last place among these cases is occupied by injuries accompanied by a violation of the integrity or complete damage to the soft tissues of the calcaneal region. There are also frequent cases of trophic defects in this area associated with a violation of neurovegetative innervation in the proximal lower extremities against the background of post-traumatic scarring of tissues, micro- and macro-angiopathy. In this connection, the function of the lower extremities, the ability to support and, as a result, the quality of life is impaired, as well as the infection quite often joins. We have considered the most effective surgical interventions, based on the results of reviewing the latest articles in the PubMed search database.

Keywords: defects of the calcaneal region, trophic wounds of the calcaneal region, blood-supplied flap, sural flap, non-free skin flap.

<https://doi.org/10.52889/1684-9280-2021-4-60-10-30>

УДК 615.465; 617.3; 616-089.23

МРНТИ: 76.09.43; 76.29.41

Обзорная статья

Научное обоснование использования биокомпозитного материала из гранул пористого никелида титана, обогащенного тромбоцитарной массой для костной пластики

Мухаметжанов Х. ¹, Бекарисов О.С. ², Мухаметжанов Д.Ж. ³, Карибаев Б.М. ⁴,
Дюсенбаев Н.Н. ⁵, Жанаспаев Т.М. ⁶

¹ Главный научный сотрудник, Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени академика Батпенова Н.Д., Нур-Султан, Казахстан. E-mail: neuroastana@mail.ru

² Директор Национального научного центра травматологии и ортопедии имени академика Батпенова Н.Д., Нур-Султан, Казахстан. E-mail: niitokz@med.mail.kz

³ Врач-нейрохирург нейрохирургического отделения №6 (краниофациальная нейрохирургия) с группой «Функциональная нейрохирургия», Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко, Москва, Россия. E-mail: info@nsi.ru

⁴ Ведущий научный сотрудник, Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени академика Батпенова Н.Д., Нур-Султан, Казахстан. E-mail: b.karibaev@mail.ru

⁵ Ассистент кафедры общей хирургии, бариатрической хирургии и нейрохирургии, Медицинский университет Астана, Нур-Султан, Казахстан. E-mail: nurekekz@mail.ru

⁶ PhD-докторант Медицинского университета Астана, Нур-Султан, Казахстан. E-mail: timurzhanaspayev@gmail.com

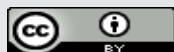
Резюме

Насыщение пористого никелида титана богатой тромбоцитами аутоплазмой, то значительно повышаются его интеграционные свойства. Биокомпозитный материал из пористого никелида титана обогащенный тромбоцитарной массой может использоваться для направленной тканевой регенерации, обеспечивающей репопуляцию клеток и, в частности, костной регенерации и костной пластики.

Ключевые слова: остеопластика, биокомпозитный материал, гранулы пористого никелида титана, тромбоцитарная масса.

Corresponding author: Nurzhan Dyusenbayev, Assistant of the Department of General Surgery, Bariatric Surgery and Neurosurgery, Astana Medical University, Nur-Sultan, Kazakhstan
Postal code: Z10K8Y7
Address: Kazakhstan, Nur-Sultan city, Nur-Sultan, Beibitshilik str., 49 a
Phone: +7 7015392521
E-mail: nurekekz@mail.ru

J Trauma Ortho Kaz 2021; 4 (60): 10-30
Received: 12-09-2021
Accepted: 28-10-2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Сплавы с памятью формы (СПФ) - это материалы, которые имеют способность возвращаться к прежней форме, когда подвергаются соответствующей термомеханической процедуре. СПФ - на основе Ni-Ti представляют собой группу металлических материалов, способных восстанавливать ранее заданную длину или форму при воздействии соответствующей термомеханической нагрузки, наиболее часто используются в коммерческих целях, поскольку они сочетают в себе хорошие механические свойства с памятью формы [1].

Свойства СПФ известны с 1930-х годов. В 1932 году Olander отметили обратимость сплава AuCd не только с помощью металлографических наблюдений, но и путем наблюдения изменений удельного сопротивления [2,3]. В 1938 году Greninger и Mooradian наблюдали эффект памяти формы в сплавах латуни (Cu-Zn) в определенном пределе термических колебаний [4]. Позднее Chang и Read (1951) ввели впервые термин «эффект памяти формы» для описания термоупругого поведения этих сплавов [5]. Тем не менее, только в 1960-х годах СПФ привлекли некоторый технологический интерес. В 1962 году Buehler et al. из Военно-морской артиллерийской лаборатории США обнаружили эффект памяти формы в эквиазимном сплаве Ni-Ti, который стал известен как нитинол, как отсылка к инициалам Лаборатории Rauchen разработала первое промышленное применение СПФ для авиационной промышленности в 1960-х годах [3,6,7]. В 1975 году Andreassen и Brady из Университета Айовы первыми предложили использовать нитиноловую проволоку в качестве ортодонтического средства, поскольку нить из этого материала обладает способностью развивать постоянное усилие при различном уровне деформации - первый имплант сверхэластичного ортодонтического устройства [1,8,9,10]. Ими было установлено, что СПФ обладают практически одинаковым модулем упругости с костной тканью. Сегодня эти приложения разрабатываются в различных областях науки и техники [11].

В 1948 году академик Г.В. Курдюмов и доктор физико-математических наук Л.Г. Хандрос

обнаружили обратимое термоупругое мартенситное превращение на сплавах Cu-Al-Ni и Cu-Sn, которое позднее официально названо эффектом Курдюмова (эффект восстановления заданной конфигурации или эффект памяти формы (ЭПФ)). Они обнаружили, что кристаллы образующегося мартенсита при остановке охлаждения могут прекращать рост, а при последующем нагреве уменьшаются в размерах. При этом последовательность исчезновения кристаллов мартенсита при нагреве и обратном превращении мартенсита в высокотемпературную фазу (аустенит) повторяет последовательность их возникновения в обратном порядке [12,13].

Впервые для использования в клинической практике в различных направлениях медицины в России стал применяться новый класс биосовместимых материалов - сверхэластичные СПФ более 30 лет назад. В Сибири были развернуты широкомасштабные исследования по внедрению в медицину нового поколения материалов. В основе такого «бума» лежало открытие явления гистерезисного запаздывания биологических тканей, которое впервые было сделано В.Э. Гюнтером [14]. Представления о гистерезисном поведении биологических систем и тканей поставили проблему биосовместимости материалов и тканей на новый уровень. Биомеханическое гистерезисное поведение тканей предъявляет и особые требования гистерезисного поведения для любых имплантантов и имплантируемых в организм материалов. Понимание фундаментальных основ природы запаздывающих явлений позволило создать новый класс материалов и имплантантов, гармонично функционирующих с тканями организма. С помощью новых имплантов можно было не только стабилизировать работу органа, но и создавать условия для длительного функционирования в заданном режиме.

В данной статье обсуждены основные качества биокompозитного материала из гранул пористого никелида титана, обогащенного тромбоцитарной массой и возможности его использования для костной пластики.

Основные качества никелида титана и характеристика функциональных имплантантов с памятью формы

Никелид титана обладает высокой биохимической и биомеханической совместимостью [15]. Высокая пористость имплантов никелида титана (80-90%) способствует хорошему врастанию твердых и мягких тканей организма. Введение в композит никелида титана позволяет получить класс материалов, обладающих высокими механическими характеристиками [16]. Уникальные свойства никелида титана, среди которых важное значение имеют высокая физическая и механическая прочность, пластичность, износ- и циклоустойкость, значимое сопротивление механизмам «усталости». В нормальном функционировании имплантантов не последнюю роль играют характеристики смачиваемости, проницаемости и пористости материала, а также гистерезисные свойства тканей в области имплантации [17].

Три коммерчески важных СПФ - это NiTi,

CuZnAl и CuAlNi. Среди них NiTi является наиболее часто изучаемым и используемым сплавом благодаря лучшей функциональной усталости и биосовместимости [18]. Являясь интерметаллидом, этот сплав обладает хорошей пластичностью (что связано с мартенситным превращением с различными режимами деформации), низкой анизотропией и относительно небольшим размером зерна. Бинарные сплавы NiTi имеют температуры превращения (Af), как правило, от 0 до 1000 С и показывают гистерезис температуры 25-400 С [19].

С семидесятых годов вошел в медицину новый класс имплантантов - функциональные имплантанты с памятью формы [20-22]. Высочайшая коррозионная стойкость в динамических условиях материалов, из которого изготавливались импантанты (сплавы на основе никелида титана - TiNi (Mo, Fe), позволили разработать широкий спектр имплантантов

практически для всех областей медицины [23]. Начались работы по использованию сплавов на основе никелида титана для изготовления различных имплантируемых конструкций с особым механическим поведением в организме [24-27]. Функциональные имплантаты с памятью формы начинают активно внедряться в медицинскую практику и хирургию [28].

Все имплантаты и изделия медицинского назначения на основе никелида титана условно делят на 4 основных класса [29]:

-первый класс – цельнолитые имплантаты, играющие роль временных функционирующих устройств – для фиксации костных отломков (для остеосинтеза), для расширения просвета полых органов (стентирования); для формирования межкостных анастомозов и др.;

-второй класс – пористые проницаемые и сетчатые имплантаты для замещения дефектов твердых и мягких тканей организма, для восстановления функции органов с реализацией при этом функции конкретных тканей (для длительного пребывания в организме);

-третий класс медицинских материалов из никелида титана определил создание нового поколения инструментария, способного изменять форму рабочей части и длительно сохранять режущие свойства;

-четвертый класс материалов и имплантатов – это устройства, выполняющие функцию инкубаторов-носителей для клеточных культур, позволяющие на новом уровне решать задачу восстановления структуры и функции внутренних органов.

В последующем научные труды R. Kusu (1981) и С. Burstone (1985) доказали уникальные свойства никелида титана и показали преимущества его использования в ортодонтии в сравнении с широко применяемыми металлами и сплавами (кобальтом-хромом, β -титаном, нержавеющей стали) [29,30]. Никелид титана обладает уникальными свойствами, как высокая твердость, пластичность, кавитационная, коррозионная и эрозивная стойкость, ЭПФ, способность к развитию значительных усилий при нагреве, биохимическая и биомеханическая совместимость с организмом пациента. Исследования в этом направлении с последующим быстрым практическим использованием были начаты в конце 70-х годов прошлого века в США, России, Федеративной Республики Германии, Франции и Японии [33-37]. Нитиноловые имплантаты нашли самое широкое применение в травматологии и ортопедии для остеосинтеза переломов костей [33,34], коррекции осанки [35], в качестве эндопротезов суставов [36] и протезов костей [37,38]. Этому способствовали появившиеся с середины 70-х годов работы по исследованию биосовместимости сплавов с памятью формы с тканями и органами человека, доказавшие высокий уровень биосовместимости имплантатов из никелида титана с костной тканью. Пионерами в этой области стали ученые из Германии и Китая [33,37,39].

Металлурги быстро раскрыли микроструктурные загадки памяти формы, и к началу 1970-х годов смогли объяснить даже мелкие детали процесса памяти формы. Наиболее очевидной особенностью суперэластичного нитинола является то, что его пластичность в 10-20 раз выше, чем у нержавеющей стали, т.е. можно наблюдать устройства,

которые «прыгают» с напряжениями до 11% [40].

Металлические сплавы с мартенситными превращениями и ЭПФ [25,41-50] являются функциональными и конструктивными-интеллектуальными. Сплавы на основе никелида титана в этом классе материалов выделяют комплекс чрезвычайно важных характеристик: самые высокие прочностные и пластические свойства, уникальные эффекты термомеханической памяти (памяти формы и сверхупругости) высокая надежность, термомеханическая, механотермическая и термоциклическая долговечность, свариваемость, жаропрочность, коррозионная стойкость, биологическая совместимость и ряд других [25,44-50]. Эти обстоятельства пока делают незаменимыми сплавы никелида титана, и обуславливают в настоящее время и в будущем их широкое, а в ряде случаев, например, в медицине, в электронике и электротехнике, в авиации и космонавтике, на транспорте и в бытовой технике исключительное практическое применение в качестве функционального материала нового поколения [51].

СПФ NiTi позволили развить технологии в различных областях [17,52,53]. Эти сплавы претерпевают обратимое кристаллическое фазовое превращение в твердом слое, в котором преобладает сдвиг между исходной фазой с высокой симметрией (аустенит в форме, упорядоченной ВСС-сверхрешетки b-фазы в случае Ni – 50,0% Ti) и фазой продукта с низкой симметрией (мартенсит в форме моноклинного искажения решетки B19) [52]. Одним из способов ЭПФ является восстановление больших деформаций (до 8%), механически созданных в диапазоне низких температур, путем переориентации/детвининга. Это может быть достигнуто путем повышения температуры до заданной более высокой температуры, называемой температурой аустенитной отделки (Af). Другими важными температурами, связанными с этим поведением, являются начало аустенита (As), при котором начинается восстановление, и начало мартенсита (Ms), и окончание мартенсита (Mf), при которых преобразование в мартенситную фазу начинается и заканчивается соответственно [54].

СПФ представляют две четко определенные кристаллографические фазы, а именно аустенит и мартенсит [55]. Мартенсит – это фаза, которая в отсутствие напряжения устойчива только при низких температурах. Кроме того, это может быть вызвано стрессом или температурой. Мартенсит легко деформируется, достигая больших деформаций (~8%) [11]. В зависимости от типа превращения, которому подвергаются эти сплавы, кристаллическая структура мартенсита может быть моноклинной или ромбической [56,57]. Когда мартенсит индуцируется температурой, он называется двойниковым мартенситом. Двойниковый мартенсит имеет 24 варианта, т.е. 24 подтипа с различной кристаллографической ориентацией [58]. С другой стороны, когда мартенсит индуцируется напряжением, эти 24 варианта двойникового мартенсита становятся только одним вариантом. Как следствие, возникает кристаллографическая ориентация, совпадающая с направлением напряжения, которая называется раздвоенным мартенситом. Фаза аустенита стабильна только при высоких температурах, имея единственный вариант с объемно центрированной кубической

кристаллической структурой.

Мартенситное преобразование объясняет восстановление формы при СПФ. Это превращение происходит в диапазоне температур, который варьируется в зависимости от химического состава каждого сплава [59]. В общем, можно определить четыре характерные температуры превращения: MS и MF, которые представляют собой температуры, при которых образование мартенсита начинается и заканчивается. Соответственно, и AS и AF, которые представляют собой температуры, при которых образование аустенита начинается и заканчивается.

Разработка и использование СПФ в различных отраслях осуществляется в технологически развитых странах мира достаточно высокими темпами. К настоящему времени зарегистрировано огромное количество патентов на сплавы с ЭПФ, устройства и изделия на их основе. Однако из большого числа таких материалов только сплавы на основе двух систем TiNi и Cu-Zn-Al пока пригодны для практического использования, причем, если первые имеют лучшие свойства, основанием для применения вторых являются лишь экономические предпосылки. Поэтому для изготовления высоконадежных и длительно функционирующих ответственных устройств используются только сплавы никелида титана [51].

Во многих медицинских направлениях приоритет в таких разработках принадлежит советским и российским специалистам [27,61,62]. Имплантат из никелида титана обладает биосовместимостью, остеокондуктивными и остеоиндуктивными свойствами, в зоне вокруг него создается остеогенез и ангиогенез, образуется костный покров. Остеоинтеграция имплантата происходит раньше, через 7 дней после операции, и через сутки после операции происходит органотипическое повторное моделирование регенерированной кости, а также дефект заполняется пластинчатой костью, ткани по типу первичного заживления костной раны. К 30-ому дню после операции минеральное содержание регенерированной костной ткани приближается к составу неповрежденной минеральной фазы коры [63].

Разработка и экспериментально-клиническое обоснование технологий имплантации для восстановления тканей в зону дефекта - одно из важнейших направлений современной медицины [64-67]. В настоящее время интенсивное развитие медицинских технологий, связанных с использованием имплантатов из никелида титана производства в виде сетчатых каркасов с биоактивной наноструктурой поверхностью [68]. Плотная волокнистая соединительная ткань, заполняющая дефект мышечно-апоневротического слоя брюшной стенки продемонстрировала, что они образуются во время имплантации [64]. Такие конструкции не использовались для заполнения костных дефектов, кроме Научно-исследовательского института медицинских материалов и имплантатов с памятью формы, а имплантаты целым блоком из титана. Было показано, что никелид оказывает незначительное остеопластическое действие [69]. Механические свойства сплавов на основе никеля и титана приближаются к механическим характеристикам костной ткани и обладают биосовместимостью [64,68]. Имплантаты из никелида титана имеют шероховатость, наноструктурирование

и высокую плотность поверхности. Слой оксида титана, расположенный на поверхности резьбы предотвращает диффузию металла и обеспечивает адгезивные свойства и наиболее благоприятные условия для функционирования периваскулярных остеогенных клеток [64,68].

Регенерированная костная ткань врастает в трехмерную структуру имплантата, способствует экспрессии остеогенных факторов и остеогенной дифференцировке клеток, а также массовому накоплению минерализованного матрикса, активирует остеогенез в предимплантационной зоне и способствует остеоинтеграции имплантата в ранние сроки. Остеоиндуктивные свойства имплантатов, определяемые наличием костных морфогенетических протеинов и остеогенных факторов роста [70], имеют важное значение для последовательного использования имплантата, а также его остеокондуктивные свойства, обеспечивающие направленное врастание в зону дефекта кровеносных сосудов, окружающих их околосоудистых остеогенных клеток и новообразованной костной ткани [71]. Вокруг имплантата формируется зона активного остеогенеза аппозиции внутри него и образуется костная оболочка, обладающая свойствами проводника остеогенеза и индуктора, который обеспечивает направленный рост костной ткани, длительную стимуляцию ангиогенеза и репаративный остеогенез. Заживление дефектов происходит рано по первичному типу без образования хрящевой и соединительной ткани в регенерированной кости. Количественные параметры минерализации в зоне остеоинтеграции свидетельствуют о том, что коэффициент Ca/P меньше, чем в кристаллическом гидроксиапатите. Это указывает на наличие в основном аморфного фосфата кальция в этой области, что согласуется с данными литературы, в которой отмечается необходимость наличия аморфного фосфата кальция в поверхностном слое для остеоинтеграции имплантата [71,72]. Минеральный состав регенерированной костной ткани приближается к составу минеральной фазы кортикальной большеберцовой кости у взрослых крыс [62].

Имплантат из сетки из никелида титана создает не только эффективные остеокондукторы, обеспечивая длительную активацию репаративного остеогенеза, но она приобретает свойства остеогенеза и остеоиндуктивные свойства в 3D частичном развитии костной ткани и быстрого наполнения костей, унифицированное регенерации костной ткани в силу в растущей костной ткани, содержащих остеоиндукторы (факторы роста и костные морфогенетические протеины), выпустив за резорбции остеокластов. Это обеспечивает возможности использования имплантата в качестве инкубатора и носителя для клеток остеогенной дифференцировки. Простота технологии изготовления имплантата, относительная атравматичность хирургического вмешательства, отсутствие биологической реакции отторжения при замене исследуемого имплантата на ряд наиболее оптимальных остеопластических материалов, а также его применение представляется теоретически обоснованным и перспективным, особенно при снижении индивидуального остеогенетического потенциала у взрослых и пожилых больных [62].

Соединение титана с никелем наряду с высокой пластичностью обладает уникальным свойством ЭПФ способностью ненагруженного материала под воздействием внешнего напряжения и изменения температуры накапливать деформацию до 10-15%, обратимую либо при нагреве, либо в процессе снятия внешнего напряжения, обуславливая сверхэластичность данного материала [30]. ЭПФ и сверхэластичность - свойства, не характерные для обычных металлов имплантатов.

Псевдоупругость (ПУ) является другим отличительным поведением этих сплавов. ПУ допускает обратимое поведение напряжения со значениями деформации, значительно превышающими значения классических металлов или сплавов [54]. Извлекаемая деформация для монокристаллического образца СПФ может достигать 10% [17]. ПУ описывает нелинейное восстанавливаемое поведение деформации СПФ при температурах выше температуры A_f , включая мартенситное (прямое) превращение при нагрузке, вызванное напряжением, и аустенитное (обратное) превращение, вызванное самопроизвольно термическим воздействием.

В дополнение к отличительным свойствам ЭПФ и ПУ, сплавы NiTi были признаны желаемыми материалами для костных имплантатов из-за их превосходной коррозии, износостойкости, биосовместимости, механических свойств и высокого отношения прочности к массе [54]. Уникальное сочетание низкой жесткости, высокой прочности, высоких восстанавливаемых деформаций и большого поглощения энергии пористым суперэластичным NiTi в сочетании с известной биосовместимостью NiTi делает этот материал привлекательным для применения на костных имплантатах [73].

Модули Юнга металлических материалов, используемых для замены костей, варьируются от 110 ГПа для титановых сплавов, до 190 ГПа для нержавеющей стали и 210 ГПа для сплавов на основе Co и, таким образом, они значительно выше, чем модуль губчатой кости человека (<3 ГПа) или компактной кости (12-17 ГПа) [74]. Это большое несоответствие жесткости между монокристаллическим имплантатом и окружающей человеческой костью приводит к экранированию стресса, что в конечном итоге вызывает ослабление имплантата. Снижение жесткости металлических имплантатов может

Инженерия костной ткани и использование биокompозитного материала из никелида титана для костной пластики

Инженерия костной ткани - это новая междисциплинарная область науки, объединяющая знания в области медицины, материаловедения и биомеханики. Во всем мире проводится множество интересных исследований по разработке новых строительных лесов для тканевой инженерии [82]. В течение последних трех десятилетий исследователи разработали металлические строительные леса, которые пригодятся для широкого спектра медицинских и стоматологических применений. Модификация поверхности уже доказанных биосовместимых металлов является необходимым условием для использования в тканевой инженерии, потому что поверхность металла должна контролироваться, чтобы вызывать адгезию, пролиферацию клеток и адсорбцию основных биомолекул [82]. Человеческие скелетные ткани

быть достигнуто путем равномерного добавления пористости внутри имплантата, поскольку жесткость уменьшается с увеличением площади пористости в пористых и ячеистых материалах [74]. В настоящее время поверхностная пористость создается на монокристаллических имплантатах для улучшения закрепления кости [75-77], но с минимальным снижением жесткости имплантата. Напротив, полностью пористый протезный материал может уменьшать жесткость и эффект защиты от стресса, а также, при достижении соответствующего размера пор и связности, позволяя вращать кости, тем самым улучшая прочность соединения имплантат/кость [78,79]. Стехиометрические никель-титановые сплавы особенно перспективны для таких применений, поскольку они демонстрируют доказанную биосовместимость [78,80] и самую низкую жесткость среди любых биосовместимых металлов (55-80 ГПа, в зависимости от температуры, для аустенитного NiTi [81].

Должна быть возможность согласовать жесткость человеческой кости с пористым NiTi при уровнях пористости, которые намного ниже, чем те, которые необходимы для других биосовместимых металлов [79]. Это желательно, поскольку прочность (в частности, усталостная прочность) также уменьшается более чем линейно с пористостью в пористых металлах [74]. Еще одним интересным механическим свойством NiTi с высоким содержанием никеля является суперэластичность, позволяющая монокристаллическому NiTi восстанавливать до 8% деформации при одноосной деформации путем обратимого преобразования, вызванного напряжением [2]. Человеческая кость также восстанавливает высокие напряжения (до 2% [74]), и, таким образом, NiTi может соответствовать этому механическому свойству.

Пористые, состаренные на 16% материалы NiTi демонстрируют комбинацию механических свойств, уникальных среди биосовместимых материалов: очень высокая прочность (1000 МПа), низкая кажущаяся жесткость (15 ГПа, соответствует компактной кости человека), большая пластичность при сжатии (>7%), большие восстанавливаемые деформации (>6%) и высокое поглощение энергии (>30 МДж/м³). Это делает пористый NiTi отличным кандидатом для замены кости [73].

имеют сложную трехмерную (3D) геометрию и высокоорганизованную внутреннюю архитектуру, которая не может быть просто имитирована клетками, поддерживаемыми в двух измерениях. Кость представляет собой сложную пористую композитную структуру со специфическими характеристиками, такими как вязкоупругость и анизотропия, как по морфологии, так и по механическим свойствам. Уникальные механические характеристики натуральной кости характеризуются высокой прочностью, высокой удельной прочностью и низкой жесткостью.

Пористые каркасы являются центральными для стратегий инженерии твердых тканей, поскольку они обеспечивают трехмерную структуру для доставки репаративных клеток или регенеративных факторов организованным способом для

восстановления или регенерации поврежденных тканей. Поскольку твердые ткани отвечают за механическую стабильность тела, материалы, предназначенные для восстановления, замены и/или восстановления твердых тканей, должны обладать прочностью, устойчивостью к коррозии/деградации, иметь хорошую биосовместимость и демонстрировать хорошую износостойкость [82]. Нитинол является одним из наиболее перспективных титановых имплантатов, которые находят различные применения, поскольку он обладает смесью новых свойств, даже в пористом состоянии, таких как ЭПФ, повышенная биосовместимость, сверхпластичность и высокие демпфирующие свойства [83,73]. Обширные испытания *in vivo* и доклинический опыт показывают, что нитинол обладает высокой биосовместимостью, в большей степени, чем нержавеющая сталь [84,85]. В литературе сообщалось о хорошей биосовместимости на поверхности модифицированного NiTi [86-89]. Эти достижения вращаются вокруг создания каркасов, которые изменяют форму после имплантации из-за воздействия нитинола, которое может быть инициировано при температуре человеческого тела.

Однако существует проблема аллергии и токсичности для сплавов NiTi, связанная с высвобождением ионов Ni. Озабоченность токсичностью Ni и потенциальной канцерогенностью ограничила использование сплавов NiTi в Европе и США [82]. Assad et al. утверждают, что пористый Ni-Ti обладает уникальными механическими свойствами сверхэластичности с низким модулем упругости для предотвращения экранирования напряжений, а также отличной биосовместимостью, хотя содержание никеля в нем вызывает определенные проблемы [90,91]. Сплав TiNi содержит высокую концентрацию Ni, который, как известно, является аллергическим и токсичным [92,93]. Хотя некоторые исследования [2,94] показывают, что сплав TiNi демонстрирует хорошую биосовместимость, при длительном использовании в организме человека ухудшение коррозионной стойкости сплава TiNi становится критической проблемой из-за растущей возможности иона Ni выделяться из субстрата в живые ткани. Следовательно, необходимо улучшить коррозионную стойкость сплава TiNi и уменьшить высвобождение ионов Ni. С другой стороны, сплавы Ti являются биоинертными материалами, если судить с точки зрения характера остеогенеза [95]. Для улучшения биологической активности сплава TiNi была проведена некоторая работа [96,97]. Долгосрочные результаты *in vivo* в этих аспектах все еще необходимы, чтобы доказать выполнимость этого сплава.

Чтобы преодолеть эту проблему, в настоящее время разрабатываются модификации поверхности, такие как окислительная обработка NiTi для получения поверхности, свободной от Ni [86], и несколько альтернативных сплавов с памятью формы без Ni, в основном на основе Nb, хотя их долгосрочные биологические характеристики должны быть оценены в будущем [98].

Неблагоприятные воздействия Ni можно избежать путем использования процессов: порошковой металлургии [99], разложения пенообразователей [99], самораспространяющегося высокотемпературного синтеза [58], горячего изостатического прессования [59], обычного спекания

[100], селективной лазерной плавки, плазменной технологии и многих других.

Один из простых способов обработки для создания пористого NiTi состоит в смешении элементарных порошков никеля и титана с вспенивающим агентом, например, TiH₂ [101]. При высокой температуре металлические порошки в прессованной заготовке реагируют экзотермически, в то время как гидрид разлагается и выделяет водород. Полученный материал имеет в основном открытую пористость 30-40% [101,102]. Многочисленные фазы сосуществуют с NiTi, то есть интерметаллиды Ni₃Ti, Ti₂Ni и элементарные Ti и Ni (сильный аллерген) [55,96]. Недавно было продемонстрировано, что медленный нагрев до 1150° C со скоростью 1°С/мин может привести к полной гомогенизации этих нежелательных фаз [57].

Для приготовления пенополиуретанов TiNi ЭПФ в настоящее время используются самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), горячее изостатическое прессование (ИСП) и обычное спекание (ОС) [58,59,100]. Однако трудно контролировать размеры пор и пористость пен из сплава TiNi с использованием методов СВС, ИСП и ОС. По данным литературы известно, что размеры пор и пористости пенопластов из сплава TiNi для инженерии костной ткани имеют большое значение для правильного вставания клеток [103,104]. Процесс спекания в держателе в пространстве используется для приготовления образцов пены из сплава TiNi с контролируемыми размерами пор и пористостью. Пористая структура образцов пены TiNi была охарактеризована, а их механические свойства и свойства памяти формы были оценены для биомедицинских применений.

Для получения пористого NiTi [105] можно рассмотреть два основных способа производства: переработка предварительно легированных порошков NiTi [106,107] или реактивный синтез элементарных порошков Ni и Ti. Среди последней группы самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) обеспечивает простой, быстрый и энергосберегающий способ получения готовых продуктов. Правильный контроль параметров процесса СВС (таких как температура предварительного нагрева, степень уплотнения, размер порошка) может привести к образованию образцов NiTi различной пористости. Низкие температуры реакции сохраняют структуру пор за счет более высокого содержания вторичной фазы [82, 108].

Размеры пор варьируются от 200 до 500 мкм, что близко соответствует размеру частиц держателя пространства. Размеры пор контролируются размерами частиц держателя пространства. De Groot, K. (1980) показал, что оптимальные размеры пор для вставания кости составляют 200-500 мкм [108]. Itin et al. (1994) сообщили, что оптимальные размеры пор, необходимые для вставания новой кости, составляют 100-500 мкм [109]. Согласно этим упомянутым исследованиям, пористая структура с размерами пор в диапазоне от 200 до 500 мкм обеспечит пену TiNi новой способностью к вставанию костной ткани.

Пористые металлические каркасы используются в тканевой инженерии для замены поврежденных твердых тканей, чтобы восстановить его работоспособность. Эти структурные

каркасы обладают навязанной структурой пор и взаимосвязанностью и предназначены для сохранения своей формы и прочности в процессе ремонта травмированной кости. Для долговременного замещения костных дефектов предлагаются пористые металлические каркасы преимущественно межфазной пористости, а также прочного структурного каркаса. На сегодняшний день существует множество *in vivo* и *in vitro* культивирование тканей для восстановления костей с использованием металлических каркасов с макропористой структурой. Пористые металлические структуры были протестированы как костно-инженерная конструкции с использованием клеточного и стратегии, основанной на факторах роста. Также было продемонстрировано, что покрытие металлических каркасов различными белками, такие, как коллаген, RGD-пептид, вибронектин и фибронектин, приводят к ускоренной остеоинтеграции и усилению костеобразования *in vivo*. Направления исследований в этой области будут вероятно сосредоточиваться на эффективных комбинациях остеоиндуктивных материалов, остеоиндуктивного фактора роста и подхода к регенерации тканей на основе клеток с использованием композитных конструкций-носителей для реконструкции и восстановления твердых тканей [82].

Сплавы на основе TiNi довольно привлекательные функциональные материалы не только как практичные СПФ, обладающие высокой прочностью и пластичностью, но также и как те, которые демонстрируют уникальные физические свойства, которые обогащаются различными мартенситными превращениями [110]. Механические свойства сплавов основаны на тонком балансе физических свойств, что указывает на то, что сплавы на основе TiNi являются действительно интересными материалами, как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения [111]. Высокая стойкость к истиранию и высокая коррозионная стойкость являются еще одним преимуществом сплавов, обладают довольно высокой демпфирующей способностью, по-прежнему остаются островом сокровищ для ученых-материаловедов [111]. В последние годы большое внимание уделяется разработке новых типов пластических материалов, обладающих биоинертностью и высокой совместимостью с тканями организма. Такими качествами обладает новый класс имплантатов, изготовленных из пористого и гладкого сплавов никелида титана ЭПФ [112,113].

Одним из последних применений является использование в качестве материала для замещения кости: особенно рассматривался пористый NiTi, так как правильная пористость материала уменьшает кажущуюся жесткость материала, придавая механические свойства, близкие к свойствам кортикальной кости, и это может улучшить остеоинтеграцию на поверхности [73,104,114]. По проведенным гистоморфологическим исследованиям, реакция костной ткани на имплантацию пористого никелида титана заключается в том, что в порах имплантата со временем образуется зрелая костная структура. Зарождение и рост костной ткани в пористой структуре никелида титана происходит одновременно во многих порах в виде отдельных ядер, которые затем разрастаются и сливаются. Постепенно

костная ткань заполняет поры и соединяющие их каналы. Наличие проницаемой пористости у имплантатов из никелида титана дает возможность оптимизирования процессов остеоинтеграции после имплантации пористых проницаемых конструкций в костное ложе. Никелид титана в данном случае является остеокондуктором, матриксом для костной ткани и интеграции остеогенных клеток (остеоиндукция) [115]. Свойства балочной структуры пористого никелида титана – высокий процент пористости и оптимальный размер пор иницируют высокий процент заполнения пор имплантата костной тканью, достигающий 60-80% минерализованного костного матрикса через год после имплантации [115].

Экспериментальные исследования образцов, проведенные после имплантации никелида титана в микропористом виде в ткани организма, показали, что он способен длительно функционировать в организме, не отторгаясь, обеспечивать стабильную регенерацию клеток и создавать надежную фиксацию с тканями организма за счет образования и роста тканей в порах имплантата. Интеграция костной ткани организма в микропористые импланты из никелида титана с заданными физико-механическими характеристиками в различные возрастные сроки жизни животного позволяет применять данный материал для замещения недостающей костной ткани. Условия эксперимента и возрастные сроки животных для проведения морфологических исследований отвечают требованиям для обоснования применения усовершенствованных композиционных материалов в детском возрасте, характеризующемся интенсивным ростом и созреванием костей скелета.

Результаты экспериментальных и сравнительных морфологических исследований реакции тканей на биосовместимые гладкие и композитные импланты из никелида титана в условиях растущего организма экспериментального животного позволяют дифференцированно рекомендовать их для использования в клинической практике. Пористые проницаемые биокомпозиты наиболее целесообразно применять для сохранения прочности и формы костной структуры, а значит опорной нагрузки (несовершенный остеогенез, диспластический коксартроз). Гранулированные композиционные материалы – для заполнения костных дефектов со сложной анатомической структурой (костные кисты) [113]. Таким образом NiTi обладает хорошей биосовместимостью [116-121].

Никель-титановые сплавы с памятью формы проявляют ЭПФ и сверхэластичность, а также отличную эрозию [116], коррозию [117] и износостойкость [118,119], хорошей биосовместимостью в костной ткани, показали значительно более высокую минеральную плотность костной ткани (МПК) вокруг имплантата, чем StSt (нержавеющая сталь) [120]. Благодаря хорошей биосовместимости [121-123] и механическим свойствам сплавы NiTi являются замечательными материалами для стоматологических и биомедицинских применений, таких как стенты и другие ортодонтические дуги [124,125].

С точки зрения материалов, механическое поведение, биосовместимость и биологическая активность являются тремя важными свойствами

материалов, используемых в качестве искусственного внеклеточного матрикса для инженерии костной ткани [126]. С другой стороны, эти материалы должны также иметь пористую структуру, чтобы обеспечить врастание новой костной ткани и васкуляризацию, чтобы можно было получить хорошую интеграцию материалов с тканью кости хозяина [127-131]. Сплав TiNi наряду с его свойствами памяти формы привлек большое внимание как биоматериал для медицинских применений [132]. В частности, пена из сплава TiNi предлагает новый класс биоматериалов, который имеет низкую плотность и обеспечивает уникальную комбинацию свойств, таких как способность к врастанию новой костной ткани и регулируемый модуль упругости [133]. Эти преимущества делают пену TiNi перспективным материалом для инженерии костной ткани.

Материалы из никелида титана в эксперименте проявили достаточную химическую стабильность, вытяжки из них не оказывают неблагоприятного воздействия на биологические объекты. Канцерогенные исследования сплава на основе TiNi (сплава TN-10) были проведены в соответствии с методическими разработками Министерства здравоохранения СССР и при его непосредственном участии. Было установлено, что изготовленные в Научно-исследовательском институте медицинских материалов и имплантантов с памятью формы сплавы на основе TiNi (в частности, TN-10) не проявляли канцерогенного действия. Проницаемая пористость у имплантантов из никелида титана дает возможность регулирования процессов остеointegrации после имплантации пористых проницаемых конструкций в костное ложе и использованием технологий насыщения имплантантов биологическими тканями, ускоряющими остеогенез. Сплавы из никелида титана, наряду с такими общими достоинствами как износостойкость, прочность, антикоррозийная стойкость и высокая биологическая инертность, обладают термомеханической памятью или ЭПФ в отличие от других сплавов, применяемых в хирургии. Министерством здравоохранения СССР приказом №1027 от 05.08.1986 г. было разрешено использование конструкций из никелида титана в клинической практике [111,134,135].

Инженерия костной ткани обладает огромным потенциалом для регенерации кости. Комбинируя остеогенную активность с соответствующим искусственным внеклеточным матриксом, можно стимулировать образование кости [95]. С точки зрения материалов, механическое поведение, биосовместимость и биологическая активность являются тремя важными свойствами материалов, используемых в качестве искусственного внеклеточного матрикса для инженерии костной ткани [96]. С другой стороны, эти материалы должны также обеспечивать пористую структуру, чтобы обеспечить врастание новой костной ткани и васкуляризацию, чтобы можно было получить хорошую интеграцию материалов с тканью кости хозяина [97,126-129]. Сплав TiNi обладает хорошими механическими свойствами [60]. Наряду с его свойствами памяти формы, сплав привлек большое внимание как биоматериал для медицинских применений [130] имеет низкую плотность и обеспечивает уникальную комбинацию свойств,

таких как способность к врастанию новой костной ткани и регулируемый модуль упругости [132]. Эти преимущества делают пену TiNi перспективным материалом для инженерии костной ткани.

Технология получения пористого никелида титана позволяет получить сплав с открытой сквозной пористостью и диаметром пор от 100 до 400 мкм. Коэффициент пористости составляет до 80%. Пористый никелид титана очень близок к строению губчатой кости позвонков. Кроме того, материал механически прочен, а объем пор позволяет врастать в них остеону. Пористый никелид титана обладает капиллярными свойствами, что позволяет ему впитывать и удерживать раствор антибиотика и предупреждать тем самым развитие инфекционного воспаления в ране [99].

Разработка и испытание нового механизма фиксации спинального имплантата на основе специальных свойств никель-титанового сплава является обоснованным [135].

Я.Л. Цивьян стал использовать устройства из никелида титана при оперативном лечении с деформациями и компрессионным переломом позвоночника [136].

Радиологические данные по пористому никелиду титана значительно выигрывают по сравнению с традиционным имплантом из титана, используемым в вертебрологии в странах Америки и Европы для фиксации тел поясничного отдела позвоночника. Кроме того, аутологическая костная трансплантация (где ткань для пересадки берется у самого реципиента) придает большое преимущество имплантам из пористого никелида титана по сравнению с ауто- и гомоимплантам [114].

Пористый никелид титана обладает капиллярными свойствами, что позволяет ему впитывать и удерживать раствор антибиотика и предупреждать тем самым развитие инфекционного воспаления в ране [159]. Поэтому для изготовления высоконадежных и длительно функционирующих ответственных устройств используются только сплавы никелида титана [51]. Если насытить пористый никелид титана антибиотиком, то он, обладая капиллярным эффектом, способен удерживать и постепенно отдавать раствор антибиотиков в течение 8 ± 1 суток ($p < 0,05$). При этом, несмотря на то, что концентрация антибиотиков в пористом металлическом имплантате значительно превышает максимально допустимую дозу, благодаря его постепенному поступлению в операционную рану исключается возможность создания токсической концентрации [138].

В специальной литературе имеются сообщения об успешном использовании нитиноловых имплантантов в хирургии позвоночника. Так, А.С. Симановичем с соавт. в период с 1998 по 2004 гг. было прооперировано 459 пациентов с дегенеративными поражениями поясничного отдела позвоночника (грыжа межпозвонкового диска, дегенеративная дископатия, дегенеративный моно- и бисегментарный стеноз позвоночного канала, дегенеративный спондилолистез, рецидив болевого синдрома после микродискэктомии и др.) с применением межтеловых имплантантов из пористого никелида титана [29,139]. Авторами отмечено, что пористый никелид титана легко обрабатывается с помощью стандартных

ортопедических инструментов, позволяя при необходимости осуществлять дополнительное интраоперационное моделирование имплантата.

Экспериментальные исследования образцов, проведенные после имплантации никелида титана в микропористом виде в ткани организма, показали, что он способен длительно функционировать в организме не отторгаясь, обеспечивает стабильную регенерацию клеток и создает надежную фиксацию с тканями организма за счет образования (врастания) и роста тканей в порах имплантата. Интеграция костной ткани организма в микропористые импланты из никелида титана с заданными физико-механическими характеристиками позволяет применять данный материал для замещения костной ткани, сломанных тел позвонков, для замещения дефектов длинных трубчатых костей [114].

Микропористый никелид титана из сплава ТН-10 (TiNiMoFe) представляет современный биоматериал. Применение, которого дает возможность для замещения костных дефектов, использования в качестве матрицы направленной тканевой регенерации и разработки функционирующих тканевых систем. Прорастание костной ткани в имплантах происходит без биологического отторжения, плотность заполнения пор имплантата костной тканью, достигает 60-80% минерализованного костного матрикса через год после имплантации. Применение никелида титана оптимизирует остеогистогенез [114].

Широко используется микропористый никелид титана в стоматологии. Все остеопластические материалы по своему происхождению классифицируются на аутогенные, аллогенные, ксеногенные, природные, минералосодержащие и синтетические. М. Эппле (2007) и М.З. Федорова с соавт. (2010) [140,141] по регенеративным свойствам делят их на остеиндуктивные – способные вызвать остеогенез и цементогенез, остеокондуктивные – выполняющие роль матрикса для развития новой кости, остеонейтральные – замещающие костные дефекты и не обладающие способностью регенеративного воздействия на ткани реципиентной зоны.

Многочисленные исследования показывают, что в зависимости от состава и структуры применяемого остеопластического материала (ОМ) процессы остеогенной регенерации в оперируемой зоне протекают по-разному [142-150]. ОМ биологического и синтетического происхождения проявляют преимущественно остеокондуктивные свойства, остеиндукция у них выражена слабо.

В качестве пластического материала преимущественно используются ауто- и гомотрансплантаты [125,151]. Высокая интенсивность резорбции трансплантируемых биологических тканей довольно часто является причиной малой эффективности реконструктивных операций, так как они рассасываются до момента восстановления корригированного или утраченного сегмента [92]. Не менее важны и свойства имплантированных материалов, такие как биологическая инертность, коррозионная стойкость, прочность, эластичность и т.д. [93,119,120].

Одним из главных недостатков использования биологических материалов для увеличения объема утраченных костных структур является их

подверженность, в лучшем случае, неконтролируемой резорбции, а в худшем – элиминации вследствие гипоксии. При их применении на первый план выступают проблемы, связанные с антигенной активностью и токсичностью материала, риском инфицирования организма ВИЧ-инфекцией и вирусом гепатита, а забор материалов связан с нанесением дополнительной травмы организму. По этим причинам отмечается тенденция вытеснения биологических материалов из перечня средств, используемых для получения дополнительного объема кости, материалами синтетического происхождения.

Основным преимуществом синтетических материалов является отсутствие в них свойств антигенности. В клинической практике широко используют остеопластические материалы синтетического ряда, начиная от коллапола, коллапана гидроксиапатита, остеопласта до современных Bioss, Bio-gald, Medpor, эластомед и др., обладающих в основном остеокондуктивными качествами. Использование этих материалов для устранения костных полостей и стимуляции регенеративных процессов показали свою целесообразность и эффективность. Остеопластические материалы синтетического ряда, в основном, выполняют остеокондуктивные функции при слабо выраженном остеиндуктивном действии. Однако снижение регенераторной активности удлиняют сроки формирования костного регенерата. В этой связи костная регенерация носит пристеночный характер и сроки завершения этого процесса зависят от способностей к резорбции самого пересаженного материала [152]. При этом происходит медленная резорбция синтетического остеопластического материала с его замещением костным регенератом. Процесс этот носит длительный характер.

Высокую биосовместимость материалу, по мнению многих авторов [29,153-156], придает особенность структуры гранул, размер частиц которых составляет от 1 до 2000 мкм. Частицы мелкогранулированного никелида титана содержат систему мелких взаимосвязанных пор, за счет чего увеличивается площадь соприкосновения с реципиентной зоной, что и обуславливает его высокую биосовместимость с тканями организма. Эти и другие качества материала способствуют усилению репаративного остеогенеза в зоне дефекта костных структур.

Благодаря этому конструкции, изготовленные из никелида титана, могут гармонично, в течение длительного периода времени функционировать в организме, активно участвуя при этом в процессах регенерации реципиентной зоны [157]. Получен патент на изобретение №Т]427 от 16.01.2006 г. на «Способ увеличения недостаточного объема костных структур в зонах дентальной имплантации с применением пористопроницаемого мелкодисперсного никелида титана и тканевой мембраны» [157]. Мелкодисперсный пористо-проницаемый никелид титана с биологической точки зрения является материалом, совместимым с живыми клетками, и его применение для восстановления дефектов костных структур возможно и целесообразно.

Благодаря биологической совместимости мелкогранулированного никелида титана – по

биохимическим, биофизическим, биомеханическим качествам и особым характеристикам, которые выражены в эффекте смачиваемости. Образованию собственного костного регенерата при этом способствуют высокие интеграционные свойства гранул никелида титана, содержание сети мелких капилляров и фактор роста. С целью улучшения остеогенной регенерации и восстановления утраченных костных структур все шире используются биологические, синтетические и имплантационные материалы, обладающие остеоиндуктивными, остеокондуктивными и остеointegrационными направлениями действия [138].

Направлением по выращиванию костных структур с использованием клеточных технологий является использование тромбоплазменной массы с различными вариантами ее получения и периостальной ткани. Исследованиями многих авторов [158-171] доказываются наличие в этих субстратах остеогенных клеток-предшественников, которые обладают так называемым «фактором роста». Эти и другие качества материала позволяют широкое его использование для оптимизации процессов остеогенной регенерации в околодефектных зонах. Одним из путей повышения эффективности наращивания костных структур имплантационным материалом, в том числе мелкогранулированным никелид титаном, является его комбинация с биологическими средами, особенно с богатой тромбоцитами аутоплазмой, которые содержат в своем составе так называемый «фактор роста».

Для усиления процессов тканевой регенерации, в том числе остеогенной, является использование богатой, обогащенной тромбоцитами плазмы (БОТП), которая содержит в своем составе фактор роста. Фактор роста – это пептиды, близкие по своему строению к гормонам, которые имеют преимущественно локальное действие и в свободной форме в крови не встречаются. Фактор роста регулирует популяцию и функциональное состояние клеток, которые в дальнейшем могут трансформироваться в костные клетки, в клетки соединительной и эпителиальной ткани, связочных элементов.

Ряд авторов [165,172-174] утверждают, что наилучшим материалом для восстановления объема костных структур методом тканевой инженерии является мелкогранулированный никелид титана. В случае, если «насытить» материал богатой тромбоцитами аутоплазмой, то значительно повышаются его интеграционные свойства. С этой позиции многочисленными авторами [138,143,164,173-177] разработаны различные методы получения указанной массы.

Применение мелкогранулированного и, особенно, мелкодисперсного пористо-проницаемого никелида титана в комбинации с богатой тромбоцитами массой и барьерной пористой мембраной является перспективным методом, позволяющим эффективно направлять процесс остеогенной регенерации и адекватно создавать объем костных структур. Поровое пространство имеет важное функциональное значение, так как в процессе использования эти пространства заполняются биологическими жидкостями и тканями организма. При этом сверхэластичная матрица материала, также вступая во взаимодействие с биологическими средами,

служит скелетной основой.

Другой физической характеристикой пористого никелида титана является проницаемость, которая отражает свойство материала пропитываться биологическими жидкостями (например, кровью), указанное свойство определяется как эффект смачиваемости, который обеспечивается системой взаимосвязанных пор. Биосовместимость любого пластического материала зависит от соотношения площади его соприкосновения с биологической средой к его массе. Большая площадь соприкосновения мелкодисперсного никелида титана со средой, которая напрямую связана с объемом открытых пор, при сравнительно малой массе позволяют относить его к группе высокоинтегрируемых остеопластических материалов, которые, находясь длительное время в организме, выполняют различные функции.

Одновременное применение мелкодисперсного пористо-проницаемого никелида титана и пористой мембраны для наращивания недостающего объема костных структур уместно вписывается в контекст имплантируемых материалов - выполнение единого процесса тканевой регенерации с соблюдением однородности используемых материалов [157].

Для получения БОТП непосредственно перед хирургическим вмешательством из кубитальной вены пациента производился забор крови объемом 5,0-10,0 мл. Кровь подвергается центрифугированию в центрифуге ЕВА 20 (Германия) в режиме 2,600 оборотов/мин в течение 12 мин. При этом кровь в пробирке разделяется на три фракции: нижнюю – осевшие эритроциты, верхнюю – плазму с низким содержанием тромбоцитов и между этими двумя – среднюю фракцию – плазму с высоким содержанием тромбоцитов. Далее масса извлекается пинцетом, отделяется от верхней и нижней фракций и помещается в стерильную чашку. В отличие от других методик кровь не подвергается обработке антикоагулянтами и вибрацией, что необходимо для сохранения фибрина в мембранной форме.

Применение мелкодисперсного никелида титана и пористой барьерной мембраны в комбинации с БОТП дает хорошие результаты при увеличении недостающего объема костных структур, а разработанное устройство способствует эффективной и малоинвазивной установке остеопластического материала. Разработанный метод позволяет эффективно устранять утраченный объем костных структур и создавать оптимальные условия для проведения имплантации [157].

Применение мелкодисперсного никелида титана с целью увеличения недостающего объема костных структур в зонах имплантации позволяет наращивать как ширину, так и высоту на 4,4-5,0 мм. При этом полученный дополнительный объем костных структур по разработанной методике сохраняется на весь период клинического наблюдения (более 1 года), что свидетельствует о прорастании введенного мелкодисперсного никелида титана в ткани реципиентной зоны и формировании собственного костного регенерата [157].

В реконструктивной хирургии в основном используются пористые варианты материала в виде пластин, сеток, ткани, мелких крошек и др. [29]. В основу нашего исследования будут положены результаты работ по применению

мелкогранулированного никелида титана в комбинации с тромбоплазменной массой и антибиотиками для заполнения костных полостей для осуществления направленной тканевой регенерации при лечении больных с травматическими повреждениями позвоночника. Это явится новым направлением клинической практики с использованием уникальных свойств этого материала являются технологией, направленной на замещение и восстановление утраченных структур костной ткани, и позволит эффективно восстанавливать утраченные костные структуры в короткие сроки.

Выводы

Таким образом, уникальное сочетание низкой жесткости, высокой прочности, высоких восстанавливаемых деформаций и большого поглощения энергии пористым суперэластичным NiTi в сочетании с известной биосовместимостью NiTi делает этот материал привлекательным для применения на костных имплантатах. Если «насытить» пористый никелид титана богатой тромбоцитами аутоплазмой, то значительно повышаются его интеграционные свойства. Биокompозитный материал из пористого никелида титана обогащенный тромбоцитарной массой может использоваться для направленной тканевой регенерации,

в этом аспекте особое место отводится материалам, предназначенным для направленной тканевой регенерации, обеспечивающим репопуляцию клеток [178-181]. При этом, по мнению Э.А. Базикиана с соавт. (2008), С.В. Новикова (2009), А.А. Радкевича (2012), В.И. Приходько с соавт. (2013), Дерре Н. (2012), наилучшая способность стимулирования процесса остеогенеза свойственна аутооттрансплантатам, биосовместимость которых способствует ранней их адаптации к тканям реципиентной зоны [182-186].

обеспечивающей репопуляцию клеток и, в частности, костной регенерации и костной пластике.

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии источников финансирования данной рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. М.Х. – концептуализация, редактирование; Б.О.С. – концептуализация, редактирование; М.Д.Ж. – редактирование; К.Б.М. – написание черновой версии; Д.Н.Н. – сбор данных, написание черновой версии; Ж.Т.М. – сбор данных.

Литература

- Hodgson D.E., Wu M.H., Biermann R.J. *Shape Memory Alloys. Metals Handbook. ASM International. Ohio. 1990; 2: 897-902.*
- Otsuka K., Wayman C.M. *Shape memory materials. Cam-bridge University Press. 1999; 284.*
- Barbarino S., Saavedra Flores E.I., Ajaj R.M., Dayyani I. et al. *A review on shape memory alloys with applications to morphing aircraft. Smart Mater Struct. 2014; 23: 063001. <http://dx.doi.org/10.1088/0964-1726/23/6/063001>.*
- Greninger A.B., Mooradian V.G. *Strain transformation in metastable beta copper-zinc and beta copper-tin alloys. Trans. AIME. 1938; 128: 68-337.*
- Chang L.C., Read T.A. *Plastic Deformation and Diffusionless Phase Changes in Metals – the Gold-Cadmium Beta Phase. JOM. 1951; 3: 47-52. <https://doi.org/10.1007/BF03398954>.*
- Buehler W.J., Gilfrich J.V., Wiley R.C. *Effect of low-temperature phase changes on the mechanical properties of alloys near composition TiNi. Journal of Applied Physics. 1963; 34(5): 1475-1477. <https://doi.org/10.1063/1.1729603>.*
- Otsuka K., Ren X. *Recent developments in the research of shape memory alloys. Intermetallics, 1999; 7(5): 511-528.*
- Mantovani D. *Shape memory alloys: Properties and biomedical applications. Journal of the Minerals, Metals and Materials Society. 2000; 52: 36-44. <https://doi.org/10.1007/s11837-000-0082-4>.*
- Andreasen G.F., Brady P.R. *Aused hypothesis for 55 nitinol wire for orthodontics. Angle Orthod. 1972; 42(2): 172-177. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1972\)042%3C0172:AUHFNW%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1972)042%3C0172:AUHFNW%3E2.0.CO;2).*
- Лохов В.А., Кучумов А.Г. *Создание заданных усилий в фиксаторах, изготовленных из сплавов с памятью формы // Российский журнал биомеханики. – 2006. – Т. 10. – №3. – С. 41-52.*
- Lokhov V.A., Kuchumov A.G. *Sozdanie zadannykh usilii v fiksatorakh, izgotovlennykh iz splavov s pamiat'iu formy (Generation of specified forces in clamps made of shape memory alloys) [in Russian]. Rossiiskii zhurnal biomekhaniki. 2006; 10(3): 41-52.*
- Machado L.G., Savi M.A. *Medical applications of shape memory alloys. Braz J Med Biol Res. 2003; 36(6): 683-691. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2003000600001>.*
- Курдюмов Г.В. *О природе бездиффузных мартенситных превращений // ДАН СССР. – 1948. – Т. 60. – №9. – С. 1543-1546.*
- Kurdiumov G.V. *O prirode bezdiffuznykh martensitnykh prevrashchenii (On the nature of diffuse martensitic transformations) [in Russian]. DAN SSSR. 1948; 60(9): 1543-1546.*
- Курдюмов Г.В., Хандрос Л.Г. *О термоупругом равновесии при мартенситных превращениях // ДАН СССР. – 1948. – Т. 60. – №2. – С. 211-220.*
- Kurdiumov G.V., Khandros L.G. *O termouprugom ravnovesii pri martensitnykh prevrashcheniiaxh (On thermoelastic equilibrium during martensitic transformations) [in Russian]. DAN SSSR. 1948; 60(2): 211-220.*
- Гюнтер В.Э. *Сплавы и конструкции с памятью формы в медицине / Автореферат дисс. д. техн. наук. – Томск. – 1989. – С. 356.*
- Giunter V.E. *Splavy i konstruktsii s pamiat'iu formy v meditsine (Shape memory alloys and constructions in medicine) [in Russian]. Avtoreferat diss. d. tekhn. nauk. Tomsk. 1989; 356 p.*
- Итин В.И., Терехова О.Г., Ульянова Т.Е., Костинова В.А. и др. *Влияние механоативации на закономерности спекания никелида титана и композита «биокерамика-никелид титана» // Письма в ЖТФ. – 2000. – Т. 26. – №10. – С. 73-79.*

Itin V.I., Terekhova O.G., Ul'ianova T.E., Kostikova V.A. i dr. Vliianie mekhanoativatsii na zakonomernosti spekaniiia nikelida titana i kompozita «biokeramika-nikelid titana» (Influence of mechanical activation on the laws of sintering titanium nickelide and the composite "bioceramic-titanium nickelide") [in Russian]. *Pis'ma v ZhTF*. 2000; 26(10): 73-79.

16. Гаин Ю.М., Герасименко М.А., Денисенко В.Л., Шахрай С.В. и др. Применение в хирургии материала с памятью формы из никелида титана. Сообщение 2 // Медицинский журнал. – 2016. – Т. 1. – №55. – С. 43-49.

Gain Yu.M., Gerasimenko M.A., Denisenko V.L., Shakhrai S.V. i dr. Primenenie v khirurgii materiala s pamiat'iu formy iz nikelida titana. Soobshchenie 2 (The use of titanium nickelide shape memory material in surgery. Message 2) [in Russian]. *Meditsinskii zhurnal*. 2016; 1(55): 43-49.

17. Ryhänen J., Kallioinen M., Tuukkanen J., Lehenkari P. et al. Bone modeling and cell-material interface responses induced by nickel-titanium shape memory alloy after periosteal implantation. *Biomaterials*. 1999; 20(14): 1309-17. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(99\)00032-0](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(99)00032-0).

18. Thompson S.P., Loughlan J. Enhancing the post-buckling response of a composite panel structure utilising shape memory alloy actuators—a smart structural concept. *Composite Structures*, 2001; 51(1): 21-36. [https://doi.org/10.1016/S0263-8223\(00\)00097-0](https://doi.org/10.1016/S0263-8223(00)00097-0).

19. Otsuka K., Ren X. Recent developments on the research of shape memory alloys. *Intermetallics*. 1999; 7(5): 511-528. [https://doi.org/10.1016/S0966-9795\(98\)00070-3](https://doi.org/10.1016/S0966-9795(98)00070-3).

20. Гюнтер В.Э., Миргазизов М.З., Поленичкин В.К. Сплавы с памятью формы в медицине. – Томск: Изд-во Том. ун-та. – 1986. – С. 208.

Giunter V.E., Mirgazizov M.Z., Polenichkin V.K. Splavy s pamiat'iu formy v meditsine (Shape memory alloys in medicine) [in Russian]. – Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta. 1986; 208.

21. Гюнтер В.Э., Саввинов А.С. Сплавы с памятью формы. Свойства и применение // Молодые ученые и специалисты в развитии производительных сил Томской области (Промышленность, техника). Матер. науч. практ. конф. – Томск. – 1989. – С. 18-19.

Giunter V.E., Savvinov A.S. Splavy s pamiat'iu formy. Svoistva i primeneniye (Shape memory alloys. Properties and application) [in Russian]. *Molodye uchenye i spetsialisty v razvitii proizvoditel'nykh sil Tomskoi oblasti (Promyshlennost', tekhnika)*. Mater. nauch. prakt. konf. Tomsk. 1989; 18-19.

22. Гюнтер В.Э. Исследование эффектов памяти формы в сплавах на основе TiNi / Автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. – Томск. – 1981. – С. 18.

Giunter V.E. Issledovanie effektivov pamiati formy v splavakh na osnove TiNi (Study of shape memory effects in TiNi-based alloys) [in Russian]. *Avtoref. dis. kand. fiz.-mat. nauk. Tomsk*. 1981; 18 p.

23. Gyunther V., Dambaev G.T., Sysolyatin P.G., Ziganshin R.V. et al. Delay law and new class of materials and implants in medicine. *STT*. 2002; 234.

24. Pelton A.R., Stockel D., Duerig T.W. Medical uses of nitinol. *Material science forum vols. Materials Science Forum*. 2000; 327-328: 63-70. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSE.327-328.63>.

25. Ооцука К., Симидзу К., Судзуки Ю. Сплавы с эффектом памяти формы. – М.: Металлургия. – 1990. – С. 224. Ootsuka K., Simidzu K., Sudzuki Yu. Splavy s effektivom pamiati formy (Shape memory alloys). – M.: Metallurgiya. 1990; 224.

26. Brailovski V., Trochy F. Review of shape memory alloys medical applications in Russia. *Bio-medical of materials and engineering*. 1996; 6(4): 291-298.

27. Коллеров М.Ю., Ильин А.А. Особенности производства и применения биологически и механически совместимых имплантантов из никелида титана // Журнал Титан. – Москва. – 2018. – Т. 1. – №59. – С. 47-54.

Kollerov M.Yu., Il'in A.A. Osobennosti proizvodstva i primeneniia biologicheskii i mekhanicheskii sovместimykh implantantov iz nikelida titana (Features of the production and use of biologically and mechanically compatible implants from titanium nickelide) [in Russian]. *Zhurnal Titan*. Moskva. 2018; 1(59): 47-54.

28. Лохов В.А. Няшин Ю.И., Кучумов А.Г. Сплавы с памятью формы: применение в медицине. Обзор моделей, описывающих их поведение // Российский журнал биомеханики. – 2007. – Т. 11. – № 3. – С. 9-27.

Lokhov V.A. Niashin Yu.I., Kuchumov A.G. Splavy s pamiat'iu formy: primeneniye v meditsine. Obzor modelei, opisuyaiushchikh ikh povedeniye (Shape memory alloys: medical applications. An overview of the models describing their behavior) [in Russian]. *Rossiiskii zhurnal biomekhaniki*. 2007; 11(3): 9-27.

29. Гюнтер В.Э., Ходоренко В.Н., Ясенчук Ю.Ф., Чекалкин Т.Л. и др. Никелид титана. Медицинский материал нового поколения / Монография. – Томск: МИЦ. – 2006. – С. 296. ISBN: 5-98589-020-1.

Giunter V.E., Khodorenko V.N., Iasenchuk Yu.F., Chekalkin T.L. i dr. Nikelid titana. Meditsinskii material novogo pokoleniia (Titanium nickelide. New generation medical material) [in Russian]. *Monografiia*. Tomsk: MITs. 2006; 296. ISBN: 5-98589-020-1.

30. Гюнтер В.Э., Ходоренко В.Н., Чекалкин Т.Л., Олесова В.Н. и др. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы. – Томск: Изд-во МИЦ. – 2011. – Т. 1. – С. 534.

Giunter V.E., Khodorenko V.N., Chekalkin T.L., Olesova V.N. i dr. Meditsinskie materialy i implantaty s pamiat'iu formy (Medical materials and implants with shape memory) [in Russian]. *Tomsk: Izd-vo MITs*. 2011; 1: 534.

31. Гюнтер В.Э., Иткин В.И., Монасевич Л.А., Паскаль Ю.И. Эффекты памяти формы и их применение в медицине / Монография. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. – 1992. – С. 742.

Giunter V.E., Itkin V.I., Monasevich L.A., Paskal' Yu.I. Effekty pamiati formy i ikh primeneniye v meditsine (Shape memory effects and their application in medicine) [in Russian]. *Monografiia*. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie. 1992; 742.

32. Fraker A.C., Ruff A.W. Metallic surgical implants: state of the art. *JOM*. 1977; 29: 22-28. <https://doi.org/10.1007/BF03354319>.

33. Negri A., Manfredi J., Terrini A., Rodella G. et al. Prospective evaluation of a new sternal closure method with the more active clips. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2002; 22(4): 571-575. [https://doi.org/10.1016/S1010-7940\(02\)00411-6](https://doi.org/10.1016/S1010-7940(02)00411-6).

34. Ng Y. Shimi S.M., Kernohan N., Frank T.G. et al. Skin wound closure with a novel shape-memory alloy fixator. *Surgical Endoscopy*. 2006; 20: 311–315. <http://dx.doi.org/10.1007%2Fs00464-004-0001-9>.
35. Baumgart F, Bensmann G, Haasters J, Nolker A. et al. Zur Dwyerschen Skoliosen-operation mittels Drahtenaus Memory – Legierungen. Eine experimentelle Studie *Archives of orthopaedic and traumatic surgery*. 1978; 91: 67-75. <https://doi.org/10.1007/BF00383644>.
36. Prymak O, Bogdanski D, Koller M, Esenwein S. et al. Morphological characterization and in vitro biocompatibility of a porous nickel–titanium alloy. *Biomaterials*. 2005; 26(29): 5801–5807. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2005.02.029>.
37. Chen M, Yang X, Hu R, Cui Z. et al. Bioactive NiTi shape memory alloy. *Materials Science and Engineering*. 2004; 24(4): 497-502. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2003.11.001>.
38. Idelsohn S, Pena J, Lacroix D, Planell J.A. et al. Continuous mandibular distraction osteogenesis using superelastic shape memory alloy (SMA). *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2004; 115(4): 541–546. <https://doi.org/10.1023/b:jmsm.0000021135.72288.8f>.
39. Cutright D.E., Bhaskar S.N., Perez B., Johnson R.M. et al. Tissue reaction to nitinol wire alloy *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1973; 35(4): 578–584. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(73\)90017-0](https://doi.org/10.1016/0030-4220(73)90017-0).
40. Duerig T.W., Pelton A.R., Stockel D. An overview of nitinol medical applications. *Materials Science and Engineering: A*. 1999; 273-275; 149-160. [https://doi.org/10.1016/S0921-5093\(99\)00294-4](https://doi.org/10.1016/S0921-5093(99)00294-4).
41. Курдюмов Г.В., Утевский Л.М., Энтин Р.И. Превращения в железе и стали / Монография. – М.: Наука. – 1977. – 238.
- Kurdumov G.V., Utevskii L.M., Entin R.I. *Prevrashcheniia v zheleze i stali (Transformations in iron and steel) [in Russian]*. Monografiia. M.: Nauka. 1977; 238.
42. Duerig T.V., Melton K.N., Stockel D., Wayman C.M. *Engineering aspects of shape memory alloys*. Butterworth-Heinemann. London. 1990; 498. ISBN: 9781483144757.
43. Варлимонт Х., Дилей Л. Мартенситные превращения в сплавах на основе меди, серебра, золота / Монография. – М.: Наука. – 1980. – С. 205.
- Varlimont X., Dilei L. *Martensitnye prevrashcheniia v splavakh na osnove medi, serebra, zolota (Martensitic transformations in alloys based on copper, silver, gold) [in Russian]*. Monografiia. – М.: Nauka. 1980; 205.
45. Хачин В.Н., Пушин В.Г., Кондратьев В.В. Никелид титана, структура и свойства. – М.: Наука. – 1992. – С. 161.
- Khachin V.N., Pushin V.G., Kondrat'ev V.V. *Nikelid titana, struktura i svoistva (Titanium nickelide, structure and properties) [in Russian]*. M.: Nauka. 1992; 161.
46. Беляев С.П., Волков А.Е., Ермолаев В.А., Каменцева З.П. и др. Материалы с эффектом памяти формы / Справ. изд. в 4-х томах под ред В. А. Лухачева. – СПб.: НИИХ СПбГУ – 1997. – С. 474.
- Beliaev S.P., Volkov A.E., Ermolaev V.A., Kamentseva Z.P. i dr. *Materialy s efektom pamiati formy (Shape memory materials) [in Russian]*. Sprav. izd. v 4-kh tomakh pod red V. A. Likhacheva. SPb.: NIIKh SPbGU. 1997; 474.
47. Пушин В.Г., Кондратьев В.В., Хачин В.Н. Предпереходные явления и мартенситные превращения / Монография. – Екатеринбург: УрО РАН. – 1998. – С. 368. ISBN: 5-7691-0748-0.
- Pushin V.G., Kondrat'ev V.V., Khachin V.N. *Predperekhodnye iavleniia i martensitnye prevrashcheniia (Pretransitional phenomena and martensitic transformations) [in Russian]*. Monografiia. Ekaterinburg: UrO RAN. 1998; 368. ISBN 5-7691-0748-0.
48. Пушин В.Г., Прокошкин С.Д., Валиев Р.З., Браиловский В. и др. Сплавы никелида титана с памятью формы. Ч. I. Структура, фазовые превращения и свойства / Монография. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН. – 2006. – С. 440.
- Pushin V.G., Prokoshkin S.D., Valiev R.Z., Brailovskii V. i dr. *Splavy nikelida titana s pamiat'iu formy. Ch. I. Struktura, fazovye prevrashcheniia i svoistva (Shape memory titanium nickelide alloys. Part I. Structure, phase transformations and properties) [in Russian]*. Monografiia. Ekaterinburg: Izd-vo UrO RAN. 2006; 440.
49. Лободиук В.А., Эстрин Э.И. Мартенситные превращения / Учебник. – Москва: Физматлит. – 2009. – С. 352.
- Lobodiuk V.A., Estrin E.I. *Martensitnye prevrashcheniia (Martensitic transformations) [in Russian]*. Uchebnik. Moskva: Fizmatlit. 2009; 352.
50. Pushin V.G. *Alloys with a thermomechanical memory: structure, properties, and application. The physics of metals and metallography*. 2000; 90(1): 568-595.
51. Лободиук В.А., Пушин В.Г., Коваль Ю.Н. Кристаллоструктурные особенности предпереходных явлений и термоупругих мартенситных превращений в сплавах цветных металлов // Физика металлов и металловедение. – 2011. – Т. 111. – №2. – С. 169-194.
- Lobodiuk V.A., Pushin V.G., Koval' Iu.N. *Kristallostrukturnye osobennosti predperekhodnykh iavlenii i termouprugikh martensitnykh prevrashchenii v splavakh tsvetnykh metallov (Crystal-structural features of pre-transitional phenomena and thermoelastic martensitic transformations in non-ferrous metal alloys) [in Russian]*. Fizika metallov i metallovedenie. 2011; 111(2): 169-194.
52. Пушин В.Г., Куранова Н.Н., Пушин А.В. Современное состояние проблемы высркрпрочных пластических материалов с эффектом памяти формы / В книге Актуальные проблемы прочности, том 1. Под ред. В.В. Рубаника, РБ, Витебск. – 2018. – Глава 13. – С. 235-257.
- Pushin V.G., Kuranova N.N., Pushin A.V. *Sovremennoe sostoianie problemy vysrkrprochnykh plasticheskikh materialov s effektom pamiati formy (The current state of the problem of high-strength plastic materials with shape memory effect) [in Russian]*. V knige Aktual'nye problemy prochnosti, tom 1. Pod red. V.V. Rubanika, RB, Vitebsk. 2018; Glava 13: 235-257.
53. Buehler W.J., Wang F.E. A summary of recent research on the Nitinol alloys and their potential application in ocean engineering. *Ocean Engineering*. 1968; 1(1): 105-108, IN7-IN10, 109-120. [https://doi.org/10.1016/0029-8018\(68\)90019-X](https://doi.org/10.1016/0029-8018(68)90019-X).
54. Shimizu K, Tadaki T. *Shape Memory Alloys*. Gordon and Breach Science. New York. 1987; 1-60. ISBN 2881241360 9782881241369.
55. Elahinia M.H., Hashemi M., Tabesh M., Bhaduri S.B. *Manufacturing and processing of NiTi implants: A review. Progress in Materials Science*. 2012; 57(5): 911-946. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2011.11.001>.
56. Li B.Y., Rong L.J., Li Y.Y. *Stress-strain behavior of porous Ni-Ti shape memory intermetallics synthesized from powder*

- sintering. *Intermetallics*. 2000; 8(5-6): 643-6. [https://doi.org/10.1016/S0966-9795\(99\)00140-5](https://doi.org/10.1016/S0966-9795(99)00140-5).
57. Li B.Y., Rong L.J., Li Y.Y., Gyunter V.E. A recent development in producing porous Ni-Ti shape memory alloys. *Intermetallics*. 2000; 8(8): 881-884 [https://doi.org/10.1016/S0966-9795\(00\)00024-8](https://doi.org/10.1016/S0966-9795(00)00024-8).
58. Li B.Y., Rong L.J., Li Y.Y. Microstructure and superelasticity of porous NiTi alloy. *Sci China Series E-Technol Sci*. 1999; 42(1): 94-9. <https://doi.org/10.1007/BF02917064>.
59. Yang D., Jiang H.C., Zhao M.J., Rong L.J. Microstructure and mechanical behaviors of electron beam welded NiTi shape memory alloys. *Materials & Design*, 2014; 57: 21-25. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.12.039>.
60. Kim J.S., Kang J.H., Kang S.B., Yoon K.S. et al. Porous TiNi biomaterial by self-propagating high-temperature synthesis. *Adv Eng Mater*. 2004; 6(6): 403-406. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.449-452.1097>.
61. Rohlmann R., Zilch H., Bergmann G., Kolbel R. Material properties of femoral cancellous bone in axial loading. *Arch Orthop Traumat Surg*. 1980; 97(2): 95-102. <https://doi.org/10.1007/bf00450930>.
62. Pacheco P.M.C.L., Savi M.A. Modeling and simulation of a shape memory release device for aerospace applications. *Revista de Engenharia e Ciências Aplicadas*, 2000: 1-16.
63. Giunter V.E., Mirgazizov M.Z., Polenichkin V.K. *Splavy s pamiat'iu formy v meditsine (Shape memory alloys in medicine) [in Russian]*. – Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta. 1986; 208.
64. Ильин А.А., Коллеров М.Ю., Хачин В.Н., Гусев Д.Е. Медицинский инструмент и имплантаты из никелида титана: металловедение, технология, применение // *Металлы*. – 2002. – №3. – С. 105-110.
- Il'in A.A., Kollerov M.Iu., Khachin V.N., Gusev D.E. *Meditsinskii instrument i implantaty iz nikelida titana: metallovedenie, tekhnologiya, primenenie (Medical instrument and titanium nickelide implants: metal science, technology, application) [in Russian]*. *Metally*. 2002; 3: 105-110.
65. Irianov I.M., Diuriagina O.V., Karaseva T.I., Karasev E.A. The osteoplastic effectiveness of the implants made of mesh titanium nickelide constructs. *Bosn J Basic Med Sci*. 2014; 14(1): 4-7. <https://doi.org/10.17305/bjbms.2014.2284>.
66. Iriyanov Yu.M., Chernov V.F., Radchenko S.A., Chernov A.V. Plastic efficiency of different implants used for repair of soft and bone tissue defects. *Bull Exp Biol Med*. 2013; 155(4): 518-523. <http://dx.doi.org/10.1007%2Fs10517-013-2191-4>.
67. Akimoto K., Becker W., Persson R., Baker D.A. et al. Evaluation of titanium implants placed into simulated extraction sockets: a study in dogs. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1999; 14(3): 351-360.
68. Bauer T.W., Muschler G.F. Bone graft materials. An overview of the basic science. *Clin Orthop Relat Res*. 2000; 371: 10-27.
69. Duguay N., Petite H., Arnaud E. Biomaterials and osseous regeneration. *Ann Chir Plast Esthet*. 2000; 45(3): 362-376.
70. Topolnitskiy E.B., Dambaev G.Ts., Hodorenko V.N., Fomina T.I. et al. Tissue reaction to a titanium-nickelide mesh implant after plasty of postresection defects of anatomic structures of the chest. *Bull Exp Biol Med*. 2012; 153(3): 385-388. <https://doi.org/10.1007/s10517-012-1722-8>.
71. Давыдов Е.А., Мушкин А.Ю., Зуев И.В., Ильин А.А. и др. Применение биологически и механически совместимых имплантатов из нитинола для хирургического лечения повреждений и заболеваний позвоночника и спинного мозга // *Гений ортопедии*. – 2010. – №1. – С. 5-11.
- Davydov E.A., Mushkin A.Iu., Zuev I.V., Il'in A.A. i dr. *Primenenie biologicheski i mekhanicheski sovместimykh implantatov iz nitinola dlia khirurgicheskogo lecheniia povrezhdenii i zabolevanii pozvonochnika i spinnogo mozga (Application of biologically and mechanically compatible nitinol implants for the surgical treatment of injuries and diseases of the spine and spinal cord) [in Russian]*. *Genii ortopedii*. 2010; 1: 5-11.
72. Nakagawa T., Tagawa T. Ultrastructural study of direct bone formation induced by BMPs-collagen complex implanted into an ectopic site. *Oral Dis*. 2000; 6(3): 173-179. <https://doi.org/10.1111/j.1601-0825.2000.tb00329.x>.
73. Tabata M., Shimoda T., Sugihara K., Ogomi D. et al. Osteoconductive and hemostatic properties of apatite formed on/in agarose gel as a bone-grafting material. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2003; 67B(2): 680-688. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.10063>.
74. Nikolaenko S.A., Lohbauer U., Zipperle M., Dasch W. et al. Study of biomimetic apatite formation on dentine surface. *Stomatologiya (Mosk)*. 2007; 86(6): 20-25.
75. Greiner C., Oppenheimer S.M., Dunand D.C. High Strength, Low Stiffness, Porous NiTi With Superelastic Properties. *Acta Biomater*. 2005; 1(6): 705-16 <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2005.07.005>.
76. Gibson L.J., Ashby M.F. *Cellular solids*. Cambridge: Cambridge University Press. 1997; <https://doi.org/10.1017/CBO9781139878326>.
77. Simske S.J., Ayers R.A., Bateman T.A. Porous materials for bone engineering. *Mater Sci Forum*. 1997; 250: 151-82. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.250.151>.
78. Kienapfel H., Sprey C., Wilke A., Griss P. Implant fixation by bone ingrowth. *J Arthroplast*. 1999; 14(3): 355-68. [https://doi.org/10.1016/S0883-5403\(99\)90063-3](https://doi.org/10.1016/S0883-5403(99)90063-3).
79. Urban R.M., Jacobs J.J., Sumner D.R., Peters C.L. et al. The bone-implant interface of femoral stems with non-circumferential porous coating. *J Bone Jt Surg. Am Vol*. 1996; 78(7): 1068-81. <https://doi.org/10.2106/00004623-199607000-00012>.
80. Kang S.B., Yoon K.S., Kim J.S., Nam T.H. et al. In vivo result of porous TiNi shape memory alloy: bone response and growth. *Mater Trans*. 2002; 43(5): 1045-8. <https://doi.org/10.2320/matertrans.43.1045>.
81. Li B.Y., Rong L.J., Li Y.Y., Gyunter V.E. Fabrication of cellular NiTi intermetallic compounds. *J Mater Res*. 2000; 15: 10-3. <https://doi.org/10.1557/JMR.2000.0004>.
82. Kujala S., Ryhanen J., Danilov A., Tuukkanen J. Effect of porosity on the osteointegration and bone ingrowth of a weight-bearing nickel-titanium bone graft substitute. *Biomaterials* 2003; 24(25): 4691-7. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(03\)00359-4](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(03)00359-4).
83. Boyer R., Collings E.W., Welsch G. *Materials properties handbook: titanium alloys*. ASM International. The Materials Information Society. 1994; 1169. ISBN 978-0-87170-481-8.
84. Alvarez K., Nakajima H. *Metallic Scaffolds for Bone Regeneration*. *Materials*. 2009; 2(3): 790-832. <https://doi.org/10.3390/ma2030790>.

85. Yuan B., Zhu M., Chung C.Y. Biomedical porous shape memory alloys for hard-tissue replacement materials. *Materials*, 2018; 11(9): 1716. <https://doi.org/10.3390/ma11091716>
86. Tarnita D., Tarnita D.N., Bîzdoaca N., Mîndrila I. et al. Properties and medical applications of shape memory alloys. *Romanian J Morphol Embryol*. 2009; 50(1): 15-21.
87. Assad M., Chernyshov A., Leroux M.A., Rivard C.H. A new porous titanium-nickel alloy: Part 1. Cytotoxicity and genotoxicity evaluation. *Biomed Mater Eng*. 2002; 12(3): 225-237.
88. Michiardi A., Aparicio C., Planell J.A., Gil F.J. New oxidation treatment of NiTi shape memory alloys to obtain Ni-free surface and to improve biocompatibility. *J Biomed Mater Res B*. 2006; 77(2): 249-256.
89. Armitage D.A., Parker T.L., Grant D.M. Biocompatibility and hemocompatibility of surfacemodified NiTi alloys. *J Biomed Mater Res A*. 2003; 66A(1): 129-137. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.10549>.
90. Kapanen A., Ryhanen J., Danilov A., Tuukkanen J. Effect of nickel-titanium shape memory alloy on bone formation. *Biomaterials*. 2001; 22(18): 2475-2480. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(00\)00435-X](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(00)00435-X).
91. Firstov G.S., Vitchev R.G., Kumar H., Blanpain B. et al. Surface oxidation of NiTi shape memory alloy. *Biomaterials*. 2002; 23(24): 4863-4871. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(02\)00244-2](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(02)00244-2).
92. Assad M., Chernyshov A.V., Jarzem P., Leroux M.A. et al. Porous titanium-nickel for intervertebral fusion in a sheep model: Part 2. Surface analysis and nickel release assessment. *J Biomed Mater Res*. 2003; 64B(2): 121-9. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.10531>
93. Assad M., Jarzem P., Leroux M.A., Coillard C. et al. Porous titanium-nickel for intervertebral fusion in a sheep model: Part 1. Histomorphometric and radiological analysis. *J Biomed Mater Res*. 2003; 64B(2): 107-20. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.10530>.
94. Shih C.C., Lin S.J., Chen Y.L., Su Y.Y. et al. The cytotoxicity of corrosion products of nitinol stent wire on cultured smooth muscle cells. *J Biomed Mater Res*. 2000; 52(2): 359-403. [https://doi.org/10.1002/1097-4636\(200011\)52:2%3C395::AID-IBM21%3E3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/1097-4636(200011)52:2%3C395::AID-IBM21%3E3.0.CO;2-B).
95. Wataha J.C., O'Dell N.L., Singh B.B., Ghazi M. et al. Relating nickel-induced tissue inflammation to nickel release in vivo. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater*. 2001; 58(5): 537-544. <https://doi.org/10.1002/jbm.1052>.
96. Baure G., Jardine A.P. Modifying the mechanical properties of porous equiatomic nitinol for osteoimplants. In: *Proc Int Conf on Shape Memory and Superelastic Technologies*. Kurhaus. Baden-Baden. Germany. 2004; 475-482.
97. Yamamuro T. Patterns of osteogenesis in relation to various biomaterials. *J Jpn Soc Biomater*. 1989; 7: 19-23.
98. Chu C.L., Chung C.Y., Zhou J., Pu Y.P. et al. Fabrication and characteristics of bioactive sodium titanate/titania graded film on NiTi shape memory alloy. *J Biomed Mater Res A*. 2005; 75A (3): 595-602. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.30465>.
99. Gu Y.W., Li H., Tay B.Y., Lim C.S. et al. In vitro bioactivity and osteoblast response of porous NiTi synthesized by SHS using nanocrystalline Ni-Ti reaction agent. *J Biomed Mater Res A*. 2006; 78A (2): 316-323. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.30743>.
100. Suzuki A., Kanetaka H., Shimizu Y., Tomizuka R. et al. Orthodontic buccal tooth movement by nickel-free titanium-based shape memory and superelastic alloy wire. *Angle Orthod*. 2006; 76(6): 1041-1046. <https://doi.org/10.2319/083105-306>.
101. Аникеев С.Г., Ходоренко В.Н., Гюнтер В.Э., Артюхова Н.В. и др. Способ получения пористого сплава на основе никелида титана / Описание изобретения к патенту на изобретение №RU 2651846 C1. – 2018.
- Аникеев С.Г., Ходоренко В.Н., Гиунтер В.Э., Артиухова Н.В. и др. Способ получения пористого сплава на основе никелида титана (A method of producing a porous alloy based on titanium nickelide) [in Russian]. *Opisanie izobreteniia k patentu na izobretenie №RU 2651846 C1*. – 2018.
102. Elema H., De Groot J.H., Nijenhuis A.J., Pennings A.J. et al. Use of porous biodegradable polymer implants in meniscus reconstruction. 2) Biological evaluation of porous biodegradable polymer implants in menisci. *Colloid Polym Sci*. 1990; 268: 1082-1088.
103. Xiong J.Y., Li Y.C., Wang X.J., Hodgson P.D. et al. Titanium-nickel shape memory alloy foams for bone tissue engineering. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2008; 1(3): 269-273. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2007.09.003>.
104. Li B.Y., Rong L.J., Li Y.Y. Porous NiTi alloy prepared from elemental powder sintering. *J Mater Res*. 1998; 13: 2847-51. <https://doi.org/10.1557/JMR.1998.0389>.
105. Klomp maker J., Jansen H.W.B., Veth R.P.H., Nielsen H.K.L. et al. Porous implants for the knee joint meniscus reconstruction: A preliminary study on the role of pore sizes in ingrowth and differentiation of fibrocartilage. *Clinical Materials*. 1993; 14(1): 1-11. [https://doi.org/10.1016/0267-6605\(93\)90041-51993](https://doi.org/10.1016/0267-6605(93)90041-51993).
106. Bansiddhi A., Sargeant T.D., Stupp S.L., Dunand D.C. Porous NiTi for bone implants: a review. *Acta Biomater*. 2008; 4(4): 773. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2008.02.009>.
107. Elahinia M., Moghaddam N.S., Andani M.T., Amerinatanzi A. et al. Fabrication of NiTi through additive manufacturing: A review. *Prog. Mater. Sci*. 2016; 83: 630-663. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2016.08.001>.
108. Zhao Y., Taya M., Kang Y., Kawasaki A. Compression behavior of porous NiTi shape memory alloy. *Acta Mater*. 2005; 52(3): 337. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2004.09.029>.
109. Kaya M., Bugutekin A., Orhan N. Effect of solution treatment on thermal conductivity of porous NiTi shape memory alloy. *Int J Thermophys*. 2011; 32(2): 6-65. <https://doi.org/10.1007/s10765-011-0919-9>.
110. De Groot K. Bioceramics consisting of calcium phosphate salts. *Biomaterials*. 1980; 1(1): 47-50. [https://doi.org/10.1016/0142-9612\(80\)90059-9](https://doi.org/10.1016/0142-9612(80)90059-9).
111. Itin V.I., Giunter V.E., Shabalovskaya S.A., Sachdeva R.L.C. Mechanical properties and shape memory of porous nitinol. *Mater Charact*. 1994; 32(3): 179-187. [https://doi.org/10.1016/1044-5803\(94\)90087-6](https://doi.org/10.1016/1044-5803(94)90087-6).
112. Otsuka K., Ren X. Physical metallurgy of Ti-Ni-based shape memory alloys. *Progress in Materials Science*. 2005; 50(5): 511-678. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2004.10.001>.
113. Гюнтер В.Э. Биосовместимые материалы с памятью формы и новые технологии в медицине / Монография. – Томск: НТЛ. – 2004. – С. 440. ISBN: 5-98589-019-8.
- Giunter V.E. *Biosovmestimyye materialy s pamiat'iu formy i novyye tekhnologii v meditsine (Biocompatible materials with shape memory and new technologies in medicine) [in Russian]. Monografiia. Tomsk: NTL. 2004; 440. ISBN: 5-98589-019-8.*

114. Слизовский Г.В., Ситко Л.А., Кужеливский И.И. Экспериментально-морфологическое исследование остеокондуктивных и остеоиндуктивных свойств биосовместимых композиционных материалов из никелида титана // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – 2015. – Т. 18. – №2(53). – С. 46-50.
- Slizovskii G.V., Sitko L.A., Kuzhelivskii I.I. Eksperimental'no-morfologicheskoe issledovanie osteokonduktivnykh i osteoinduktivnykh svoystv biosovmestimykh kompozitsionnykh materialov iz nikelida titana (Experimental-morphological study of osteoconductive and osteoinductive properties of biocompatible composite materials from titanium nickelide) [in Russian]. *Voprosy rekonstruktivnoi i plasticheskoi khirurgii*. 2015; 18(2(53)): 46-50.
115. Tan X.P., Tan Y.J., Chow C.S.L., Tor S.B., Yeong W.Y. Metallic powder-bed based 3D printing of cellular scaffolds for orthopaedic implants: A state-of-the-art review on manufacturing, topological design, mechanical properties and biocompatibility. *Mater. Sci. Eng. C*. 2017; 76: 1328–1343. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.02.094>.
116. Слизовский Г.В., Гюнтер В.Э., Кужеливский И.И., Поломошнова Я.В. и др. Реакция костной ткани организма на имплантацию микропористого никелида титана в эксперименте // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. – 2012. – Т. V. – №2. – С. 403-405.
- Slizovskii G.V., Giunter V.E., Kuzhelivskii I.I., Polomoshnova Ia.V. i dr. Reaktsiia kostnoi tkani organizma na implantatsiiu mikroporistogo nikelida titana v eksperimente (The reaction of the body's bone tissue to the implantation of microporous titanium nickelide in the experiment) [in Russian]. *Vestnik eksperimental'noi i klinicheskoi khirurgii*. 2012; V(2): 403-405.
117. Castleman L.S., Motzkin S.M., Alicandri F.P., Bonawit V.L. Biocompatibility of NiTi alloy as an implant material. *J Biomed Mater Res*. 1976; 10(5): 695-731. <https://doi.org/10.1002/jbm.820100505>.
118. Putters J.L., Kaulesar Sukul D.M., de Zeeuw G.R., Bijma A. et al. Comparative Cell Culture Effects of Shape Memory Metal (Nitinol®), Nickel and Titanium: A Biocompatibility Estimation. *Eur Surg Res*. 1992; 24: 378-82. <https://doi.org/10.1159/000129231>.
119. Simske S.J., Sachdeva R. Cranial bone apposition and ingrowth in a porous nickel-titanium implant. *J Biomed Mater Res* 1995; 29(4): 527-33. <https://doi.org/10.1002/jbm.820290413>.
120. Ryhanen J., Niemi E., Serlo W., Niemela E. et al. Biocompatibility of nickel-titanium shape memory metal and its corrosion behavior in human cell cultures. *J Biomed Mater Res* 1997; 35(4): 451-7. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4636\(19970615\)35:4%3C451::AID-JBM5%3E3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4636(19970615)35:4%3C451::AID-JBM5%3E3.0.CO;2-G).
121. Wever D.J., Veldhuizen A.G., Sanders M.M., Schakenraad J.M. et al. Cytotoxic, allergic and genotoxic activity of a nickel-titanium alloy. *Biomaterials*. 1997; 18(16): 1115-20. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(97\)00041-0](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(97)00041-0).
122. Ryhanen J., Kallioinen M., Tuukkanen J., Junila J. et al. In vivo biocompatibility evaluation of nickel-titanium shape memory metal alloy, muscle and perineural tissue responses and capsule membrane thickness. *J Biomed Mater Res* 1998; 41(3): 481-8. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4636\(19980905\)41:3%3C481::AID-JBM19%3E3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4636(19980905)41:3%3C481::AID-JBM19%3E3.0.CO;2-L).
123. Ehtemam-Haghighia S., Prashanth K.G., Attar H. et al. Evaluation of mechanical and wear properties of Ti-xNb-7Fe alloys designed for biomedical applications. *Mater. Des*. 2016; 111: 592-599. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.09.029>.
124. Oshida Y., Miyazaki S. Corrosion and biocompatibility of shape memory alloys. *Zairyo-to-Kankyo*. 1991; 40(12): 834–844. <https://doi.org/10.3323/jcorr1991.40.834>.
125. Li D. Wear behaviour of TiNi shape memory alloys. *Scr Mater*. 1996; 34(2): 195-200. [https://doi.org/10.1016/1359-6462\(95\)00515-3](https://doi.org/10.1016/1359-6462(95)00515-3).
126. Lin H.C., He J.L., Chen K.C., Liaoet H.M. et al. Wear characteristics of TiNi shape memory alloys. *Metall Mater Trans A*. 1997; 28(9): 1871-1877. <https://doi.org/10.1007/s11661-997-0117-3>.
127. Bashutski J., Wang H.L. Role of platelet-rich plasma in soft tissue root coverage procedures: a review. *Quint Int*. 2008; 38(6): 473-483.
128. Lagoudas D.C., Entchev P.B., Popov P., Patoor E. et al. Shape memory alloys, Part II: Modeling of polycrystals. *Mech Mater*. 2006; 38(5-6): 430–62. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.mechmat.2005.08.003>.
129. Berger-Gorbet M., Broxup B., Rivard C., Yahiaet L.H. et al. Biocompatibility testing of NiTi screws using immunohistochemistry on sections containing metallic implants. *J Biomed Mater Res*. 1996; 32(2): 243–248. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4636\(199610\)32:2%3C243::AID-JBM14%3E3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4636(199610)32:2%3C243::AID-JBM14%3E3.0.CO;2-K).
130. Assad M., Lombardi S., Bernèche S., Desrosiers E.A. et al. Assays of cytotoxicity of the Nickel-Titanium shape memory alloy. *Annales de chirurgie*. 1994; 48(8): 731-736.
131. Losev V.F. Maxillary alveolar process bone plasty with the use of directional tissue regeneration and maxillary sinus bottom lifting operation. *Stomatology*. 2009; 88(1): 54-57.
132. Алексеева И.С. Применение комбинированного трансплантата на основе мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток жировой ткани у пациентов с дефицитом костной ткани (клинико-экспериментальное исследование) / Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М. – 2013. – С. 39.
- Alekseeva I.S. Primenenie kombinirovannogo transplantata na osnove mul'tipotentnykh mezenkhimal'nykh stromal'nykh kletok zhirovoi tkani u patsientov s defitsitom kostnoi tkani (kliniko-eksperimental'noe issledovanie) (The use of a combined graft based on multipotent mesenchymal stromal cells of adipose tissue in patients with bone tissue deficiency (clinical experimental study)) [in Russian]. *Avtoref. dis. ... d-ra med. nauk*. M. 2013; 39.
133. Shaw J.A., Kyriakides S. Thermomechanical aspects of NiTi. *J Mech. Phys Solids*. 1995; 43(8): 1243–1281. [https://doi.org/10.1016/0022-5096\(95\)00024-D](https://doi.org/10.1016/0022-5096(95)00024-D).
134. Блинков Ю.Ю. Изучение влияния миелопина и его компонентов на иммунологическую реактивность и репаративный остеогенез / автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Курск. – 2000. – С. 26.
- Blinkov Iu.Iu. Izuchenie vlianiia mielopina i ego komponentov na immunologicheskuiu reaktivnost' i reparativnyi osteogenez (Study of the effect of myelopine and its components on immunological reactivity and reparative osteogenesis) [in Russian]. *avtoref. dis. ... kand. med. nauk*. Kursk. 2000; 26 p.
135. Hing K.A., Best S.M., Bonefield W. Characterization of porous hydroxyapatite. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine* volume. 1999; 10: 135–145. <https://doi.org/10.1023/A:1008929305897>.
136. Wen C.E., Mabuchi M., Yamada Y., Shimojima K. et al. Processing of biocompatible porous Ti and Mg. *Scr Mater*. 2001; 45(10): 1147–1153. [https://doi.org/10.1016/S1359-6462\(01\)01132-0](https://doi.org/10.1016/S1359-6462(01)01132-0).

137. Wen C.E., Yamada Y., Shimojima K., Chino Y. et al. Processing and mechanical properties of autogenous titanium implant materials. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine* volume. 2002; 13: 397-401. <https://doi.org/10.1023/A:1014344819558>.
138. Wen C.E., Yamada Y., Shimojima K., Chino Y. et al. Novel titanium foam for bone tissue engineering. *J Mater Res*. 2002; 10: 2633-2639. <https://doi.org/10.1557/JMR.2002.0382>.
139. De Oliverira J.F., De Aguiar P.F., Rossi A.M., Soares G.A. Effect of process parameters on the characteristics of porous calcium phosphate ceramics for bone tissue scaffolds. *Int Soc Art Org*. 2003; 27: 406-411. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1594.2003.07247.x>.
140. Bashutski J., Wang H.L. Role of platelet-rich plasma in soft tissue root coverage procedures: a review. *Quint Int*. 2008; 38(6): 473-483.
141. Ayers R.A., Simske S.J., Bateman T.A., Petkus A. et al. Effect of nitinol implant porosity on cranial bone ingrowth and apposition after 6 weeks. *J Biomed Mater Res*. 1999; 45(1): 42-47. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4636\(199904\)45:1%3C42::AID-IBM6%3E3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4636(199904)45:1%3C42::AID-IBM6%3E3.0.CO;2-Q).
142. Слизовский Г.В., Ситко Л.А., Кужеливский И.И., Федоров М.А. и др. Оперативное лечение дегенеративно-дистрофических заболеваний опорно-двигательного аппарата у детей с использованием имплантантов из никелида титана // *Сибирский медицинский журнал*. – Иркутск. – 2016. – Т. 141. – № 2. – С. 76-79.
- Slizovskii G.V., Sitko L.A., Kuzhelivskii I.I., Fedorov M.A. i dr. Operativnoe lechenie degenerativno-distroficheskikh zabolevanii oporno-dvigatel'nogo apparata u detei s ispol'zovaniem implantantov iz nikelida titana (Surgical treatment of degenerative-dystrophic diseases of the musculoskeletal system in children using titanium nickelide implants) [in Russian]. *Sibirskii meditsinskii zhurnal*. Irkutsk. 2016; 141(2): 76-79.
143. Приказ Министерства здравоохранения СССР. Об утверждении Положения о доме ребенка и Инструкции о порядке приема детей в дом ребенка и выписке из него: утв. 19 ноября 1986 года, №1525.
- Prikaz Ministerstva zdravookhraneniia SSSR. Ob utverzhdenii Polozheniia o dome rebenka i Instruksii o poriadke priema detei v dom rebenka i vypiske iz nego (Order of the USSR Ministry of Health. On approval of the Regulations on the orphanage and the Instruction on the procedure for admitting children to the orphanage and discharge from it) [in Russian]: utv. 19 noiabria 1986 goda, №1525.
144. Колумб В.Г. Вентральная стабилизация шейного отдела позвоночника с использованием никелид титановых имплантантов / Автореферат дис. канд. мед наук. – Новосибирск. – 2004. – С. 20.
- Kolumb V.G. Ventral'naia stabilizatsiia sheinogo otdela pozvonochnika s ispol'zovaniem nikelid titanovykh implantantov (Ventral stabilization of the cervical spine using titanium nickelide implants) [in Russian]. *Avtoreferat dis. kand. med nauk*. Novosibirsk. 2004; 20 p.
145. Ревелл П.А. Патология кости. – М.: Медицина. – 1993. – С. 367. ISBN 5-225-00515-2.
- Revell P.A. Patologiia kosti (Bone pathology) [in Russian]. – М.: Meditsina. 1993; 367. ISBN 5-225-00515-2.
146. Малишевский В.М., Паськов Р.В., Базаров А.Ю., Сергеев К.С. Изучение биобезопасности использования пористого никелида титана в вертебрологии // *Медицинская наука и образование Урала*. – 2013. – Т. 14. – №1(73). – С. 106-108.
- Malishevskii V.M., Pas'kov R.V., Bazarov A.Iu., Sergeev K.S. Izuchenie biobezopasnosti ispol'zovaniia poritogo nikelida titana v vertebrologii (Study of the biosafety of the use of porous titanium nickelide in vertebrology) [in Russian]. *Meditsinskaiia nauka i obrazovanie Urala*. 2013; 14(1(73)): 106-108.
147. Хушвахтов Д.И. Усовершенствование хирургических методов лечения больных с одонтогенными кистами челюстей / Автореферат дис. канд. мел. наук. – Самара. – 2012. – С. 157.
- Khushvakhtov D.I. Uovershenstvovanie khirurgicheskikh metodov lecheniia bol'nykh s odontogennymi kistami cheliustei (Improvement of surgical methods of treatment of patients with odontogenic cysts of the jaws) [in Russian]. *Avtoreferat dis. kand. mel. nauk*. Samara. 2012; 157 p.
148. Ланшаков В.А., Гюнтер В.Э., Плоткин Г.Л., Фомичев Н.Г. и др. Имплантаты с памятью формы в травматологии и ортопедии. – Томск: ИПФ. – 2004. – С. 228.
- Lanshakov V.A., Giunter V.E., Plotkin G.L., Fomichev N.G. i dr. Implantaty s pamiat'iu formy v travmatologii i ortopedii (Shape memory implants in traumatology and orthopaedics) [in Russian]. – Tomsk: IPF. 2004; 228.
149. Федорова М.З., Надеждин С.В., Павлов Н.А., Зубарева Е.В. Исследование остеоиндуктивных и остеокондуктивных свойств костнопластических материалов на основе гидроксипатита и коллагена // *Нанотехнологии и охрана здоровья*. – 2010. – №1. – С. 42-46.
- Fedorova M.Z., Nadezhdin S.V., Pavlov N.A., Zubareva E.V. Issledovanie osteoinduktivnykh i osteokonduktivnykh svoistv kostnoplachesticheskikh materialov na osnove gidroksiapatita i kollagena (Investigation of the osteoinductive and osteoconductive properties of osteoplastic materials based on hydroxyapatite and collagen) [in Russian]. *Nanotekhnologii i okhrana zdorov'ia*. 2010; 1: 42-46.
150. Эппле М. Биоматериалы и биоминерализация. – Томск: Ветер. – 2007. – С. 137.
- Epple M. Biomaterialy i biomineralizatsiia (Biomaterials and biomineralization) [in Russian]. – Tomsk: Veter. 2007; 137.
151. Алексеева И.С., Рачинская О.А., Волков А.В., Кулаков А.А. и др. Сравнительная оценка эффективности образования костной ткани при трансплантации тканеинженерной конструкции и остеопластического материала «Bio-Oss» в область дна верхнечелюстной пазухи // *Стоматология*. – 2012. – Т. 91. – №6. – С. 41-44.
- Alekseeva I.S., Rachinskaiia O.A., Volkov A.V., Kulakov A.A. i dr. Sravnitel'naia otsenka effektivnosti obrazovaniia kostnoi tkani pri transplantatsii tkaneinzhenernoi konstruksii i osteoplasticheskogo materiala «Bio-Oss» v oblast' dna verkhnecheliustnoi pazukhi (Comparative evaluation of the efficiency of bone tissue formation during transplantation of tissue-engineered construction and osteoplastic material "Bio-Oss" in the area of the maxillary sinus floor) [in Russian]. *Stomatologiia*. 2012; 91(6): 41-44.
152. Григорьян А.С. Хамраев Т.К., Топоркова А.К., Амиров А.Р. и др. Экспериментальное исследование интеграции в костную ткань дентальных имплантантов с наноструктурированным нерезорбируемым покрытием // *Стоматология*. – 2010. – Т. 89. – №4. – С. 14-17.

Grigor'ian A.S. Khamraev T.K., Toporkova A.K., Amirov A.R. i dr. Eksperimental'noe issledovanie integratsii v kostnuiu tkan' dental'nykh implantatov s nanostrukturirovannym nerezorbiruемым pokrytiem (Experimental study of integration into bone tissue of dental implants with nanostructured non-resorbable coating) [in Russian]. Stomatologiya. 2010; 89(4): 14-17.

153. Гурин А.Н., Комлев В.С., Фадеев И.В., Петракова Н.В. и др. Сравнительное исследование замещения дефектов костной ткани остеопластическими материалами на основе а- и в-трикальцийфосфата // Стоматология. – 2012. – Т. 91. – №6. – С. 16-21.

Gurin A.N., Komlev V.S., Fadeev I.V., Petrakova N.V. i dr. Sravnitel'noe issledovanie zameshcheniia defektov kostnoi tkani osteoplasticheskimi materialami na osnove a- i v-trikal'tsiifosfata (Comparative study of replacement of bone tissue defects with osteoplastic materials based on a- and b-tricalcium phosphate) [in Russian]. Stomatologiya. 2012; 91(6): 16-21.

154. Макеева И.М., Ерохин А.И., Митрошкина А.Е., Гостев М.С. Опыт комбинированного использования современных остеопластических материалов при хирургическом лечении горизонтальных дефектов альвеолярного отростка у пациентов с воспалительными заболеваниями пародонта (предварительные результаты) // Пародонтология. – 2009. – №3(52). – С. 25-31.

Makeeva I.M., Erokhin A.I., Mitroshkina A.E., Gostev M.S. Opyt kombinirovannogo ispol'zovaniia sovremennykh osteoplasticheskikh materialov pri khirurgicheskom lechenii gorizontallykh defektov al'veoliarnogo otrostka u patsientov s vospalitel'nyimi zabolevaniiami parodonta (predvaritel'nye rezul'taty) (Experience in the combined use of modern osteoplastic materials in the surgical treatment of horizontal alveolar bone defects in patients with inflammatory periodontal diseases (preliminary results)) [in Russian]. Parodontologiya. 2009; 3(52): 25-31.

155. Михалев П.Н. Экспериментально-клиническое обоснование выбора остеопластических материалов при различных методах аугментации альвеолярных отростков челюстей / Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Казань. – 2012. – С. 19.

Mikhalev P.N. Eksperimental'no-klinicheskoe obosnovanie vybora osteoplasticheskikh materialov pri razlichnykh metodakh augmentatsii al'veoliarnykh otrostkov cheliuste (Experimental and clinical substantiation of the choice of osteoplastic materials for various methods of augmentation of the alveolar processes of the jaws) [in Russian]. Avtoref. dis. ... kand. med. nauk. Kazan'. 2012; 19 p.

156. Павленко А.В., Проць Г.Б., Барано А.Б., Штеренберг А.Х. Dental Magazine. Использование бифазного остеокондуктивного замещающего кость материала Easy Graft Crystal при замещении костных дефектов. – 2013. Электронный ресурс [Дата обращения: 19 Ноя 2021] Режим доступа: <https://dentalmagazine.ru/posts/ispolzovanie-bifaznogo-osteokonduktivnogo-zameshhayushhego-kost-materiala-easygraft-crystal-pri-zameshhenii-kostnyx-defektov.html>.

Pavlenko A.V., Prots' G.B., Barano A.B., Shterenberg A.Kh. Dental Magazine. Ispol'zovanie bifaznogo osteokonduktivnogo zameshchayushchego kost' materiala Easy Graft Crystal pri zameshchenii kostnykh defektov (Dental Magazine. Using biphasic osteoconductive bone replacement material Easy Graft Crystal for bone replacement) [in Russian]. 2013. Elektronnyi resurs [Data obrashcheniia: 19 Noia 2021] Rezhim dostupa: <https://dentalmagazine.ru/posts/ispolzovanie-bifaznogo-osteokonduktivnogo-zameshhayushhego-kost-materiala-easygraft-crystal-pri-zameshhenii-kostnyx-defektov.html>.

157. Решетов И. В. Реконструкция костных дефектов челюстно-лицевой и краниальной зон с использованием гранулированных керамических материалов на основе фосфатов кальция / Медицинская технология. – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена. – 2012. – С. 18.

Reshetov I. V. Rekonstruktsiia kostnykh defektov cheliustno-litsevoi i kranial'noi zon s ispol'zovaniem granulirovannykh keramicheskikh materialov na osnove fosfatov kal'tsiia (Reconstruction of bone defects in the maxillofacial and cranial zones using granular ceramic materials based on calcium phosphates) [in Russian] Meditsinskaiia tekhnologiya. – M.: MNIIOI im. P.A. Gertsena. 2012; 18.

158. Kolerman R., Goshen G., Joseph N., Kozlovsky A. et al. Histomorphometric analysis of maxillary sinus augmentation using an alloplast bone substitute. J Oral Maxillofac Surg. 2012; 70(8): 1835-1843. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2012.04.034>.

159. Koyama N., Okubo Y., Nakao K., Osawa K. et al. Experimental study of osteoinduction using a new material as a carrier for bone morphogenetic protein-2. Brit J Oral Maxillofac Surg. 2011; 49(4): 314-318. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2010.05.010>.

160. Ходоренко В.Н., Моногенов А.Н., Гюнтер В.Э. Проницаемость медицинских пористых сплавов на основе никелида титана // Материалы международной конференции «Новые материалы в медицине». – Красноярск. – 2000. – С. 12-13.

Khodorenko V.N., Monogenov A.N., Giunter V.E. Pronitsaemost' meditsinskikh poristykh splavov na osnove nikelida titana (Permeability of medical porous alloys based on titanium nickelide) [in Russian]. Materialy mezhdunarodnoi konferentsii «Novye materialy v meditsine». Krasnoiarsk. 2000; 12-13.

161. Радкевич А. А. Опыт использования остеогенной ткани и материалов с памятью формы в челюстно-лицевой хирургии // Биосовместимые материалы с памятью формы и новые технологии в медицине. – Томск: ИПФ. Изд-во НТЛ. – 2004. – С. 47-50.

Radkevich A. A. Opyt ispol'zovaniia osteogennoi tkani i materialov s pamiat'iu formy v cheliustno-litsevoi khirurgii (Experience of using osteogenic tissue and materials with shape memory in maxillofacial surgery) [in Russian]. Biosovmestimye materialy s pamiat'iu formy i novye tekhnologii v meditsine. – Tomsk: IPF. Izd-vo NTL. 2004; 47-50.

162. Гюнтер В.Э. Искусственные материалы и проблемы их биосовместимости с тканями организма // Материалы с памятью формы и новые технологии в медицине. – 2007. – С. 4-12.

Giunter V.E. Iskusstvennye materialy i problemy ikh biosovmestivosti s tkaniami organizma (Artificial materials and problems of their biocompatibility with body tissues) [in Russian]. Materialy s pamiat'iu formy i novye tekhnologii v meditsine. 2007; 4-12.

163. Lin W.C., Yao C., Huang T.Y., Cheng S.J., Tang C.M. Long-term in vitro degradation behavior and biocompatibility of polycaprolactone/cobalt-substituted hydroxyapatite composite for bone tissue engineering. Dental Materials, 2019; 35(5): 751-762. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.02.023>.

164. Кокорев О.В. Гюнтер В.Э. Сибирева О.Ф., Дамбаев Г.Ц. Оценка клеточной популяции при культивировании с

2D и 3D конструкциями из пористо-проницаемых материалов на основе никелида титана // *Материалы с памятью формы и новые технологии в медицине*. – Томск. – 2007. – С. 13-16.

Kokorev O.V. Giunter V.E. Sibireva O.F., Dambaev G.Ts. Otsenka kletochnoi populatsii pri kul'tivirovanii s 2D i 3D konstruksiiami iz poristo-pronitsaemykh materialov na osnove nikelida titana (Evaluation of the cell population during cultivation with 2D and 3D constructs from porous-permeable materials based on titanium nickelide) [in Russian]. *Materialy s pamiat'iu formy i novye tekhnologii v meditsine*. Tomsk. 2007; 13-16.

165. Ходоренко В.Н. Аникеев С.Г., Кокарев О.В. Физико-химические свойства пористых материалов на основе никелида титана, полученных методами СВС и спеканием // *Материалы и имплантаты с памятью формы в медицине*. – Томск. – 2014. – С. 17.

Khodorenko V.N. Anikeev S.G., Kokarev O.V. Fiziko-khimicheskie svoistva poristykh materialov na osnove nikelida titana, poluchennykh metodami SVS i spekaniiem (Physicochemical properties of porous materials based on titanium nickelide obtained by SHS and sintering) [in Russian]. *Materialy i implantaty s pamiat'iu formy v meditsine*. Tomsk. 2014; 17.

166. Джонибекова Р.Н. Увеличение недостаточного объема костных структур в зонах дентальной имплантации с применением мелкодисперстного никелида титана / Автореферат дис. канд. мед наук. – Душанбе. – 2015. – С. 132.

Dzhonibekova R.N. Uvelichenie nedostatochnogo ob'ema kostnykh struktur v zonakh dental'noi implantatsii s primeneniem melkodispersnogo nikelida titana (An increase in the insufficient volume of bone structures in the zones of dental implantation using finely dispersed titanium nickelide) [in Russian]. *Avtoreferat dis. kand. med nauk*. Dushanbe. 2015; 132 p.

167. Ахмеров Р.Р., Зарудий Р.Ф., Овечкина М.В., Ахмеров Р.Р. и др. Технология Plasmolifting - инъекционная форма тромбоцитарной аутоплазмы для лечения хронических катаральных гингивитов // *Пародонтология*. – 2012. – Т. 17. – №4(65). – С. 80-84.

Akhmerov R.R., Zarudii R.F., Ovechkina M.V., Akhmerov R.R. i dr. Tekhnologiya Plasmolifting - in"ektsionnaia forma trombotsitarnoi autoplazmy dlia lecheniia khronicheskikh kataral'nykh gingivitov (Plasmolifting technology - an injectable form of platelet autoplasm for the treatment of chronic catarrhal gingivitis) [in Russian]. *Parodontologiya*. 2012; 17(4(65)): 80-84.

168. Ахмеров Р.Р. Овечкина М.В., Цыплаков Д.Э. Воробьев А.А. и др. Технология Plasmolifting - инъекционная форма тромбоцитарной аутоплазмы для лечения хронических пародонтитов I-II степени тяжести // *Пародонтология*. – 2013. – Т. 18. – №1(66). – С. 45-52.

Akhmerov R.R. Ovechkina M.V., Tsyplakov D.E. Vorob'ev A.A. i dr. Tekhnologiya Plasmolifting - in"ektsionnaia forma trombotsitarnoi autoplazmy dlia lecheniia khronicheskikh parodontitov I-II stepeni tiazhesti (Plasmolifting technology - an injection form of platelet autoplasm for the treatment of chronic periodontitis of I-II severity) [in Russian]. *Parodontologiya*. 2013; 18(1(66)): 45-52.

169. Бычков А.И., Долинер М.Э., Ситдикова А.И., Волков А.В. и др. Изучение остеоиндуктивной активности рекомбинантного морфогенетического белка кости (rhBMP-2) в составе остеопластического материала на основе деминерализованного матрикса в эксперименте // *Стоматология для всех*. – 2013. – №3. – С. 16-20.

Bychkov A.I., Doliner M.E., Sitdikova A.I., Volkov A.V. i dr. Izuchenie osteoinduktivnoi aktivnosti rekombinantnogo morfogeneticheskogo belka kosti (rhBMP-2) v sostave osteoplasticheskogo materiala na osnove demineralizovannogo matriksa v eksperimente (Experimental study of the osteoinductive activity of the recombinant bone morphogenetic protein (rhBMP-2) in the composition of the osteoplastic material based on the demineralized matrix) [in Russian]. *Stomatologiya dlia vseh*. 2013; 3: 16-20.

170. Cardaropoli D., Cardaropoli G. Preservation of the postextraction alveolar ridge: a clinical and histologic study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2008; 28: 469-477.

171. Магамедханов Ю.М., Буравцова Е.А., Гришкова Н.О., Ромашко Н.А. и др. Оптимизация предимплантологической подготовки альвеолярной лунки удаленного зуба с помощью отечественного материала «Galanttm-паста-ФОРТЕ Плюс» // *Российский стоматологический журнал*. – 2012. – №6. – С. 14-15.

Magamedkhanov Yu.M., Buravtsova E.A., Grishkova N.O., Romashko N.A. i dr. Optimizatsiia predimplantologicheskoi podgotovki al'veoliarnoi lunki udalennogo zuba s pomoshch'iu otechestvennogo materiala «Galanttm-pasta-FORTE Plus» (Optimization of the pre-implantological preparation of the alveolar socket of the extracted tooth using the domestic material "Galanttm-paste-FORTE Plus") [in Russian]. *Rossiiskii stomatologicheskii zhurnal*. 2012; 6: 14-15.

172. Мартиросян Р.В. Восстановление послеоперационных костных дефектов челюстей комбинацией остеоматериалов, богатой тромбоцитами плазмы и комплексным гомеопатическим препаратом «Траумель С» / Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М. – 2013. – С. 24.

Martirosian R. V. Vosstanovlenie posleoperatsionnykh kostnykh defektov cheliusteii kombinatsiei osteomaterialov, bogatoi trombotsitami plazmy i kompleksnym gomeopaticheskim preparatom «Traumel' S» (Restoration of postoperative jaw bone defects with a combination of osteomaterials, platelet-rich plasma and a complex homeopathic preparation "Traumeel S") [in Russian]. *Avtoref. dis. ... kand. med. nauk*. M. 2013; 24 p.

173. Токмакова С.И., Чудова Л.В., Бобров И.П. Патоморфологическое обоснование комплексного применения препарата «Emdogain Gel» тромбоцитарных факторов роста при хирургическом лечении рецессии десны // *Пародонтология*. – 2008. – №3(48). – С. 10-13.

Tokmakova S.I., Chudova L.V., Bobrov I.P. Patomorfologicheskoe obosnovanie kompleksnogo primeneniia preparata «Emdogain Gel» trombotsitarnykh faktorov rosta pri khirurgicheskom lechenii retsessii desny (Pathomorphological substantiation of the complex use of the drug "Emdogain Gel" of platelet growth factors in the surgical treatment of gum recession) [in Russian]. *Parodontologiya*. 2008; 3(48): 10-13.

174. Хафизов Р.Г., Хайруллин Ф.А., Миргазизов М.З., Миргазизов Р.М. Способ насыщения пористых никелид титановых имплантатов богатой тромбоцитами плазмой // *Биосовместимые материалы с памятью формы и новые технологии в медицине*. – Томск. – 2004. – С. 157-158.

Khafizov R.G., Khairullin F.A., Mirgazizov M.Z., Mirgazizov R.M. Sposob nasyshcheniia poristykh nikelid titanovykh implantatov bogatoi trombotsityami plazmoi (Method for saturation of porous nickelide titanium implants with platelet-rich plasma) [in Russian]. *Biosovmestimye materialy s pamiat'iu formy i novye tekhnologii v meditsine*. Tomsk. 2004; 157-158.

175. Agata H., Asahina I., Yamazaki Y., Uchida M. et al. Effective bone engineering with periosteum-derived cells. *J Dent Res.* 2007; 86(1): 79-83 <https://doi.org/10.1177/154405910708600113>.
176. Arora N.S., Ramanayake T., Ren Y.F., Romanos G.E. Platelet - rich plasma in sinus augmentation procedures: a systematic literature review. Part II. *Implant Dentistry.* 2010; 19(2): 145-157. <https://doi.org/10.1097/id.0b013e3181cd706d>.
177. Hasegawa T., Miwa M., Sakai Y., Niikura T. et al. Efficient cell-seeding into scaffold improves bone formation. *J Dent Res.* 2010; 89(8): 854-859. <https://doi.org/10.1177/0022034510370022>.
178. Lee C.Y.S., Rohrer M.D., Prasad H.S. Immediate loading of the grafted maxillary sinus using platelet rich plasma and autogenously bone. *Implant Dentistry.* 2008; 17(1): 59-67. <https://doi.org/10.1097/id.0b013e318166ce3c>.
179. Menezes L., Rao J. Long-term clinical evaluation of platelet-rich plasma in the treatment of human periodontal intraosseous defects: a comparative clinical trial. *Quint Int.* 2012; 43(7): 571-582.
180. Shimono K., Oshima M., Azakawa H., Kimura A. et al. The effect of growth factors for bone augmentation to enable dental implant placement: a systematic review. *Japan Dent Sci Rev.* 2010; 46(1): 43-53 <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2009.10.004>.
181. Радкевич А.А., Галонский В.Г., Тесленко А.И. Формирование костного регнерата в проекции дна верхнечелюстного синуса с использованием остеогенной ткани и материала с памятью формы // *Материалы с памятью формы и новые технологии в медицине.* – Томск. – 2006. – С. 179-180.
- Radkevich A.A., Galonskii V.G., Teslenko A.I. Formirovanie kostnogo regnerata v proektsii dna verkhnecheliustnogo sinusa s ispol'zovaniem osteogennoi tkani i materiala s pamiat'iu formy (Formation of bone regnerata in the projection of the maxillary sinus floor using osteogenic tissue and material with shape memory) [in Russian]. *Materialy s pamiat'iu formy i novye tekhnologii v meditsine.* Tomsk. 2006; 179-180.
182. Базикян Э.А., Смбалян Б.С. Направленная тканевая регенерация в дентальной имплантологии // *Клиническая стоматология.* – 2008. – №3(47). – С. 42-48.
- Bazikian E.A., Smbatian B.S. Napravlennaia tkanevaya regeneratsiia v dental'noi implantologii (Guided tissue regeneration in dental implantology) [in Russian]. *Klinicheskaiia stomatologiia.* 2008; 3(47): 42-48.
183. Новиков С.В. Реконструкция края кости вертикально атрофированной альвеолярной части челюсти аутотрансплантатом с трёхмерным дизайном // *Клиническая стоматология.* – 2009. – №2(50). – С. 44-46.
- Novikov S.V. Rekonstruktsiia kraia kosti vertikal'no atrofirovannoi al'veoliarnoi chasti cheliusti autotransplantatom s trekhmernym dizainom (Reconstruction of the bone edge of the vertically atrophied alveolar part of the jaw with an autograft with a three-dimensional design) [in Russian]. *Klinicheskaiia stomatologiia.* 2009; 2(50): 44-46.
184. Приходько В.И., Калакуцкий Н.В., Петропавловская О.Ю., Калакуцкий И.Н. Ортопедический этап в комплексной реабилитации дефектов нижней челюсти васкуляризованным костным аутотрансплантатом // *Институт стоматологии.* – 2013. – №3(60). – С. 54-56.
- Prikhod'ko V.I., Kalakutskii N.V., Petropavlovskaiia O.Yu., Kalakutskii I.N. Ortopedicheskii etap v kompleksnoi reabilitatsii defektov nizhnei cheliusti vaskuliarizirovannym kostnym autotransplantatom (Orthopedic stage in the complex rehabilitation of mandibular defects with vascularized bone autograft) [in Russian]. *Institut stomatologii.* 2013; 3(60): 54-56.
185. Радкевич А.А., Сысолятин П.Г., Гюнтер В.Э. Остеогенная ткань в костно-реконструктивной челюстнолицевой хирургии // *Маэстро стоматологии.* – 2012. – №4(48). – С. 13-18.
- Radkevich A.A., Sysoliatin P.G., Giunter V.E. Osteogennaia tkan' v kostno-rekonstruktivnoi cheliustnolitsevoi khirurgii (Osteogenic tissue in osteo-reconstructive maxillofacial surgery) in Russian]. *Maestro stomatologii.* 2012; 4(48): 13-18.
186. Deppe H.H., Mucke T., Wagenpfeil S., Hölzle F. Sinus augmentation with intra - vs extraorally harvested bone grafts for the provision of dental implants: clinical long-term results. *Quint Int.* 2012; 43(6): 469-481.

Сүйек пластикасы үшін тромбоциттер массасында байытылған кеуекті титан никелидің түйіршіктерінен биокөмпозициялық материалды қолданудың ғылыми негіздемесі

Мухаметжанов Х. ¹, Бекарисов О.С. ², Мухаметжанов Д.Ж. ³, Карибаев Б.М. ⁴,
Дюсенбаев Н.Н. ⁵, Жанаспаев Т.М. ⁶

¹ Аға ғылыми қызметкер, Академик Батпенев Н.Ж. атындағы ұлттық ғылыми травматология және ортопедия орталығы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан. E-mail: neuroastana@mail.ru

² Академик Батпенев Н.Ж. атындағы ұлттық ғылыми травматология және ортопедия орталығының директоры, Нұр-Сұлтан, Қазақстан. E-mail: niitokz@med.mail.kz

³ №6 нейрохирургиялық бөлімшесінің («Функционалды нейрохирургия» тобымен краниофациалды нейрохирургия) нейрохирург-дәрігері, Академик Н.Н. Бурденко атындағы Нейрохирургияның ұлттық медициналық зерттеулер орталығы, Мәскеу, Ресей. E-mail: info@nsi.ru

⁴ Жетекші ғылыми қызметкер, Академик Батпенев Н.Ж. атындағы ұлттық ғылыми травматология және ортопедия орталығы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан. E-mail: b.karibaev@mail.ru

⁵ Жалпы хирургия, бариатриялық хирургия және нейрохирургия кафедрасының ассистенті, Астана медицина университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан. E-mail: nurekekz@mail.ru

⁶ Астана медицина университетінің PhD-докторанты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан. E-mail: timurzhanaspayev@gmail.com

Түйіндіме

Кеуекті титан никелидін тромбоциттерге бай аутоплазмамен қанықтырғанда оның интеграциялық қасиеттері едәуір артады. Тромбоцитарлы массамен байытылған кеуекті титан никелидінен жасалған биокөмпозициялық материалды тіндердің жасуша репопуляциясын қамтамасыз ететін регенерациясына қол жеткізу үшін, әсіресе сүйек регенерациясы мен оның пластикасында қолдануға болады.

Түйін сөздер: остеопластика, биокөмпозитті материал, кеуекті титан никелидің түйіршіктері, тромбоцитарлы масса.

Scientific Substantiation of the Use of Biocomposite Material from Granules of Porous Titanium Nickelide Enriched in Platelet Mass for Bone Grafting

Khanat Mukhametzhanov ¹, Olzhas Bekarissov ², Dulat Mukhametzhanov ³, Buratay Karibayev ⁴,
Nurzhan Dyusenbayev ⁵, Timur Zhanaspayev ⁶

¹ Chief Researcher of the National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician Batpenov N.D.,
Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: neuroastana@mail.ru

² Director of the National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician Batpenov N.D.,
Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: niitokz@med.mail.kz

³ Neurosurgeon of the Neurosurgical Department No.6 (craniofacial neurosurgery) with the group "Functional Neurosurgery",
National Medical Research Center for Neurosurgery named after Academician N.N. Burdenko, Moscow, Russia. E-mail: info@nsi.ru

⁴ Leading Researcher of the National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician Batpenov N.D.,
Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: b.karibaev@mail.ru

⁵ Assistant of the Department of General Surgery, Bariatric Surgery and Neurosurgery, Astana Medical University,
Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: nurekekz@mail.ru

⁶ PhD doctoral student of the Astana Medical University, Nur-Sultan, Kazakhstan.
E-mail: timurzhanaspayev@gmail.com

Abstract

Saturation of porous titanium nickelide with platelet-rich autoplasm, then significantly increases its integration properties. A biocomposite material made of porous titanium nickelide enriched in platelet mass can be used for targeted tissue regeneration, which ensures cell repopulation and, in particular, bone regeneration and bone grafting.

Key words: osteoplasty, biocomposite material, granules of porous titanium nickelide, platelet mass.

<https://doi.org/10.52889/1684-9280-2021-4-60-31-38>

УДК 617.3; 616-089.23; 616-001; 615.477.2; 616-036.22

МРНТИ: 76.29.41; 76.33.43

Оригинальная статья

Показатели травматизма, инвалидности и смертности от травм в Республике Казахстан за 2019-2020 годы

Джаксыбекова Г.К. ¹, Бермагамбетова Г.Н. ²

¹ Доцент отдела послевузовского образования Национального научного центра травматологии и ортопедии имени Академика Батпеннова Н.Д., Нур-Султан, Казахстан. E-mail: g.jaxybekova@mail.ru

² Старший научный сотрудник Национального научного центра травматологии и ортопедии имени Академика Батпеннова Н.Д., Нур-Султан, Казахстан. E-mail: bgazima@mail.ru

Резюме

Цель исследования: провести сравнительную оценку территориальных и возрастно-половых показателей травматизма, инвалидности и смертности от травм в Республике Казахстан за 2019-2020 годы.

Методы. В работе использовались данные официальной статистики Бюро национальной статистики, отчетно-учетные формы Генеральной Прокуратуры, Министерства здравоохранения и других ведомств Республики Казахстан за 2019-2020 годы.

Результаты. Показатели травматизма за 2020 год на 3,9% меньше показателя 2019 года, уровень травматизма значительно выше у городского населения. Выявлено снижение показателя первичной инвалидности населения от травм всех локализаций до 2,2 на 10 тыс. населения в 2020 году против 2,8 в 2019 году и от дорожно-транспортных травм до 0,16 в 2020 году против 0,21 за 2019 год. В 2020 году показатель смертности от несчастных случаев, травм и отравлений снизился и составил 57,76% против 65,35% в 2019 году.

Выводы. Основные показатели травматизма, смертности от него и как следствие – инвалидности среди основных групп населения Республики Казахстан, полученные в ходе ежегодного мониторинга состояния и анализа динамики имеют тенденцию к снижению.

Ключевые слова: травматизм, показатели травматизма, смертность от травм, инвалидность от травм.

Corresponding author: Galina Jaxybekova, National Scientific Center of Traumatology and Orthopaedics named after Academician Batpenov N.D., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Postal code: Z00P5Y4

Address: Kazakhstan, Nur-Sultan, Abylai Khan Avenue, 15A

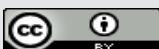
Phone: +7 701 522 61 22

E-mail: g.jaxybekova@mail.ru

J Trauma Ortho Kaz 2021; 4 (60): 31-38

Received: 07-09-2021

Accepted: 24-09-2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Травматизм является одной из важнейших медико-социальных проблем современности не только для Казахстана, но и для большинства стран мира. В экономически развитых странах мира травмы занимают второе место среди причин смертности и уносят жизни людей молодого и трудоспособного возраста [1,2].

В Казахстане в структуре заболеваемости, временной нетрудоспособности и смертности травмы занимают пятое место, по первичному выходу на инвалидность – третье место [3].

За годы независимости Республики Казахстан (РК), система здравоохранения сделала значительный рывок в своем развитии благодаря реализации мероприятий: Государственной программы реформирования и развития здравоохранения РК на 2005-2010 годы [4], Государственной программы развития здравоохранения РК «Саламатты Қазақстан» на 2011-2015 годы [5], Государственной программы развития здравоохранения РК «Денсаулық» на 2016-2019 годы [6] и реализуемой в настоящее время Государственной программы развития здравоохранения РК на 2020-2025 годы [7].

В ходе их реализации была обновлена законодательная база здравоохранения [8], достигнуто заметное улучшение основных индикаторов здоровья населения; создана эффективная и устойчивая система здравоохранения через совершенствование организации, управления и финансирования медицинской помощи в Единой национальной системе здравоохранения; внедрены новые формы управления и финансирования, ориентированные на постоянное повышение качества медицинских услуг; проведена модернизация

Материалы и методы

При анализе основных показателей травматизма, смертности от него и как следствие – инвалидности среди основных групп населения в данной работе использованы дескриптивные (описательные) методы современной эпидемиологии. Изучение проблемы осуществлено на генеральной совокупности. Материалы были собраны и проанализированы по административно-территориальному делению (14 областей страны и города Нур-Султан, Алматы, Шымкент). В данной работе представлена структура травматизма трудоспособного населения, проведен сравнительный анализ показателей дорожно-транспортных происшествий (ДТП), повлекших гибель или ранение людей. Изучены возрастно-половые и

Результаты

Структура механических травм по локализации

Анализ частоты травм от механических повреждений по локализации показал, что около 74% приходится на травмы верхних (38%) и нижних (36%) конечностей, 13% - травмы головы, 6% - травмы грудной клетки и 5% - травмы живота, поясницы, поясничного отдела позвоночника и таза (рисунок 1).

Повреждения, возникающие при непроизводственных травмах разнообразны как по характеру, так и по локализации: на первое место выходят травмы верхних и нижних конечностей – 61%,

травматолого-ортопедической службы путем организации единственного в республике Национального научного центра травматологии и ортопедии имени академика Батпенова Н.Д. (прежнее название – Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии), создания на его базе Казахстанской ассоциации травматологов-ортопедов с филиалами в 9 областях республики, трех республиканских центров: эндопротезирования крупных суставов, артроскопии и спортивной травмы и патологии позвоночника.

Несмотря на проводимую работу, проблемные вопросы травматолого-ортопедической службы РК не теряют своей актуальности: высокий уровень травматизма, инвалидности и смертности от травм, отравлений и других воздействий внешних причин в регионах республики; низкая обеспеченность кадрами травматологами-ортопедами сельского населения ряда регионов республики, особенно на селе; недостаточное оснащение межрайонных травматологических отделений центральных районных (городских) больниц медицинским оборудованием и изделиями медицинского назначения для оказания экстренной травматологической помощи; низкий уровень реабилитации больных после перенесенных травм и ортопедических операций.

Сложившаяся ситуация по травматизму в РК ставит серьезные научные и практические задачи перед отечественной травматологией.

Цель исследования: провести сравнительную оценку возрастно-половых и территориальных показателей травматизма, инвалидности и смертности от травм в Республике Казахстан за 2019-2020 годы.

территориальные особенности инвалидности и смертности в результате травматизма.

Основными источниками информации при выполнении нашей работы были данные Республиканского центра электронного здравоохранения, Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам РК, Комитета правовой статистики и специальным учетам Генеральной Прокуратуры РК, а также данные Национального научного центра травматологии и ортопедии имени академика Батпенова Н.Д. Министерства здравоохранения РК за 2019-2020 годы [9,10].

на втором месте находятся травмы головы – 16%, на третьем – грудной клетки – 9%.

Анализ характера повреждений при непроизводственных травмах показал:

- при бытовых травмах преобладают переломы костей конечностей – 58%, затем – травмы головы – 14%, грудной клетки – 8%;
- при уличном травматизме травмы конечностей наблюдались в 60% случаев, травмы головы в 18%, грудной клетки – в 8%, живота, поясничного отдела позвоночника и таза – в 3%;

• при дорожно-транспортном травматизме на первое место выходят травмы головы – 26,6%, затем – травмы верхних и нижних конечностей – 45,9%, грудной клетки - 9%;

• травмы, полученные во время спортивных

занятий, встречаются не так часто. Наибольший удельный вес в этой группе занимают травмы шеи – 2,9%, травмы головы, верхних и нижних конечностей по 2,2%, травмы грудной клетки – 1,8%, травмы множественной локализации- 1,5%.

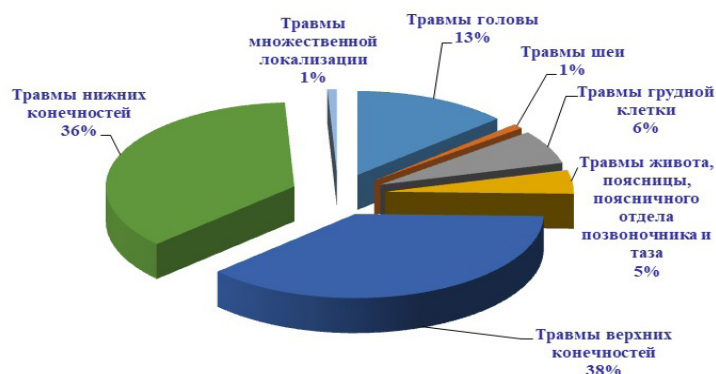


Рисунок 1 – Структура механических травм по локализации в 2020 году

Статистика дорожно-транспортного травматизма в Республике Казахстан

По данным Комитета по правовой статистике и специальным учетам Генеральной прокуратуры

РК, ежегодно происходит до 15 тыс. ДТП, в которых погибает до 2 тысяч и получают ранения более 17 тыс. человек (таблица 1).

Таблица 1 - Сведения о дорожно-транспортных происшествиях, повлекших гибель или ранение людей за 2019-2020 годы

Регионы	Абс.						на 100 тыс. населения					
	ДТП		Раненые		Погибшие		ДТП		Раненые		Погибшие	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
г. Нур-Султан	563	466	694	521	36	31	50,8	40,2	62,7	44,9	3,3	2,7
г. Алматы	4489	3245	5308	3807	161	84	238	166,7	281,5	195,5	8,5	4,3
г. Шымкент	324	322	409	406	77	76	31,7	30,5	40	38,4	7,5	7,2
Акмолинская	760	566	1098	876	105	104	103,8	76,9	148,8	119	14,2	14,1
Актюбинская	870	605	1173	801	110	99	99,4	68,1	134	90,2	12,6	11,1
Алматинская	2372	2150	3381	3162	503	379	115,9	104	165,1	153	24,6	18,3
Атырауская	307	232	424	274	65	69	48	35,6	66,3	42,1	10,2	10,6
ВКО	1302	946	1827	1308	154	109	94,8	69,2	133	95,7	11,2	8
Жамбылская	1223	942	1959	1411	183	164	108,4	83	173,7	124,4	16,2	14,5
ЗКО	394	338	546	456	125	82	60,2	51,3	83,4	69,2	19,1	12,4
Карагандинская	540	532	653	638	179	154	39,2	38,7	47,4	46,4	13	11,2
Костанайская	388	374	486	469	60	58	44,6	43,2	55,8	54,1	6,9	6,7
Кызылординская	581	507	677	582	135	88	72,7	62,7	84,7	71,9	16,9	10,9
Мангистауская	312	305	564	453	70	75	45,3	43	81,9	63,9	10,2	10,6
Павлодарская	779	705	1144	1097	69	65	103,5	93,8	151,9	146	9,2	8,6
СКО	269	238	358	315	30	37	48,8	43,6	64,9	57,7	5,4	6,8
Туркестанская	1141	1042	1479	1268	343	323	57	51,3	73,9	62,5	17,1	15,9
Всего	16614	13515	22180	17844	2405	1997	89,7	72,1	119,8	95,1	13	10,6

За 2020 год наблюдается снижение количества ДТП в РК с 16614 в 2019 году до 13515, число раненых - с 22180 в 2019 году до 17844, число погибших от дорожно-транспортных травм с 2405 в 2019 году до 1997. Высокие показатели частоты ДТП в расчете на 100 тыс. населения из числа пострадавших в них отмечены в г. Алматы, Жамбылской, Павлодарской и Алматинской областях.

Показатели инвалидности от травм в Республике Казахстан

В 2020 году число впервые признанных инвалидов вследствие травм всех локализаций уменьшилось и составило 4092 человек против 5249 в 2019 году, из них более 90% составляет взрослое

население. Доля лиц, имеющих группу инвалидности от дорожно-транспортных травм по РК осталась на уровне прошлого года и составила 7,4%.

В структуре первичной инвалидности вследствие травм доля инвалидов от дорожно-транспортного травматизма среди взрослого населения составил 7,4%, среди детского населения – 6,8%.

В 2020 году отмечалось снижение показателя первичной инвалидности населения от травм всех локализаций до 2,2 на 10 тыс. населения против 2,8 в 2019 году и от дорожно-транспортных травм до 0,16 против 0,21 в 2019 году (рисунок 2).

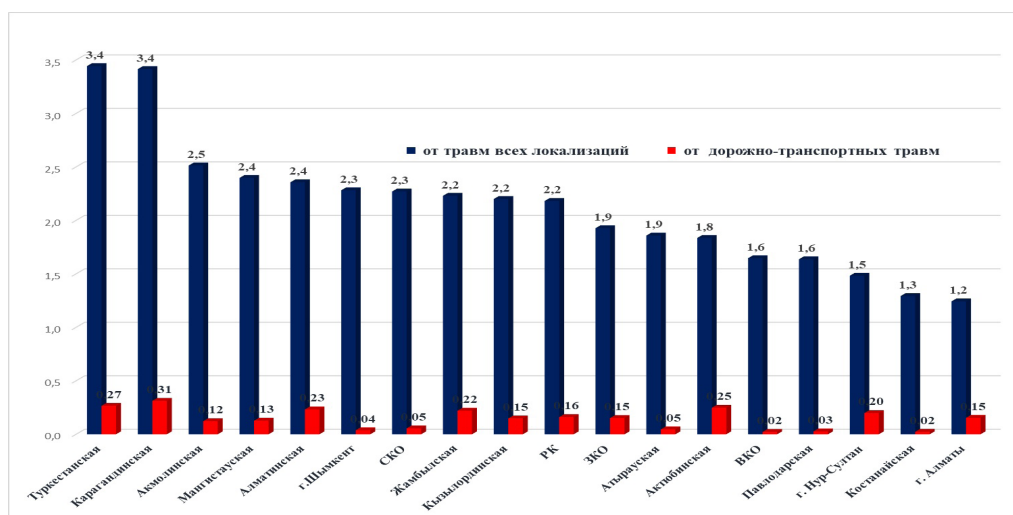


Рисунок 2 – Число впервые признанных инвалидов среди всего населения вследствие травм всех локализаций, в том числе вследствие дорожно-транспортных травм в 2020 году в разрезе регионов (на 10 тыс. населения)

Показатели смертности от травм в Республике Казахстан

Ежегодно в республике от несчастных случаев, травм и отравлений погибают более 10 тыс. человек и более 4 тыс. становится инвалидами.

В половозрастной структуре погибших в результате воздействия внешних причин 80% составляют лица трудоспособного возраста (18-64 лет), среди которых доля мужчин в 4-5 раза больше, чем женщин (рисунок 3).

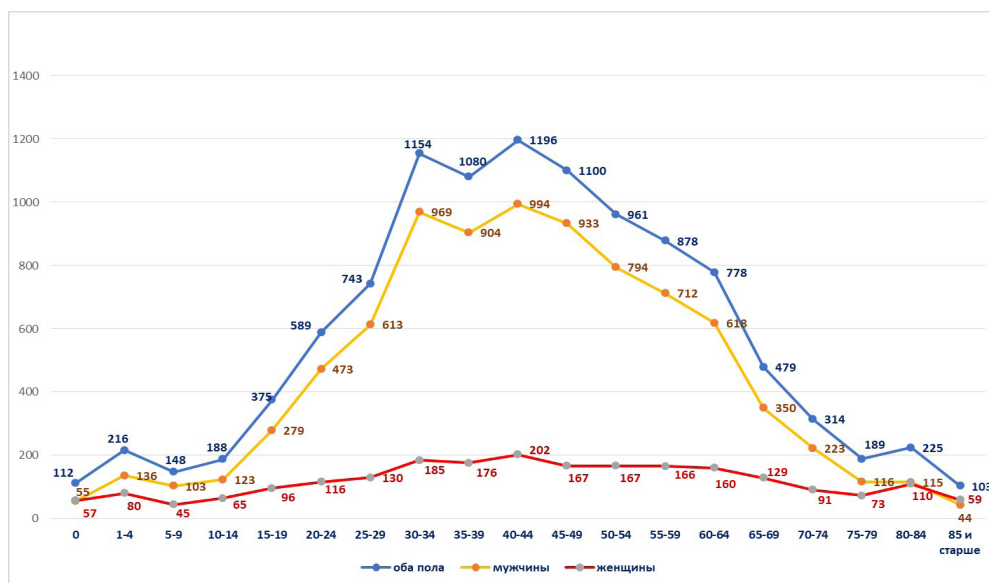


Рисунок 3 - Умершие от травм, отравлений и других воздействий внешних причин по полу и возрасту населения в 2020 году

Согласно данным Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам РК, структура смертности от воздействия внешних причин по полу на 100 тыс. соответствующего населения в 2020 году представлена следующим образом:

-самоубийства 11,44 на 100 тыс. населения (мужчины 19,79 на 100 тыс. населения; женщины 3,57%);

- транспортные несчастные случаи 11,39 на 100 тыс. населения (мужчины 17,74%, женщины 5,4%);

- убийства 3,59 на 100 тыс. населения (мужчины 6,03%; женщины 1,28%) (рисунок 4).

Обращает на себя внимание, что в структуре смертности преобладает смертность среди

сельского населения (где, на 1 месте – транспортные несчастные случаи 15,04% - что выше смертности среди городского населения в 1,8 раз; на втором – самоубийства 13,47% - что выше смертности среди городского населения в 1,2 раза) (рисунок 5).

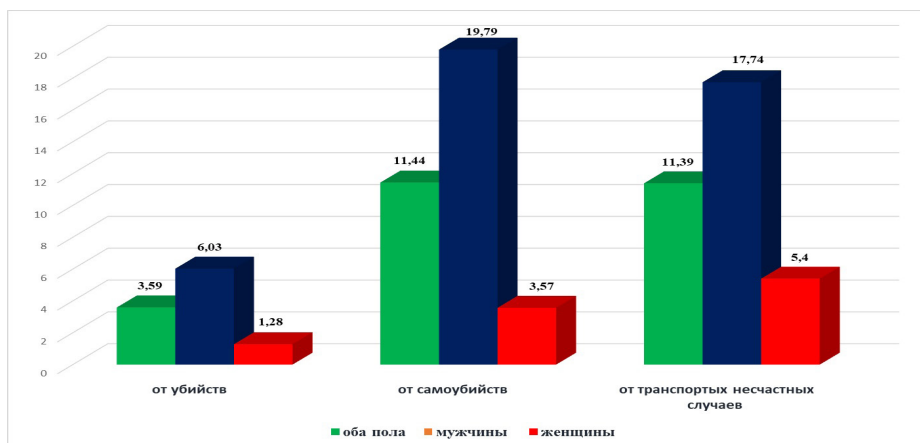


Рисунок 4 – Смертность от воздействия внешних причин по полу на 100 тысяч соответствующего населения в 2020 году

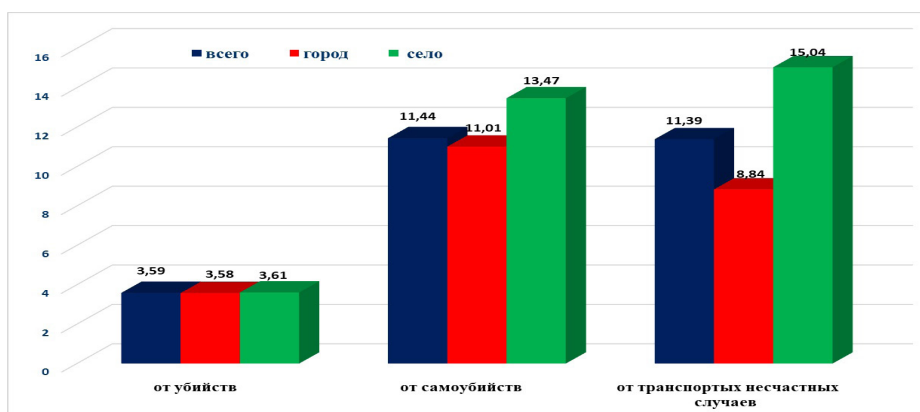


Рисунок 5 – Структура смертности от воздействий внешних причин в разрезе городского и сельского населения в 2020 году (на 100 тысяч населения)

В 2020 году показатель смертности от несчастных случаев, травм и отравлений снизился и составил 57,76% против 65,35% в 2019 году. При общей тенденции к снижению отмечается высокий уровень данного показателя в Восточно-Казахстанской, Северо-Казахстанской, Павлодарской, Костанайской, Актюбинской, Карагандинской и Западно-Казахстанской областях.

В структуре смертности от воздействия внешних причин в 2020 году отмечается снижение показателя смертности от убийств до 3,59% против 4,2% в 2019 году, от самоубийств до 11,44% против 12,82% в 2019 году и от транспортных несчастных случаев до 11,9% против 14,56% в 2019 году.

Высокие показатели смертности от убийств отмечается в Актюбинской (7,26%), Актюбинской

(6,93%), Костанайской (6,0%), Карагандинской (5,81%) и Северо-Казахстанской (4,94%) областях.

Высокий уровень смертности от самоубийств отмечается в Костанайской (23,66%), Актюбинской (26,49%), Западно-Казахстанской (18,81%), Северо-Казахстанской (16,84%) и Карагандинской (17,22%) областях.

Высокий уровень смертности от транспортных несчастных случаев отмечается в Актюбинской (16,45%), Туркестанской (16,4%), Жамбылской (15,07%), Атырауской (14,59%), Западно-Казахстанской (13,35%) и Карагандинской (13,08%) областях. В сравнении с 2019 годом отмечается рост данного показателя в Атырауской, Костанайской, Мангистауской и Северо-Казахстанской областях.

Обсуждение

В последние годы особую актуальность приобретает дорожно-транспортный травматизм вследствие увеличения парка транспортных средств, интенсивного развития промышленности и высотного строительства, что повлекло за собой изменение характера и локализации повреждений и значительному росту тяжелой множественной и сочетанной травмы [3]. При таких повреждениях от 60 до 70% пострадавших госпитализируются в состоянии шока, и половина из них умирает в первые сутки госпитализации. Более чем половине

пострадавших (63%) в условиях сельских районов не оказывается полный объем травматологической помощи [11,12].

В хирургической практике существует понятие «золотого часа», в течение которого мобилизуются компенсаторные возможности, поддерживающие основные витальные функции организма. В течение этого времени своевременно оказанная медицинская помощь снижает летальность от травм на 15-17% [13,14].

В условиях Республики Казахстан это осложняется низкой плотностью населения, большой протяженностью расстояния и удаленностью от районных центров, плохим качеством сельских дорог и недостаточной укомплектованностью врачами районных больниц и врачебных амбулаторий [15].

Вместе с тем опыт ряда стран, в том числе и Казахстана показывает, что «издержки цивилизации» вполне преодолимы [16-19]. Повышение внимания к этой проблеме может в будущем привести к значительному снижению уровня смертности и травматизма.

Год 30-летия Независимости Республики Казахстан ознаменовался для медицинской

Выводы

Поддержка Правительства Республики Казахстан, межведомственный подход, использование мирового опыта и многочисленных современных достижений в области профилактики травматизма, усилия и пропагандистская деятельность специалистов здравоохранения и других заинтересованных ведомств, позволят стабилизировать обстановку по травматизму и снизить его уровень, предотвратить многие случаи гибели и инвалидизации в результате травм.

Литература

1. Wijnen W. Socio-economic costs of road crashes in middle-income countries: Applying a hybrid approach to Kazakhstan. *IATSS research*, 2021; 45(3): 293-302. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2020.12.006>.
2. Kudryavtsev S.S., Yemelin P.V., Yemelina N.K. The development of a risk management system in the field of industrial safety in the Republic of Kazakhstan. *Safety and health at work*, 2018; 9(1): 30-41. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2017.06.003>.
3. Абдрахманова З.Б., Булешов М.А., Гржибовский А.М., Молдалиев И.С., Булешова А.М. Актуальные проблемы травматизма среди населения Республики Казахстан // *In International Scientific and Practical Conference World science. - 2018. - №5(6). - С.34-37.*
4. *Abdrahmanova Z.B., Buleshov M.A., Grzhibovskij A.M., Moldaliev I.S., Buleshova A.M. Aktual'nye problemy travmatizma sredi naselenija Respubliki Kazahstan (Actual problems of injuries among the population of the Republic of Kazakhstan) [in Russian]. In International Scientific and Practical Conference World science. 2018; 5(6): 34-37.*
4. *Постановление Правительства Республики Казахстан: Об утверждении Государственной программы реформирования и развития здравоохранения Республики Казахстан на 2005-2010 годы: утв. 13 сентября 2004 года, №1438.*
5. *Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan: Ob utverzhenii Gosudarstvennoi programmy reformirovaniia i razvitiia zdravookhraneniia Respubliki Kazahstan na 2005-2010 gody (Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan: On approval of the State program of reforming and development of healthcare of the Republic of Kazakhstan for 2005-2010) [in Russian]: utv. 13 sentiabria 2004 goda, № 1438.*
5. *Постановление Правительства Республики Казахстан. Об утверждении Государственной программы развития здравоохранения Республики Казахстан «Саламатты Қазақстан» на 2011-2015 годы: утв. 29 ноября 2010 года, № 1113.*
6. *Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan. Ob utverzhenii Gosudarstvennoi programmy razvitiia zdravookhraneniia Respubliki Kazahstan "Salamatty Қазақстан" na 2011-2015 gody (Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan. On approval of the State program for the development of health care of the Republic of Kazakhstan "Salamatty Kazakhstan" for 2011 - 2015) [in Russian]: utv. 29 noiabria 2010 goda, №1113.*
6. *Постановление Правительства Республики Казахстан. Об утверждении Государственной программы развития здравоохранения Республики Казахстан «Денсаулық» на 2016 - 2019 годы и внесении дополнения в Указ Президента Республики Казахстан от 19 марта 2010 года, № 957 Об утверждении Перечня государственных программ: утв. 15 января 2016 года, №176. Утратил силу Указом Президента Республики Казахстан от 19 апреля 2019 года, №29.*
7. *Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan. Ob utverzhenii Gosudarstvennoi programmy razvitiia zdravookhraneniia Respubliki Kazahstan "Densaulық" na 2016 - 2019 gody i vnesenii dopolneniia v Ukaz Prezidenta Respubliki Kazahstan ot 19 marta 2010 goda, № 957 Ob utverzhenii Perechnia gosudarstvennykh programm (Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan. On the approval of the State Program for the Development of Healthcare of the Republic of Kazakhstan "Densaulыk" for 2016 - 2019 and the introduction of an amendment to the Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated March 19, 2010, No. 957 On approval of the List of State Programs) [in Russian]: utv. 15 ianvaria 2016 goda, №176. Utratil silu Ukazom Prezidenta Respubliki Kazahstan ot 19 apreliia 2019 goda, № 29.*
7. *Постановление Правительства Республики Казахстан. Об утверждении Государственной программы развития здравоохранения Республики Казахстан на 2020 – 2025 годы: утв. 26 декабря 2019 года, № 982.*
7. *Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan. Ob utverzhenii Gosudarstvennoi programmy razvitiia*

общественности важным событием. Исполнилось 20 лет со дня создания в республике Национального научного центра травматологии и ортопедии имени академика Батпеннова Н.Д., который приобрел статус республиканского координационного научно-методического центра травматологии.

В «Стратегии развития Казахстана-2030» среди долгосрочных приоритетов определены сохранение здоровья населения, к числу которых относится программа профилактики и снижения травматизма [20].

Основные показатели травматизма, смертности от него и как следствие – инвалидности среди основных групп населения Республики Казахстан, полученные в ходе ежегодного мониторинга состояния и анализа динамики имеют тенденцию к снижению.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

zdravookhraneniia Respubliki Kazakhstan na 2020 – 2025 godu (Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan. On approval of the State Program for the Development of Healthcare of the Republic of Kazakhstan for 2020 - 2025) [in Russian]: utv. 26 dekabria 2019 goda, № 982.

8. Кодекс Республики Казахстан. О здоровье народа и системе здравоохранения: принят 7 июля 2020 года, № 360-VI ЗРК.

Kodeks Respubliki Kazakhstan. O zdorov'e naroda i sisteme zdravookhraneniia (Code of the Republic of Kazakhstan. About people's health and the health care system) [in Russian]: printat 7 iulija 2020 goda, № 360-VI ZRK.

9. Бермагамбетова Г.Н., Джаксыбекова Г.К., Исаков Е.С. Основные показатели травматолого-ортопедической помощи населению Республики Казахстан в 2019 году: сборник/сост.: – Нур-Султан: ДАМЕ. – 2020. – 85 с.

Bermagambetova N., Dzhaksybekova G.K., Isakov E.S. Osnovnye pokazateli travmatologo-ortopedicheskoi pomoshchi naseleniiu Respubliki Kazakhstan v 2019 godu (The main indicators of traumatological and orthopedic care to the population of the Republic of Kazakhstan in 2019) [in Russian]: sbornik/sost.: G. Nur-Sultan: DAME. 2020: 85 p.

10. Бермагамбетова Г.Н., Джаксыбекова Г.К. Основные показатели травматолого-ортопедической помощи населению Республики Казахстан в 2020 году. Статистический сборник. – Нур-Султан. – 2021. – 85 с.

Bermagambetova G.N., Dzhaksybekova G.K. Osnovnye pokazateli travmatologo-ortopedicheskoi pomoshchi naseleniiu Respubliki Kazakhstan v 2020 godu (The main indicators of traumatological and orthopedic care for the population of the Republic of Kazakhstan in 2020) [in Russian]. Statisticheskii sbornik. Nur-Sultan, 2021: 85 p.

11. Zharmukhambetov E.A. Fundamentals of standardization of traumatology-orthopedic care to the population of Kazakhstan Republic // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко. – 2015. - №2. – С.86-90.

Zharmukhambetov E.A. Fundamentals of standardization of traumatology-orthopedic care to the population of Kazakhstan Republic [in English]. Bjulleten' Nacional'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta obshhestvennogo zdorov'ja imeni N.A. Semashko. 2015; 2: 86-90.

12. Каусова Г.К., Мусаева Н.Н. Оптимизация организации работы приемного отделения многопрофильного стационара при экстренных обращениях травматологических пациентов // Вестник Казахского национального медицинского университета. – 2017. – №1. – С.496-499.

Kausova G.K., Musaeva N.N. Optimizacija organizacii raboty priemnogo otdelenija mnogoprofil'nogo stacionara pri jekstrennyh obrashhenijah travmatologicheskikh pacientov (Optimization of the organization of the work of the admission department of a multidisciplinary hospital for emergency applications of trauma patients) [in Russian]. Vestnik Kazahskogo nacional'nogo medicinskogo universiteta. 2017; 1: 496-499.

13. Newgard C.D., Schmicker R.H., Hedges J.R., Trickett J.P., et al. Resuscitation Outcomes Consortium Investigators. Emergency medical services intervals and survival in trauma: assessment of the "golden hour" in a North American prospective cohort. *Annals of emergency medicine*, 2010; 55(3): 235-246. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2009.07.024>.

14. Lerner E.B., Moscatti R.M. The golden hour: scientific fact or medical "urban legend"? *Acad Emerg Med*. 2001; 8: 758-760. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2001.tb00201.x>.

15. Жаканова Л.К., Адил А., Бекбосынов М.Ж., Имашева А.Г. Дорожно-транспортные травмы. Анализ обеспечения качества медицинской помощи // Интернаука, 2021. - №18-1. - С. 66-68.

Zhakanova L.K., Adil A., Bekbosynov M.Zh., Imasheva A.G. Dorozhno-transportnye travmy. Analiz obespechenija kachestva medicinskoj pomoshhi (Road traffic injuries. Health care quality assurance analysis) [in Russian]. Internauka, 2021; 18-1: 66-68.

16. Kraemer J.D. Urbanization and unintentional injury in low-and middle-income countries. In *Innovating for Healthy Urbanization* Springer, Boston, MA. 2015: 209-244. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7597-3_10.

17. Li L.P. Urbanization and Road Traffic Injury in China. In *Urbanization and in Public Health China*, 2016: 87-102. https://doi.org/10.1142/9781783268559_0005.

18. Pu H., Li B., Luo D., Wang S., et al. Impact of urbanization factors on mortality due to unintentional injuries using panel data regression model and spatial-temporal analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020; 27(3): 2945-2954. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07128-0>.

19. Burrows S., Auger N., Gamache P., Hamel D. Leading causes of unintentional injury and suicide mortality in Canadian adults across the urban-rural continuum. *Public Health Reports*, 2013; 128(6): 443-453.

20. Послание Президента Республики Казахстан - Лидера Нации Н.А. Назарбаева народу Казахстана. Стратегия «Казахстан-2050»: новый политический курс состоявшегося государства. г. Астана, 14 декабря 2012 года.

Poslanie Prezidenta Respubliki Kazahstan - Lidera Nacii N.A. Nazarbaeva narodu Kazahstana. Strategija «Kazahstan-2050»: novyj politicheskij kurs sostojavshegosja gosudarstva (Message of the President of the Republic of Kazakhstan - Leader of the Nation N.A. Nazarbayev to the people of Kazakhstan. Strategy "Kazahstan-2050": a new political course of an established state) [in Russian]. g. Astana, 14 dekabrja 2012 goda.

Қазақстан Республикасындағы жарақаттанушылық, жарақат салдарынан болған өлім-жітім және мүгедектіктің 2019-2020 жылдардағы көрсеткіштері

Жақсыбекова Г.К.¹, Бермағамбетова Г.Н.²

¹ Дипломнан кейінгі білім бөлімінің доценті, Академик Батпенев Н.Ж. атындағы Ұлттық ғылыми травматология және ортопедия орталығы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан. E-mail: g.jaxybekova@mail.ru

² Академик Батпенев Н.Ж. атындағы Ұлттық ғылыми травматология және ортопедия орталығының аға ғылыми қызметкері, Нұр-Сұлтан, Қазақстан. E-mail: bgazima@mail.ru

Түйіндеме

Зерттеудің мақсаты: Қазақстан Республикасындағы жарақаттанушылық, жарақат салдарынан болған өлім-жітім және мүгедектіктің 2019-2020 жылдардағы көрсеткіштерінің аймақтық және жыныстық ерекшеліктерін талдау.

Әдістері. Жұмыста Қазақстан Республикасының Бас прокуратурасының, Денсаулық сақтау министрлігінің және басқа да ведомстволарының 2019-2020 жылдар аралығындағы тіркеу формалары қолданылды.

Нәтижесі. Жарақаттанушылық көрсеткіштері 2019 жылмен салыстырғанда 2020 жылы 3,9%-ға төмендеген, бұл көрсеткіштер қала тұрғындарының ішінде жоғарырақ екені байқалады. Жарақат салдарынан болған біріншілікті мүгедектік жалпы жарақаттанушылық бойынша 2020 жылы 10 мың тұрғынға шаққанда 2,2-ге төмендеді (2019 жыл - 2,8). Ал жол-көлік оқиғалары жарақаттарының салдарынан болған мүгедектік 2020 жылы 10 мың тұрғынға шаққанда 0,16-ға дейін төмендеді (2019 жылы - 0,21). Сонымен қатар, 2020 жылы қайғылы оқиғалардан, жарақаттар мен уланулардан болған өлім-жітім саны 65,35%-дан (2019 жыл) 57,76% дейін төмендеген.

Қорытынды. Жыл сайынғы бақылау нәтижесі Қазақстан Республикасы тұрғындарының арасындағы жарақаттанушылық, жарақат салдарынан болған өлім-жітім және мүгедектік көрсеткіштерінің төмендеу тенденциясы бар екенін көрсетті.

Түйін сөздер: жарақаттанушылық, жарақаттанушылық көрсеткіштері, жарақат салдарынан болған өлім-жітім, жарақат салдарынан болған мүгедектік.

Indicators of Injuries, Disability and Mortality from Injuries in the Republic of Kazakhstan for 2019-2020

Galina Jaxybekova ¹, Gaziza Bermagambetova ²

¹ Associate Professor of the Department of Postgraduate Education, National Scientific Center of Traumatology and Orthopaedics named after Academician Batpenov N.D., Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: g.jaxybekova@mail.ru

² Senior Researcher, National Scientific Center of Traumatology and Orthopaedics named after Academician Batpenov N.D., Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: bgazima@mail.ru

Abstract

Purpose of research: to conduct a comparative assessment of age-sex and territorial indicators of injuries, disability and mortality from injuries in the Republic of Kazakhstan for 2019-2020.

Methods. The work used data from official statistics of the Bureau of National Statistics, reporting and accounting forms of the General Prosecutor's Office, the Ministry of Health and other departments of the Republic of Kazakhstan for 2019-2020.

Results. The injury rate in 2020 is 3.9% less than in 2019, the injury rate is much higher in the urban population. A decrease in the rate of primary disability of the population from injuries of all to 2.2 per 10 thousand of the population in 2020 against 2.8 in 2019 and from road traffic injuries to 0.16 in 2020 was revealed against 0.21 in 2019. In 2020, the mortality rate from accidents, injuries and poisoning decreased and amounted to 57.76% against 65.35% in 2019.

Conclusions. The main indicators of injuries, mortality from it and, as a result, disability among the main population groups of the Republic of Kazakhstan, obtained in the course of annual monitoring of the state and analysis of dynamics, tend to decrease.

Key words: injuries, injury rates, consequences of external causes, mortality from injuries, disability from injuries.

<https://doi.org/10.52889/1684-9280-2021-4-60-39-45>

УДК 616:579.61; 579.083.13; 579.61/.62; 616.7

МРНТИ: 76.03.43; 34.27.51; 34.27.29; 76.29.40

Оригинальная статья

Динамика резистентности золотистого стафилококка, выделенного от пациента с неспецифическим остеомиелитом

Плиска Н.Н.

Заведующая бактериологической лабораторией, Национальный научный центр травматологии и ортопедии имени Академика Н.Д. Батпеннова, Нур-Султан, Казахстан. E-mail: Pliska6363@mail.ru

Резюме

Целью данного исследования явилось изучение основного возбудителя остеомиелита и его чувствительности к некоторым группам антимикробных препаратов.

Методы. Ретроспективно проанализированы данные количественного бактериологического исследования биоматериала из раневого отделяемого пациентов с хроническим остеомиелитом, пролеченных на базе Национального научного центра травматологии и ортопедии имени академика Батпеннова Н.Д. за 2017-2020 годы. Всего за четыре года проведено 3634 бактериологических исследований.

Результаты исследования показали, что в этиологии остеомиелитов лидирует *Staphylococcus aureus*. Чувствительность *Staphylococcus aureus* сохранена к цефалоспорином III-IV поколения, фторхинолонам, аминогликозидам, карбапенемам и ванкомицину.

Выводы. Группа трициклических гликопептидов может использоваться в качестве резервного применения в случаях выявления метициллин-устойчивого золотистого стафилококка у пациентов с неспецифическим остеомиелитом.

Ключевые слова: неспецифический остеомиелит, этиология остеомиелита, бактериологическое исследование, золотистый стафилококк, антибиотикочувствительность, антибиотикорезистентность.

Corresponding author: Natalya Pliska, Head of the bacteriological laboratory of National Scientific Center of Traumatology and Orthopaedics named after Academician Batpenov N.D., Nur-Sultan, Kazakhstan, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Postal code: Z00P5Y4

Address: Kazakhstan, Nur-Sultan, ave. Abylai Khan 15 a

Phone: +7702 533 88 90

E-mail: Pliska6363@mail.ru

J Trauma Ortho Kaz 2021; 4 (60): 39-45

Received: 02-09-2021

Accepted: 18-10-2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Открытие антибиотиков достигло пика в 1950-х годах, но затем резко упало к 1980-м. Сегодня каждый антибиотик в клиническом применении основан на открытии, сделанном более 30 лет назад, за последнее время не открыто ни одной новой группы. Бесконтрольное и доступное применение антибиотиков в течение нескольких десятилетий привело к развитию резистентности во всем мире [1-5].

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) давно бьет тревогу по поводу постоянно увеличивающейся резистентности микробов. В 2001 году была объявлена «Глобальная стратегия ВОЗ» в отношении сдерживания потребления антибиотиков в мире [6]. Однако за последние 15 лет нерациональное использование антибиотиков не только не остановилось, но и возросло в связи с чем в 2015 году проводились всемирные недели правильного использования антибиотиков. ВОЗ выдвинула стратегические задачи по ликвидации устойчивости микроорганизмов [7]. В 2016 году на сессии Генеральной ассамблеи Организации Объединенных Наций, где собрались главы государств, было принято решение развернуть широкую скоординированную деятельность по борьбе с антибиотикорезистентностью и подтвердили свою решимость разработать Национальный план действий по решению данного вопроса [8].

В 2017 году ВОЗ заявила, что имеющиеся в настоящее время лекарственные вещества – это только модификация старых, поэтому они не дают длительный эффект сдерживания резистентности, поэтому рекомендовала все странам инвестировать

Материалы и методы

Проведен ретроспективный анализ изучения биоматериала пациентов с хроническим остеомиелитом, пролеченных на базе Национального научного центра травматологии и ортопедии имени Академика Батпеннова Н.Д. (прежнее наименование – Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии) за 2017-2020 годы.

Объектом исследования послужили мазки из раневого отделяемого, свищевого канала, а также биоматериала, отобранного после оперативного вмешательства при повторной ревизии сустава или его замене.

В 2017 году проведено 966 исследований биоматериала с данной нозологической формой, из них отрицательных результатов получено 13, что составляет 1,3%. В 2018 году проведено 967 исследований, выявлено 310 (32%) отрицательных результатов; в 2019 году всего проведено 963 исследований, из них отрицательных результатов - 93 (9,6%); в 2020 году проведено 738 исследований, из них отрицательных результатов - 67 (9,07%). В 2017 году стафилококков всех видов выделено – 712 (74,71%), в 2018 году - 461 (70,1%), в 2019 году – 434 (59,5%), в 2020 году – 339 (63,2%) от общего количества всей идентифицированной микрофлоры.

Биоматериал изучался общепринятыми методами и обязательно подвергался количественному бактериологическому исследованию. Первичный посев биоматериала проводили на различные питательные среды, окраску мазков проводили

средства в разработку новых антибиотиков [9]. Соединенные Штаты Америки ежегодно тратят по 800 млн. долларов на разработку препаратов против туберкулеза, при этом 250 тыс. людей погибают от этого недуга [10].

Казахстан также начал вести активную борьбу против антибиотикорезистентности. В декабре 2018 года принята «Дорожная карта по реализации мероприятий по сдерживанию устойчивости к противомикробным препаратам на 2019-2022 годы» [11].

Однако широкое распространение антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов происходит вследствие снижения иммунной резистентности макроорганизма при длительном его лечении антимикробными препаратами, а также из-за допущенных ошибок при лечении. Чаще всего наблюдается нарушение сроков применения, число которых доходит до 35 % [12-14].

К сожалению, в настоящее время отсутствуют сравнительные исследования на большой группе пациентов, направленные на анализ эффективности лечения остеомиелитов с применением тех или иных алгоритмов лечения. Во многом это объясняется наличием множества факторов, влияющих на развитие и течение инфекционного процесса.

Целью нашего исследования явилось изучение основного возбудителя остеомиелита и его чувствительности к некоторым группам антимикробных препаратов.

по Граму. Идентификацию выделенных микроорганизмов проводили классическим бактериологическим методом по изучению морфологических, культуральных и биохимических свойств. Антибиотикочувствительность выделенных штаммов определяли методом стандартных дисков в соответствии с клиническими рекомендациями [15,16]. Полученные данные обработаны методом вариационной статистики.

Исследование проведено с соблюдением принципов Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы медицинских исследований с участием человека в качестве их объекта», принятой 64-й Генеральной Ассамблеей WMA, Форталеа, Бразилия, октябрь 2013 года [17].

Предварительные полученные результаты данного исследования (результаты анализа данных за 2017-2018 гг.) ранее были опубликованы в журнале «Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований» [18]. Данные, представленные в настоящей рукописи являются окончательными результатами завершенного исследования и представляют собой сравнительный анализ 4-х летнего наблюдения (2017-2020 гг.).

Результаты

За изучаемый период из раневого отделяемого пациентов с хроническим остеомиелитом было выделено 23 вида микроорганизмов, однако ведущую роль в послеоперационных осложнениях сыграли 4 основных вида: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus spp.* (все выделенные стафилококки кроме

золотистого) *epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *E. Coli*, что представлено в таблице 1.

Выделение ведущего возбудителя - *Staphylococcus aureus* из раневого отделяемого пациентов в 2017 году составило - 44,7%, в 2018 году - 50,5%, 2019 году - 42,5%, 2020 году - 45,6%.

Таблица 1 - Основные возбудители остеомиелита за 2017 – 2020 годы

Наименование микроорганизмов	2017 год		2018 год		2019		2020 год		Всего	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
<i>Staphylococcus aureus</i>	426	44,7	332	50,5	310	42,5	246	45,6	1314	46
<i>Staphylococcus spp</i>	286	30,01	129	19,6	124	17	93	17,6	632	22,1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	90	9,4	82	12,5	77	10,5	73	13,8	322	11,3
<i>Escherichia coli</i>	42	4,4	37	5,6	35	4,8	9	1,7	123	4,3
Другие микроорганизмы	109	11,49	77	11,8	170	23,3	107	21,3	463	16,3
Итого	953		657		716		528		2854	

Уровень резистентности антибактериальных препаратов рассмотрена на примере таблицы 2. Анализ резистентности основных антибиотиков, которые были использованы в работе лаборатории, показал высокий ее уровень к *Staphylococcus aureus* у β -лактамов антибиотиков в частности у пенициллинов, а именно первого его представителя - оксациллина, и в динамике наблюдались следующие показатели: за 2017 год - 19%, за 2018 год - 31%, за 2019 год - 13,7% и за 2020 год - 38,7%. Показатели устойчивости второго представителя пенициллинового ряда - ампициллина распределились в следующих пределах: за 2017 год - 68,1%, за 2018 год - 72%, за 2019 год - 65,3% и за 2020 год - 69,4%.

Далее изучена резистентность трех представителей другой группы β -лактамов антибиотиков - цефалоспоринов. Золотистый стафилококк был резистентным к цефалоспорином

I-поколения - цефазолину в следующих пределах: за 2017 год - 14,7%, за 2018 год - 16,6%, за 2019 год - 8,3% и за 2020 год - 8,4%. По второму представителю цефалоспоринов II поколения - цефокситину: (данный антибиотик является тестовым по определению MRSA (methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* - метициллин-устойчивый золотистый стафилококк)) в 2017 году - 1,9%, в 2018 году - 3%, в 2019 году - 5,3%, а в 2020 году - 7%. Резистентность цефалоспоринов III-поколения - цефтриаксона была зафиксирована в следующих пределах: в 2017 году - 7,7%, в 2018 году - 8,9%, в 2019 году - 4,8%, в 2020 году - 8,6%.

Еще одна группа β -лактамов антибиотиков была протестирована на группе карбапенемов - его представителе имипенеме, который является антибиотиком резерва. При этом в 2017 году его резистентность не наблюдалась, однако выявлена нарастающая до 3% резистентность в 2020 году.

Таблица 2 - Антибиотикочувствительность *Staphylococcus aureus* за 2017-2020 годы

Антибиотики	годы								Итого	
	2017 год		2018 год		2019 год		2020 год			
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Оксациллин	200	19	200	31	210	13,7	160	38,7	770	25,6
Ампициллин	47	68,1	100	72	210	65,3	220	69,4	577	68,7
Ванкомицин	100	0	300	0	289	0	260	0	949	0
Цефазолин	292	14,7	325	16,6	289	8,3	260	8,4	1166	12
Цефтриаксон	292	7,7	325	8,9	289	4,8	150	8,6	1056	7
Цефокситин	210	1,9	300	3	219	5,3	200	7	929	3,8
Левифлоксацин	200	4	300	5	210	4,3	260	6,2	970	4,4
Гентамицин	200	10	325	10,5	259	4,7	260	8,2	1044	7,4
Имипенем	100	0	200	1	210	1,9	260	3	770	1,5
Всего	292		325		310		246		1173	

В группе фторхинолонов резистентность была изучена на препарате левифлоксацин. В 2017 году чувствительность к нему была у 4% штаммов и в 2018 году она увеличилась до 5%, 2019 году незначительно снизилась до 4,3%, а в 2020 году увеличилась до 6,2%.

Следующая группа антибиотиков, к которым была изучена устойчивость золотистого стафилококка - аминогликозиды. Резистентность изучалась на

его представителе - гентамицине. К гентамицину проявилась устойчивость в 10% случаев в 2017 году, в 2018 году - 10,5%, в 2019 году - 4,7% и в 2020 году - 8,2%.

Стабильно высокой и неизменной 100% чувствительность *Staphylococcus aureus* была в течение первых двух лет в группе трициклических гликопептидов, которая представлена одним препаратом - ванкомицином, что доказывает его редкое

т.е. резервное применение в случаях выявления MRSA. На протяжении всего периода наблюдения (2017-2020 гг.) у наших пациентов, данный препарат не приобрел резистентность. На рисунке 1 представлены

средние значения антибиотикорезистентности к золотистому стафилококку за изучаемый период.

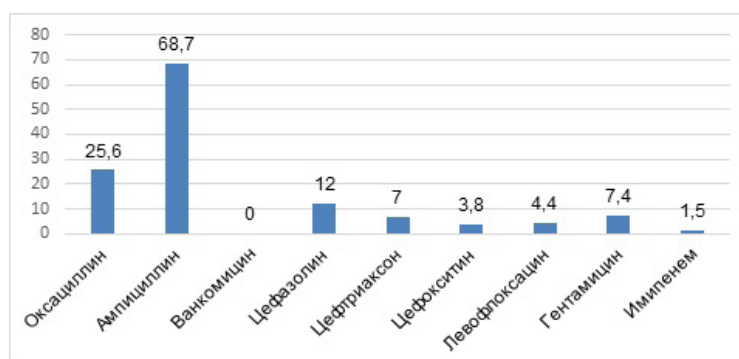


Рисунок 1 - Средние значения резистентности антибиотикограммы к *Staphylococcus aureus* за 2017-2020 годы

Обсуждение

Таким образом, наши результаты подтвердили ведущее значение золотистого стафилококка в этиологии возникновения хронических остеомиелитов у взрослых.

Мониторинг резистентности золотистого стафилококка к антибактериальным препаратам необходимо для назначения рациональной антибактериальной терапии пациентам с остеомиелитами, а также с целью разработки протоколов эмпирической антибактериальной терапии [19-23].

Прослеживая динамику резистентности золотистого стафилококка, выделенного у больных с хроническим остеомиелитом за 2017-2020 годы, можно предположить, что эмпирическое лечение цефалоспорины возможно, за исключением препаратов I поколения. Предпочтительны цефалоспорины II и III поколений, к которым стабильно сохраняется высокая чувствительность и низкая резистентность.

Левофлоксацин не может быть использован в качестве препарата эмпирической терапии, так как к нему сохраняется стабильно низкая резистентность - 4,4%.

Аминогликозид - гентамицин сохранил стабильно низкую резистентность в течение четырех исследуемых лет, что доказывает возможность их применения в эмпирической терапии.

Штаммы были восприимчивы ко всем антибиотикам в соответствии с руководящими принципами тестирования чувствительности

Выводы

Таким образом, результаты исследования показали, что в этиологии остеомиелитов лидирует *Staphylococcus aureus*. Установлено, что чувствительность *Staphylococcus aureus* сохранена к цефалоспорины III-IV поколения, фторхинолонам, аминогликозидам, карбапенемам и ванкомицину.

Группа трициклических гликопептидов может использоваться в качестве резервного применения в случаях выявления метициллин-устойчивого золотистого стафилококка у пациентов с неспецифическим остеомиелитом.

Европейского комитета по тестированию чувствительности к противомикробным препаратам (EUCAST) [24], кроме пенициллинов.

Изоляты *Staphylococcus aureus* показали наиболее низкую устойчивость к имипенему 0-3%, фторхинолону (левофлоксацину) - 4-6,2%, аминогликозиду (гентамицину) - 4,7-10,5%.

Ванкомицин может быть использован при выявлении MRSA, что указано в рекомендациях EUCAST [25].

Цефалоспорины II-III поколения могут использоваться при лечении, показатели их резистентности составляют 4,8-8,9%, чего нельзя сказать про цефалоспорины I поколения, их использование целесообразно только после бактериологического исследования.

Из всех исследуемых антибактериальных препаратов самой высокой резистентностью в отношении *Staphylococcus aureus* обладали пенициллины: ампициллин (резистентны 68,7% штаммов) и оксациллин (резистентны 25,6% штаммов).

Существенное влияние на исход лечения могут оказывать состояние пациента (сопутствующая патология, вредные привычки и т.д.), характер возбудителя (вид), резистентность к антибиотикам, оснащённость лечебного учреждения (аппаратура и инструментарий для операционной, лаборатории), квалификация хирурга, клинического микробиолога, специалиста по инфектологии и клинического фармаколога.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Данное исследование является инициативной работой автора и не имеет источников финансирования.

Благодарность. Автор выражает благодарность коллективу Национального научного центра травматологии и ортопедии имени академика Батпеннова Н.Д., в том числе лаборантам бактериологической лаборатории за оказанное содействие в проведении данного исследования.

Литература

1. Silver L.L., Bostian K.A. Discovery and development of new antibiotics: the problem of antibiotic resistance. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 1993; 37(3): 377-383.
2. Renwick M.J., Brogan D.M., Mossialos E.A. Systematic review and critical assessment of incentive strategies for discovery and development of novel antibiotics. *The Journal of antibiotics*, 2016; 69(2): 73-88. <https://doi.org/10.1038/ja.2015.98>.
3. Zhussupova G., Utepova D., Orazova G., Zhaldybayeva S. et al. Evaluation of Antibiotic Use in Kazakhstan for the Period 2017–2019 Based on WHO Access, Watch and Reserve Classification (AWaRe 2019). 2021; *Antibiotics*: 10(1): 58. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10010058>.
4. Yoshikawa Y., Feldhaus I., Özçelik E., Hashiguchi T.C.O., Cecchini M. Financial strategies targeting healthcare providers to promote the prudent use of antibiotics: a systematic review of the evidence. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 2021; 58(6): 106446. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2021.106446>.
5. Tangcharoensathien V., Chanvatik S., Sommanustweechai A. Complex determinants of inappropriate use of antibiotics. *Bulletin of the World Health Organization*, 2018; 96(2): 141. <https://doi.org/10.2471/BLT.17.199687>.
6. WHO Global Strategy for Containment of Antimicrobial Resistance, 2001. World Health Organization, 2001. Electronic resource. [Cited 01 Sep 2021]. Available from URL: https://www.who.int/drugresistance/WHO_Global_Strategy_English.pdf.
7. WHO launched the first Global Antibiotic Awareness Week campaign in Lao People's Democratic Republic, 2015. World Health Organization. Website. [Cited 01 Sep 2021]. Available from URL: <https://www.who.int/laos/news/feature-stories/detail/who-launched-the-first-global-antibiotic-awareness-week-campaign-in-lao-people-s-democratic-republic>.
8. UNGA Adopts Political Declaration on Antimicrobial Resistance, Discusses Links with SDGs, 2016. UNGA. Website. [Cited 02 Sep 2021]. Available from URL: <https://sdg.iisd.org/news/unga-adopts-political-declaration-on-antimicrobial-resistance-discusses-links-with-sdgs/>.
9. The world is running out of antibiotics, WHO report confirms, 2017. World Health Organization. Website. [Cited 02 Sep 2021]. Available from URL: <https://www.who.int/news/item/20-09-2017-the-world-is-running-out-of-antibiotics-who-report-confirms>.
10. Report to the President on Combating Antibiotic Resistance. Executive Office of the President President's Council of Advisors on Science and Technology, September 2014: 78 p. Electronic resource. [Cited 01 Sep 2021]. Available from URL: https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/pcast_carb_report_sept2014.pdf.
11. Дорожная карта по сдерживанию резистентности к противомикробным препаратам в Республике Казахстан на 2019-2022 гг. Протокол заседания Национального координационного Совета по охране здоровья при Правительстве Республики Казахстан: от 27.12.2018 года, №3.
12. Dorozhnaja karta po sderzhivaniju rezistentnosti k protivomikrobnym preparatam v Respublike Kazahstan na 2019-2022 gg (Roadmap for containment of antimicrobial resistance in the Republic of Kazakhstan for 2019-2022) [in Russian]. Protokol zasedanija Nacional'nogo koordinacionnogo Soveta po ohrane zdorov'ja pri Pravitel'stve Respubliki Kazahstan: ot 27.12.2018 goda, №3.
13. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам / Клинические рекомендации Министерства здравоохранения РФ. – М. – 2014. – С. 154.
14. Opredelenie chuvstvitel'nosti mikroorganizmov k antimikrobnym preparatam (Determination of the sensitivity of microorganisms to antimicrobial drugs) [in Russian]. Klinicheskie rekomendatsii Ministerstva zdravookhraneniia RF. M. 2014; 154.
15. Божкова С.А., Разоренов В.Л., Петрова Т.М. Микробиологический мониторинг – основа рациональной стратегии и тактики антибактериальной терапии инфекции костей и протезированных суставов // Тольяттинский медицинский консилиум. – 2011. – Т. 3-4. – С. 33-42.
16. Bozhkova S.A., Razorenov V.L., Petrova T.M. Mikrobiologicheskii monitoring – osnova ratsional'noi strategii i taktiki antibakterial'noi terapii infektsii kostei i protezirovannykh sustavov (Microbiological monitoring is the basis of rational strategy and tactics of antibiotic therapy for infections of bones and prosthetic joints) [in Russian]. Tol'iattinskii meditsinskii konsilium. 2011; 3-4: 33-42.
17. Lázár V., Martins A., Spohn R., Daruka L., et al. Antibiotic-resistant bacteria show widespread collateral sensitivity to antimicrobial peptides. *Nature microbiology*, 2018; 3(6): 718-731. <https://doi.org/10.1038/s41564-018-0164-0>.
18. Bauer A.W., Kirby W.M.M., Sherris J.C.T., Turck M. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American journal of clinical pathology*. 1966; 45(4):493.
19. Ferraro M.J. Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests. National Committee for Clinical Laboratory Standards. 2000. ISBN: 1562383930. Electronic resource. [Cited 02 Sep 2021]. Available from URL: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300057077>.
20. World Medical Association Declaration of Helsinki Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects World Medical Association. 64th WMA General Assembly, Fortaleza, Brazil, October 2013. Electronic resource. [Cited 02 Sep 2021]. Available from URL: <https://www.wma.net/wp-content/uploads/2016/11/DoH-Oct2013-JAMA.pdf>.
21. Плиска Н.Н. Основной возбудитель остеомиелита – золотистый стафилококк и его чувствительность // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – №7 – С. 45-49.
22. Pliska N.N. Osnovnojy vobzuditel' osteomyelita – zolotistyj stafilokokk i ego chuvstvitel'nost' (The main causative agent of osteomyelitis is Staphylococcus aureus and its sensitivity) [in Russian]. Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2020; 7: 45-49.
23. Винклер Т., Трампущ А., Ренц Н., Перка К. и др. Классификация и алгоритм диагностики и лечения перипротезной инфекции тазобедренного сустава // Травматология и ортопедия России. – 2016. – Т. 22. – №1. – С.33–45. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2016-0-1-33-45>.
24. Vinkler T., Trampush A., Rents N., Perka K. i dr. Klassifikatsiia i algoritm diagnostiki i lecheniia periproteznoi infektsii tazobedrennogo sustava (Classification and algorithm for diagnosis and treatment of periprosthetic hip infection) [in Russian]. Travmatologiya i ortopediya Rossii. 2016; 22(1): 33–45. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2016-0-1-33-45>.

20. Полякова Е.М., Божкова С.А. Сравнительная характеристика фенотипической и генотипической устойчивости к аминогликозидам штаммов *Staphylococcus aureus*, выделенных в травматолого-ортопедическом стационаре // Клиническая лабораторная диагностика. – 2015. – Т. 60. – №11. – С. 50-53.

Poliakova E.M., Bozhkova S.A. Sravnitel'naia kharakteristika fenotipicheskoi i genotipicheskoi ustoichivosti k aminoglikozidam shtammov *Staphylococcus aureus*, vydelennykh v travmatologo-ortopedicheskom stacionare (Comparative characteristics of phenotypic igenotypic resistance to aminoglycosides of *Staphylococcus aureus* strains isolated in a trauma and orthopedic hospital) [in Russian]. *Klinicheskaia laboratornaia diagnostika*. 2015; 60(11): 50-53.

21. Hauschild T, Sacha P, Wieczorek P, Zalewska M. et al. Aminoglycosides resistance in clinical isolates of *Staphylococcus aureus* from a University Hospital in Bialystok. *Folia Histochem Cytobiol*. 2008; 46(2): 225-22. <https://doi.org/10.2478/v10042-008-0034-3>.

22. Raja A.F, Ali F, Khan I.A., Shawl A.S. Antistaphylococcal and biofilm inhibitory activities of acetyl-11-keto- β -boswellic acid from *Boswellia serrata*. *BMC Microbiology*. 2011; 11(54): 1-9. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-11-54>.

23. Розова Л.В., Годовых Н.В. Сравнительная характеристика видового состава микроорганизмов при хроническом посттравматическом и гематогенном остеомиелите // Гений Ортопедии. – 2014. – №2. – С. 56-59.

Rozova L.V., Godovykh N.V. Sravnitel'naia kharakteristika vidovogo sostava mikroorganizmov pri khronicheskom posttravmaticheskom i gematogennom osteomyelite (Comparative characteristics of the species composition of microorganisms in chronic post-traumatic and hematogenous osteomyelitis) [in Russian]. *Genii Ortopedii*. 2014; 2: 56-59.

24. EUCAST guidelines for detection of resistance mechanisms and specific resistances of clinical and/or epidemiological importance. Version 2.01, July 2017. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ESCMID). Electronic resource. [Cited 02 Sep 2021]. Available from URL: https://www.eucast.org/fileadmin/src/media/PDFs/EUCAST_files/Resistance_mechanisms/EUCAST_detection_of_resistance_mechanisms_170711.pdf.

25. Linezolid breakpoints. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ESCMID) *Clin Microbiol Infectio* 2001;7(5): 283-284. <https://doi.org/10.1046/j.1198-743x.2001.00236.x>

Бейспецификалық остеомиелитпен ауыратын науқастардан бөлінген алтын түсті стафилококктың төзімділігінің динамикасы

Плиски Н.Н.

Бактериологиялық зертхананың меңгерушісі, Академик Батпенев Н.Ж. атындағы Ұлттық ғылыми травматология және ортопедия орталығы, Нұр-Сұлтан, Қазақстан. E-mail: Pliska6363@mail.ru

Түйіндеме

Зерттеудің мақсаты: остеомиелиттің негізгі қоздырғышы және оның кейбір микробқа қарсы препараттар тобына сезімталдығын анықтау.

Әдістері. Бұл ретроспективті зерттеу 2017-2020 жылдар аралығында Академик Батпенев Н.Ж. атындағы Ұлттық ғылыми травматология және ортопедия орталығында емделген созылмалы остеомиелиті бар науқастардың жарасынан бөлінген биоматериалды сандық бактериологиялық зерттеу нәтижелеріне сүйенген.

Нәтижесі. Остеомиелиттің этиологиясында *Staphylococcus aureus* көпбасшы екені анықталды. Алтын түсті стафилококктың төзімділігі III-IV буын цефалоспорииндерге, сондай-ақ фторхинолондарға, аминогликозидтерге, карбапенемдерге және ванкомицинге сақталған.

Қорытынды. Бейспецификалық остеомиелитпен ауыратын науқастардан бөлінген метициллинге төзімді алтын түсті стафилококк анықталған жағдайларда үшциклді гликопептидтер резервтік антибиотик ретінде қолданыла алады.

Түйін сөздер: бейспецификалық остеомиелит, остеомиелиттің этиологиясы, бактериологиялық зерттеу, алтын түсті стафилококк, антибиотикке сезімталдылық, антибиотикке төзімділік.

Dynamics of Antibiotic Resistance of *Staphylococcus Aureus* Isolated from Patients with Nonspecific Osteomyelitis

Nataliya Pliska

Head of the bacteriological laboratory, National Scientific Center of Traumatology and Orthopaedics named after Academician Batpenov N.D., Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: Pliska6363@mail.ru

Absrtact

The aim of this study was to study the main causative agent of osteomyelitis and its sensitivity to some groups of antimicrobial drugs.

Methods. Retrospectively analyzed the data of a quantitative bacteriological study of biomaterial from wound discharge from patients with chronic osteomyelitis treated at the National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician Batpenov N.D. for 2017-2020. In just two years, 3634 bacteriological studies were carried out.

*The results of the study showed that *Staphylococcus aureus* was the leader in the etiology of osteomyelitis for two years of observation in 2017-2020. It was found that the sensitivity of *Staphylococcus aureus* is preserved to cephalosporins of the III-IV generation, fluoroquinolones, aminoglycosides, carbapenems and vancomycin.*

*Conclusions. The group of tricyclic glycopeptides can be used as a backup application in cases of detection of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*.*

*Key words: nonspecific osteomyelitis, osteomyelitis etiology, bacteriological examination, *Staphylococcus aureus*, antibiotic sensitivity, antibiotic resistance.*

<https://doi.org/10.52889/1684-9280-2021-4-60-46-53>

УДК 617.3; 616-089.23;616-001

МРНТИ: 76.29.41

Описание клинического случая

Клиническое наблюдение. Лечение пациента с застарелым переломом пяточной кости. Оценка отдаленного 10-ти летнего результата лечения после выполнения корригирующей остеотомии Romash, латеральной декомпрессией, подтаранного артродеза

Коробушкин Г.В. ¹, Чеботарев В.В. ², Ишкиняев И.Д. ³, Мирошникова Е.А. ⁴

¹ Профессор кафедры травматологии и ортопедии, заведующий травматолого-ортопедическим отделением №15, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова,

Москва, Россия. E-mail: kgleb@mail.ru

² Врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения №15, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова, Москва, Россия.

E-mail: chebotarew.vitaly@gmail.com

³ Студент Российского национального исследовательского медицинского университета имени Н.И. Пирогова,

Москва, Россия. E-mail: rstmi@rstmi.ru

⁴ Врач травматолог-ортопед, Городская клиническая больница №1 имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия.

E-mail: gkb1@zdrav.mos.ru

Резюме

Вопрос о выборе остеосинтеза при переломе пяточной кости и выполнение отсроченных вмешательств сохраняет актуальность. При выборе тактики лечения следует учитывать местные факторы: характер перелома, состояние мягких тканей и кожных покровов, сроки после травмы; общие факторы: сопутствующие повреждения, коморбидный статус пациента и организационные вопросы – техническую возможность выполнения безопасно и эффективно оперативного вмешательства.

Вашему вниманию представлено 10-ти летнее наблюдение пациента с последствиями открытого перелома пяточной кости. Первичный остеосинтез не был выполнен, проводилась внешняя иммобилизация и восстановление целостности кожных покровов, пациент обратился повторно в связи с жалобами на боли и нарушение функции конечности, оценка по балльным шкалам оценки AOFAS - 29 (из 100 баллов), FAAM - 16 (из 84 баллов). Причинами неудовлетворительного результата были пяточно-малоберцовый импиджмент, нарушение конгруэнтности в подтаранном суставе, потеря высоты пяточной кости, латеральное смещение пяточной кости и нарушение соосности. Пациенту была выполнена мультиплантарная остеотомия пяточной кости по Romash, латеральная декомпрессия, подтаранный артродез. Послеоперационный период протекал гладко, пациент наблюдался в клинике, к прежней активности вернулся через год после операции. Отдаленный результат оценен через 10 лет после проведения операции.

Результаты оценки по опросникам AOFAS (задний отдел стопы) - 100/100 баллов, FAAM - 81/84 баллов. Выполнение мультиплантарной остеотомии по Romash и подтаранный артродез позволили устранить пяточно-малоберцовый импиджмент, восстановить таранно-пяточную высоту, ширину, ось пяточной кости и восстановить наклон таранной кости и получить хороший функциональный результат.

Ключевые слова: остеотомия Romash, последствия переломов пяточной кости, внутрисуставной перелом пяточной кости, подтаранный артродез, деформация заднего отдела стопы, пяточно-малоберцовый импиджмент.

Corresponding author: Vitaliy Chebotarew - Orthopedic surgeon of the Traumatologist-orthopaedic department No.15, National medical research center of traumatology and orthopaedics named after N.N. Priorova, Moscow, Russian Federation.

Postal code: 123182

Address: Russian Federation, Moscow, st. Marshal Vasilevsky, 15

Phone: +89152421365

E-mail: chebotarew.vitaly@gmail.com

J Trauma Ortho Kaz 2021; 4 (60): 46-53

Received: 12-12-2021

Accepted: 20-12-2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Среди всех повреждений костей стопы переломы пяточной кости составляют 17-20% и находятся на втором месте после переломов плюсневых костей, встречаются в 5-7% в составе политравмы [1,2,3]. При внутри суставных переломах пяточной кости 75% переломов носят внутрисуставной характер [4,5]. При свежих внутрисуставных переломах пяточной кости, с потерей высоты и смещением бугристости, оперативное лечение является приоритетным и позволяет получить лучше функциональные результаты по сравнению с консервативным лечением [6].

По данным Buckley и соавторов (2002) пациентам в группе консервативного лечения в 5,5 раз чаще требовались в последующем операции - артродез подтаранного сустава [7]. Однако, оперативное лечение может быть отложено в связи с наличием ряда факторов со стороны пациента: общее состояние, не позволяющее выполнить оперативное лечение, в том числе пациенты с политравмой, нарушение целостности кожных покровов (открытый характер перелома, наличие пузырей, фликтен), выраженный отек мягких тканей, декомпенсация хронических заболеваний, таких как сахарный диабет, сосудистая патология [5,8].

Последствия переломов пяточной кости могут быть причиной долгосрочного ограничения двигательной активности из-за боли, сложности с подбором обуви, нарушения биомеханики стопы и нижней конечности. Консервативная терапия данной когорты пациентов зачастую малоэффективно и носит лишь симптоматический характер, и многие пациенты испытывают трудности с возвращением к своей работе или прежнему уровню активности [9]. При внутрисуставных переломах пяточной кости неизбежно страдает подтаранный сустав, происходит расширение, вальгусное/варусное смещение пяточной кости, это может приводить к пяточно-малоберцовому

импиджменту, тендиниту, сухожилий малоберцовых мышц, компрессий икроножного нерва (n.suralis). Снижение высоты пяточной кости сопровождается уменьшением наклона таранной кости, что может приводить к таранно-большеберцовому импиджменту [9-11].

Так при потере таранно-пяточной высоты, с расширением пяточной кости эффективно применение дистракционного костно-пластического артродеза, при наличии пяточно-малоберцового импиджмента выполняется остеотомия экзостоза латеральной стенки пяточной кости. При вальгусном/варусном отклонении пяточной кости или при ее латеральной трансляции особое, дистракционный подтаранный артродез может быть дополнен различными вариантами остеотомии. При выраженной деформации и депрессии пяточной кости, что может сопровождаться отрицательным наклоном таранной кости и нарушением взаимоотношений в голеностопном суставе. Реконструктивные операции в ряде случаев требуют вмешательства на мягких тканях: удлинение ахиллова сухожилия, устранение подвывиха сухожилий малоберцовых мышц [6,11-13].

Тактика лечения при последствиях переломов пяточной кости определяется исходя из типа деформации. Классификация, предложенная Штефеном и Сандерсом в настоящее время наиболее используема [11,14].

Вашему вниманию представлено клиническое наблюдение лечения пациента К., 23 лет с последствиями перелома пяточной кости III тип по Штефену и Сандерсу, которому была выполнена реконструктивная операция на заднем отделе стопы по поводу застарелого перелома пяточной кости со смещением костных отломков - подтаранный артродез с остеотомией по Romash.

Клинический случай

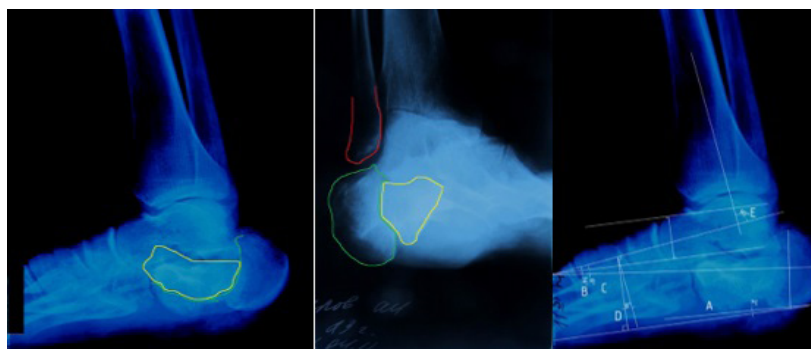
Пациент К., 23 года, монтажник, 11.09.2010 года пострадал в результате падения с высоты, получил изолированное повреждение: открытый оскольчатый перелом пяточной кости со смещением. В клинике по месту получения травмы выполнена первичная хирургическая обработка раны, закрытая ручная репозиция, гипсовая иммобилизация. Послеоперационный период осложнился длительным заживлением раны, в связи с чем пациент проходил этапное лечение по месту жительства. Через 3 месяца воспалительный процесс купирован, кожные покровы восстановились. Через 6 месяцев в связи с нарастанием боли в стопе по мере расширения двигательной активности пациент обратился в клинику в плановом порядке.

На рентгенограммах: сросшийся со смещением закрытый многооскольчатый импрессионный перелом правой пяточной кости (рисунок 1). Отломок пяточного бугра смещен латерально и проксимально по отношению к таранной кости, что обуславливают потерю высоты и расширение пяточной кости (рисунок 2). Латерализация пяточного бугра обуславливала наличие пяточно-малоберцового импиджмента (рисунок 1.2). Определялась потеря высоты пяточной кости, которая была причиной

наклона пяточной и таранной костей (угол наклона пяточной кости - А, наклон таранной кости - D). Уменьшение наклона таранной кости влияет на таранно-большеберцовый угол Е, его увеличение рентгенологически подтверждает наличие таранно-большеберцового импиджмента. Рентгенологические критерии: уменьшение угла наклона пяточной кости до 2 градусов (угол А на рисунке 1.3), в норме угол составляет 13-23° [15]. Имеются рентгенологические признаки артроза подтаранного сустава, импрессия суставной поверхности пяточной кости, щель подтаранного сустава неравномерна, уменьшение наклона таранной кости, таранно-пяточного угла, пяточно-малоберцовый импиджмент. У пациента прослеживалась косая линия перелома, условно разделяющая опору таранной кости (sustentaculum tali) и пяточный бугор (рисунок 1.1, рисунок 1.2). По данным компьютерной томографии (КТ) определяется снижение высоты пяточной кости и латеральная трансляция бугра пяточной кости, что соответствует III типу по классификации Штефена и Сандерса [14], и IV тип по классификации Zwick and Rammelt [16].

По данным опросников: шкала AOFAS - 29/100 баллов, FAAM - 16/84 баллов. В течении последних 6-ти месяцев пациент находился на больничном, к труду не приступал.

Пациенту был выполнен костно-пластический подтаранный артродез с латеральной декомпрессии и мультиплантарной остеотомии пяточной кости по Romash.



1.1

1.2

1.3

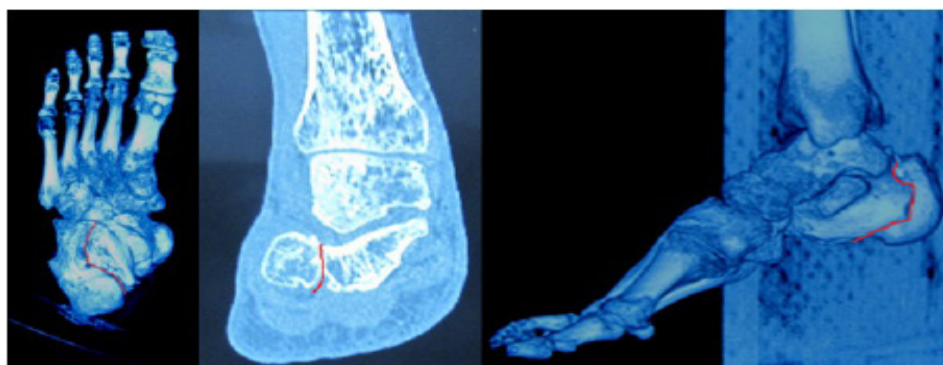
Рисунок 1 - Рентгенограммы пациента К., 23 года, через 6 месяцев с момента получения травмы. 1.1. Боковая проекция. Определяется импрессионный характер перелома пяточной кости, в совокупности с нарушением конгруэнтности в подтаранном суставе. Желтым цветом обозначен фрагмент опоры таранной кости (sustentaculum tali), зеленым цветом выделен фрагмент пяточного бугра

Рисунок 1.2. - В аксиальной проекции прослеживается, латерализация бугристости пяточной кости, соударение бугристости пяточной кости (отмечено зеленым цветом) и наружной лодыжки (отмечена красным цветом)

Рисунок 1.3. - На рентгенограмме стопы и голеностопного сустава в боковой проекции обозначены: А - угол наклона пяточной кости 2° (норма 13-23°), В - таранно-пяточный угол 14° (норма 40,4-56,7°) [17], С - РЛУ, предложенный Соломиным и соавт., 6° ось суставной линии таранной кости низведена для удобства расчёта) (норма 15,2° (±3,4°) [18], D - угол наклона таранной кости 8° (норма 16,8-37,0°) [19], E - таранно-большеберцовый угол 90° (норма 64-72°) [15]

По данным КТ-исследования стопы определяется латеральная трансляция бугра пяточной кости, в совокупности с артрозом подтаранного сустава соответствует по классификации Stephens&Sanders III типа (артроз подтаранного сустава + деформация

пяточной кости) и классификации Zwipp&Rammelt IV типа (артроз подтаранного сустава, деформация пяточной кости с латеральной трансляции бугристости пяточной кости).



2.1

2.2

2.3

Рисунок 2 - КТ-исследование правой стопы. Красным цветом обозначена линия перелома, условно разделяющая опору таранной кости от пяточного бугра. 2.1. - Коронарная проекция. 2.2. - Прямая проекция. 2.3. - 3D реконструкция

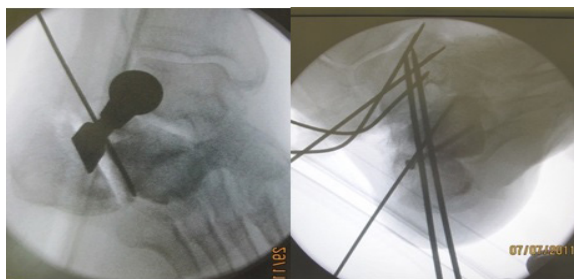
Хирургическая техника

В условиях спинальной анестезии, в положении пациента на боку, после наложения пневматического жгута на нижнюю треть бедра был выполнен L-образный доступ. Выполнен полнослойный разрез, в верхнем углу раны выделен икроножный нерв (n.suralis). Выделена наружная стенка пяточной кости. Лоскут и сухожилия малоберцовых мышц отведены латерально и кверху, в тело таранной кости введены 3 спицы Киршнера для удержания лоскута на время вмешательства. Выделена первичная линия перелома пяточной кости из передне-латерального в задне-медиальное направление. В плоскости первичной

линии перелома проведена спица Киршнера, выполнен ЭОП контроль положения спицы. Спица используется как направитель, по которой выполняется остеотомия (рисунок 3.1). Точка выхода остеотомии, располагается в области медиальной стенки и ближе к подошвенной поверхности пяточной кости. При этом важно быть осторожным и не травмировать сосудисто-нервные структуры заднего отдела стопы. После выполнения остеотомии опора таранной кости располагается под таранной костью, а пяточный бугор был смещен вниз и медиально по линии остеотомии. После смещение фрагмент пяточной кости с бугром был выведен из положения латерального смещения,

до восстановления правильных взаимоотношений в заднем отделе стопы во фронтальной плоскости с таранной и большеберцовой костями. Очень важен вопрос критериев выполнения репозиции фрагмента. Один из таких критериев был предложен Л.Н. Соломиным и соавторами [18]. Основопологающим рентгенологическим параметром предложенных референтных линий и углов (РЛУ) является положение и протяженность суставной линии таранной кости и ее отношение к оси пяточной кости. В норме угол, образованный осью пяточной кости и линией блока таранной кости, проведенной через точки, образующие передне-задние границы таранной кости составляет $15,2^\circ (\pm 3,4^\circ)$. В нашем случае показатель составляет 6° . Этот угол, образованный осью пяточной кости и линией блока таранной кости может использоваться как объективный критерий восстановления формы. Далее, острой большой ложкой Фолькмана или остроконечным долотом были удалены суставной хрящ до субхондральной кости. С помощью спицы Киршнера выполнили остеоперфорации субхондральной кости поверхностей пяточной и таранной костей, удалены рубцовые ткани, выполнена фиксация латерального фрагмента пяточной кости с

медиальным фрагментом винтом 3,5 мм. Пяточный бугор был фиксирован к фрагменту опоры таранной кости спицами. С помощью осцилляторной пилы произведена резекция выступающего фрагмента латеральной стенки пяточной кости. Резекцию начинали сзади, экзостозэктомия проводится с осторожностью на всем протяжении, чтобы избежать повреждения таранно-малоберцового сочленения. Экзостоз удалили единым блоком для использования в последующем в качестве костного аутографта. Низведение пятки выполняли с помощью ламинарного спредера, разводя бранши. После чего ранее резецированный костный фрагмент латеральной стенки пяточной кости поместили в подтаранный сустав. Подтаранному суставу придали нейтральное положение, произвели фиксацию 2-мя спицами (рисунок 2.2). По спицам ввели канюлированные винты 7,3 мм. (рисунок 4). В заключении процедуры мы выполнили ревизию сухожилий малоберцовым мышцам, после сопоставления лоскута, тенденции к их подвывиху не было. В проксимальный угол раны установили дренаж, рану ушили послойно, контролируя натяжение краев раны.



3.1

3.2

Рисунок 3 - Этапы выполнения остеотомии Romash. 3.1. - Выполнена остеотомия остроконечным долотом по первичной линии перелома. 3.2. - Фиксация винтами фрагмента пяточного бугра и фрагмента опоры таранной кости (*sustentaculum tali*)

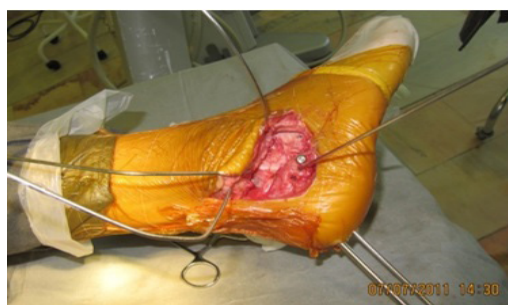
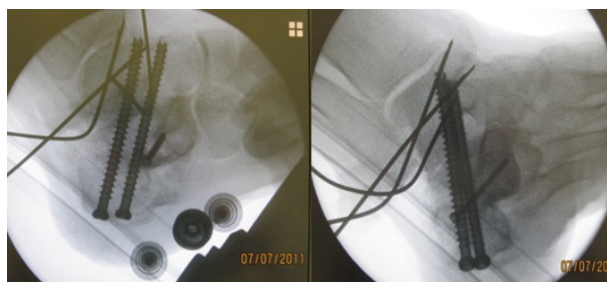


Рисунок 3.3 - Интраоперационный вид раны после выполнения временной фиксации спицами



4.1

4.2

Рисунок 4 - Представлен рентгенологический контроль после выполнения остеотомии Romash, подтаранного артродеза с фиксацией 2-мя винтами. 4.1. - ЭОП контроль боковая проекция. 4.2. - ЭОП контроль в проекции Бродена

Послеоперационное ведение. Для придания покоя оперированной конечности и профилактики развития эквинусного положения стопы, выполняли иммобилизацию гипсовой повязкой. Дренаж был

удален на перевязке на следующий день после операции. Послеоперационный период без особенностей. Ходьба на костылях без нагрузки на оперированную нижнюю конечность в течении 8 недель.

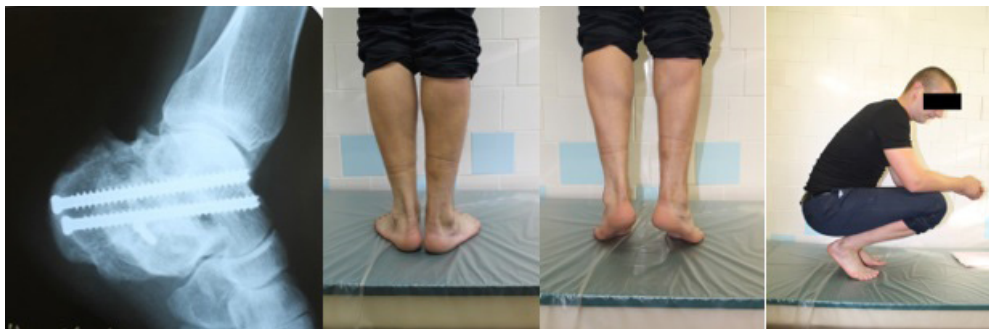


Рисунок 5 - Пациент К., через 3 года после операции, боковая рентгенограмма правой пяточной кости, вид стоп пациента

Пациента наблюдали в клинике. На рисунке 5 представлена боковая рентгенограмма пяточной кости и вид пациента через 3 года после операции. Так же отдаленный результат лечения был оценен через 10 лет от момента проведения операции. Была проведена

оценка по опросникам AOFAS (задний отдел стопы) - 100/100 баллов, FAAM - 81/84 баллов. Выполнено рентгенологическое исследование стоп в боковой проекции и аксиальная проекция (рисунок 6).



6.1

6.2

Рисунок 6 - Рентген стоп пациента К. 10 лет от момента выполнения операции. 6.1. - Боковая проекция правой стопы. А - угол наклона пяточной кости 18° (норма $13-23^\circ$) [15], В - таранно-пяточный угол 32° (норма $40,4-56,7^\circ$) [17], С - РЛУ Соломин и соавт., 16° (норма $15,2^\circ (\pm 3,4^\circ)$) [18], D - угол наклона таранной кости 25° (норма $16,8-37,0^\circ$) [19], E - таранно-большеберцовый угол 84° (норма $64-72^\circ$) [15]

Рисунок 6.2. - Рентген стоп пациента К. 10 лет от момента выполнения операции. Аксиальная проекция. Пяточно-большеберцовый угол $5,4^\circ$ (среднее значение $1,5 \pm 3,4^\circ$) [15]. Пяточно-большеберцовая дистанция 9,93 мм (среднее значение $9,5 \pm 4,4$ мм) [15]



Рисунок 7 - Пациент К., вид стоп через 10 лет после проведения операции

В настоящий момент жалобы пациента на дискомфорт в проекции металлофиксаторов, от удаления которых пациент в настоящее время

отказывается. Объем движений в голеностопном суставе: разгибание - 20/30°, сгибание - 50/50°.

Обсуждение

На основании КТ-классификации деформации стопы с последствиями переломов пяточной кости, предложенной Stephens and Sanders в 1996 году [14], Clare с соавторами проанализировали среднесрочные результаты лечения 70 стоп (64 пациентов) с последствиями переломов пяточной кости на фоне консервативного лечения. Согласно классификации пациенты были разделены на 3 группы: 1 группа с пяточно-малоберцовым импиджментом выполнялась экзостозэктомия латеральной пяточной стенки, 2 группа с артрозом подтаранного сустава, выполняла латеральную декомпрессию, подтаранный дистракционный артродез, и в 3-ей группе с нарушением конфигурации пяточной кости и артрозом подтаранного сустава, оперативное лечение дополняли остеотомией пяточной кости. У 93% пациентов артродез состоялся. У 28 стоп наблюдали незначительный остаточный болевой синдром, что к сожалению, является актуальной и малоизученной проблемой. Среднее значение AOFAS 73,8 баллов, что свидетельствует о рациональности использования данного протокола и достижения хороших клинических результатов [6]. В работе Peng-Ju Huang с соавторами проанализированы результаты лечения 28 стоп (25 пациентов), в 15 стопах (13 пациентам) выполнялся подтаранный артродез in situ, 13 стопах (12 пациентам), выполняли подтаранный артродез вместе с остеотомией пяточной кости, лучший косметический и функциональный результат был отмечен в группе с выполнением остеотомии, 77% удовлетворенных пациентов в 1 группе и 92% удовлетворенных пациентов во второй группе [20]. Становится очевидным что для восстановления функции стопы, и достижения долгосрочных хороших функциональных результатов, необходимо восстановление формы пяточной кости. В работе Rammelt с соавторами описано оперативное лечение последствий переломов пяточной кости в соответствии с классификацией Zwipp and Rammelt [16]. Так при коррекции деформации 4 типа (артроз подтаранного сустава, потеря высоты пяточной кости и латеральная трансляция бугристости пяточной кости), авторы склоняются к выполнению мультиплантарной остеотомии по первичной линии перелома по Romash

[11,16]. В своей работе Rammelt et. al., сообщил о результатах лечения 5 пациентов, с последствиями переломов пяточной кости, с момента повреждения до операции прошло от 7 до 28 недель. Средний возраст 46 года (30-69 лет) прооперированных по данной методике, средний срок наблюдения составлял 4,1 года (2-10 лет). Среднее значение AOFAS до операции 19, после операции 81,2 балла. В нашем случае у пациента показатель AOFAS 29, а после операции 100 баллов. Показатель высоты пяточной кости до операции 68,8 мм, после операции 78 мм. В нашем случае высота пяточной кости составила до операции 74 мм и после операции составила 85 мм. Во всех случаях артродез и остеотомия состоялись [21].

Мультиплантарная остеотомия по Romash может использоваться для коррекции вальгусного отклонения пяточного бугра, для компенсации высоты пяточной кости у пациентов с последствиями переломов пяточной кости, но несмотря на свою эффективность данная методика не является широко используемой и литературы по данной остеотомии найдено скудное количество на фоне всех публикаций, посвященных лечению пациентов с последствиями переломов пяточной кости. Данная методика была предложена в 1993 году Michael M. Romash [22]. В своей работе автор методики проанализировал результаты лечения 10 пациентов, 8 пациентам выполнял первичную операцию по поводу последствий перелома пяточной кости, сопровождающегося потерей высоты заднего отдела стопы и пяточно-малоберцовым импиджментом. Двум пациентам выполнял ревизионные операции после 3-х суставного артродеза. Пациентам, у которых сохранялся пяточно-малоберцовый импиджмент, потеря высоты пяточной кости и снижение наклона таранной кости. Так у 7 из 10 пациентов отметили улучшение уже через 6 месяцев с момента проведения операции, у 2 пациентов сохранялась остаточная деформация в оперированной стопе, среднее значение таранно-пяточного угла до 19° (10°-30°) и после операции 33° (30°-40°), в нашем случае таранно-пяточный угол составил 14° до операции, после операции 38°. Во всех случаях артродез и остеотомия состоялись.

Выводы

Выполнение мультиплантарной остеотомии по Romash, позволило устранить пяточно-малоберцовый импиджмент, восстановить таранно-пяточную высоту, ширину, ось пяточной кости и восстановить наклон таранной кости. Таким образом, представленный метод оперативного лечения позволил получить хороший долгосрочный рентгенологический и функциональный результат.

Учитывая скудное количество литературы посвященной данному типу остеотомии, требуется продолжение исследований в данном направлении с включением большего количества пациентов.

Информированное согласие. Пациент дал информированное согласие на публикацию клинического наблюдения в открытой печати.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

Вклад авторов: Г.В. – концептуализация, дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание и редактирование; В.В. - сбор и обработка данных, обзор литературы, подготовка иллюстраций; И.Д. – сбор данных; Е.А. – редактирование.

Литература

1. Young K.W., Lee K.T., Lee Y.K., Jang M.S. et al. Calcaneal reconstruction for the late complication of calcaneus fracture. *Orthopedics*. 2011; 34(10): e634-8. <https://doi.org/10.3928/01477447-20110826-03>.
2. van der Vliet Q.M.J., Lucas R.C., Velmahos G., Houwert R.M. et al. Foot fractures in polytrauma patients: Injury characteristics and timing of diagnosis. *Injury*. 2018; 49(6): 1233-1237. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.04.009>
3. Ahrberg A.B., Leimcke B., Tiemann A.H., Josten C. et al. Missed foot fractures in polytrauma patients: a retrospective cohort study. *Patient Safety in Surgery*. 2014; 8(1): 10. <http://dx.doi.org/10.1186/1754-9493-8-10>.
4. Tomesen T., Biert J., Frolke J.P. Treatment of Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures with Closed Reduction and Percutaneous Screw Fixation. *J Bone Joint Surg Am*. 2011; 93(10): 920-928. <https://doi.org/10.2106/jbjs.h.01834>.
5. Mordecai S.C., Ray P.S. Management of calcaneal fractures: an evidence-based approach. *Foot and ankle trauma*. 2018; 32(6): 388-393. <https://doi.org/10.1016/j.mporth.2018.09.001>.
6. Boffeli T.J., Abben K.W. Modified Dwyer osteotomy with rotation and reinsertion of autograft bone wedge for residual heel deformity despite previous delayed subtalar joint arthrodesis after calcaneal fracture. *J Foot Ankle Surg*. 2014; 53(6): 799-805. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2014.06.004>.
7. Buckley R., Tough S., McCormack R., Pate G. et al. Operative compared with nonoperative treatment of displaced intra-articular calcaneal fractures: a prospective, randomized, controlled multicenter trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2002; 84(10): 1733-44. <https://doi.org/10.2106/00004623-200210000-00001>.
8. Stapleton J.J., Belczyk R., Zgonis T. Surgical treatment of calcaneal fracture malunions and posttraumatic deformities. *Clin Podiatr Med Surg*. 2009; 26(1): 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.cpm.2008.10.003>.
9. Potter M.Q., Nunley J.A. Long-term functional outcomes after operative treatment for intra-articular fractures of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Am*. 2009; 91(8): 1854-60. <https://doi.org/10.2106/jbjs.h.01475>.
10. Ketz J., Clare M., Sanders R. Corrective Osteotomies for Malunited Extra-Articular Calcaneal Fractures. *Foot and Ankle Clinics*. 2016; 21(1): 135-145. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2015.09.006>.
11. Rammelt S., Marx C. Managing Severely Malunited Calcaneal Fractures and Fracture-Dislocations. *Foot and Ankle Clinics*. 2020; 25(2): 239-256. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2020.02.005>.
12. Guan X., Xiang D., Hu Y., Jiang G. et al. Malunited calcaneal fracture: the role and technique of osteotomy-a systematic review. *Int Orthop*. 2021; 45(10): 2663-2678. <https://doi.org/10.1007/s00264-021-05130-1>.
13. Clare M.P., Lee W.E., Sanders R.W. Intermediate to Long-Term Results of a Treatment Protocol for Calcaneal Fracture Malunions. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 2005; 87(5): 963-973. <https://doi.org/10.2106/jbjs.c.01603>.
14. Stephens H.M., Sanders R. Calcaneal malunions: results of a prognostic computed tomography classification system. *Foot Ankle Int*. 1996; 17(7): 395-401. <https://doi.org/10.1177/107110079601700707>.
15. Lamm B.M., Stasko P.A., Gesheff M.G., Bhava A. Normal Foot and Ankle Radiographic Angles, Measurements, and Reference Points. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2016; 55(5): 991-998. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2016.05.005>.
16. Rammelt S., Zwipp H. Corrective arthrodeses and osteotomies for post-traumatic hindfoot malalignment: indications, techniques, results. *Int Orthop*. 2013; 37(9): 1707-17. <https://doi.org/10.1007/s00264-013-2021-3>.
17. Gibboney M.D., LaPorta G.A., Dreyer M.A. Interobserver Analysis of Standard Foot and Ankle Radiographic Angles. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2019; 58(6): 1085-1090. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2018.12.037>.
18. Соломин Л.Н., Уханов К.А., Сорокин Е.П., Херценберг Дж. Анализ и планирование коррекции деформаций заднего отдела стопы в сагиттальной плоскости. *Травматология и ортопедия России*. – 2017. – Т. 23. – №1. – С. 23-32. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2017-23-1-23-32>.
- Solomin L.N., Ukhanov K.A., Sorokin E.P., Khertsenberg Dzh. Analiz i planirovanie korrektsii deformatsii zadnego otdela stopy v sagittal'noy ploskosti (Analysis and planning of correction of deformities of the hindfoot in the sagittal plane) [in Russian]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2017; 23(1): 23-32. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2017-23-1-23-32>.
19. Thomas J.L., Kunkel M.W., Lopez R., Sparks D. Radiographic Values of the Adult Foot in a Standardized Population. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2006; 45(1): 3-12. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2005.10.014>.
20. Huang P.J., Fu Y.C., Cheng Y.M., Lin S.Y. Subtalar arthrodesis for late sequelae of calcaneal fractures: fusion in situ versus fusion with sliding corrective osteotomy. *Foot Ankle Int*. 1999; 20(3): 166-70. <https://doi.org/10.1177/107110079902000305>.
21. Rammelt S., Grass R., Zwipp H. Joint-preserving osteotomy for malunited intra-articular calcaneal fractures. *J Orthop Trauma*. 2013; 27(10): e234-8. <https://doi.org/10.1097/bot.0b013e318290ff07>.
22. Romash M.M. Reconstructive osteotomy of the calcaneus with subtalar arthrodesis for malunited calcaneal fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1993; 290: 157-67.

Клиникалық бақылау. Өкшесінің ескі сынығы бар науқасты емдеу нәтижесі. Түзетуші Romash остеотомиясын, бүйірлік декомпрессия мен асықасты сүйегінің артродезін жүзеге асырғаннан кейінгі 10 жылдан соң алынған нәтижені бағалау

Коробушкин Г.В.¹, Чеботарев В.В.², Ишкиняев И.Д.³, Мирошникова Е.А.⁴

¹Травматология және ортопедия кафедрасының профессоры, №15 травматология-ортопедия бөлімінің меңгерушісі, Н.Н. Приоров атындағы ұлттық медициналық травматология және ортопедия зерттеу орталығы, Мәскеу, Ресей.

E-mail: kgleb@mail.ru

² №15 травматология-ортопедия бөлімінің травматолог-ортопед дәрігері, Н.Н. Приоров атындағы ұлттық медициналық травматология және ортопедия зерттеу орталығы, Мәскеу, Ресей. E-mail: chebotarew.vitaly@gmail.com

³ Н.И. Пирогов атындағы Ресей ұлттық медициналық зерттеу университетінің студенті, Мәскеу, Ресей.

E-mail: rsmu@rsmu.ru

⁴ Н.И. Пирогов атындағы №1 қалалық клиникалық аурухананың травматолог-ортопед дәрігері, Мәскеу, Ресей.

E-mail: gkb1@zdrav.mos.ru

Түйіндеме

Өкше сынығы кезінде остеосинтез әдісін таңдау және кешіктірілген хирургиялық араласуды жүзеге асыру сұрақтары өз өзектілін жоғалтқан емес. Емдеу тактикасын таңдау кезінде келесі жергілікті факторларды (сынықтың сипаттамасы, жұмсақ тіндер мен тері жабындысының жағдайы, жарақаттан кейін өткен уақыт), сондақ-ақ жалпы факторларды (қосалқы зақымданулар, науқастың қосымша жай-күйі және ұйымдастырушылық сұрақтар – отаны қауіпсіз әрі тиімді жасау үшін қажетті техникалық мүмкіндік) ескеру қажет.

Назарларыңызға өкшенің ашық сынығы бар науқастың жарақаттан кейінгі жағдайын 10 жылдық бақылау нәтижесі ұсынылды. Біріншілікті остеосинтез жүзеге асырылмай, тек сыртқы иммобилизация мен сыртқы тері жабындысын қалпына келтіру жүргізілген. Науқас аяқ қызметінің бұзылуы мен ауырсыну сезіміне шағымданып клиникаға жүзінген болатын. Баллдық жүйе бойынша бағалау кезінде AOFAS бойынша 100-ден 29 балл, ал FAAM бойынша 84-тен 16 балл болды. Қанағаттанарлықсыз нәтиже өкше-асықты жілік шыбығының импиджменті, асықасты буынның сәйкестенуінің бұзылуы, өкше сүйегі биіктігінің жоғалуы, өкше сүйегінің бүйірге ығысуы және осьтік туралықтың бұзылуы салдарынан орын алған болатын. Науқасқа өкше сүйегінің Romash бойынша жасалған көпплантарлы остеотомиясы, бүйірлік декомпрессия және асықасты сүйегінің артродезі жүргізілді. Отадан кейінгі кезең жайлы өтті, науқас клиника мамандарының бақылауында болып, белсенді өмірге отадан кейін бір жыл өткенде қосылды. Ұзақ мерзімді нәтиже отадан кейін 10 жыл уақыт өткенде бағаланды.

Нәтижесі AOFAS (өкшенің артқы бөлігі) сауалнамасы бойынша 100/100 балл, FAAM бойынша 81/84 баллды құрады. Romash бойынша жасалған көпплантарлы остеотомиясы мен асықасты сүйегінің артродезін жүргізу өкше-асықты жілік шыбығының импиджментін жоюға, асық-өкше биіктігін, өкше сүйегінің ені мен осьтік түзулігін қалпына келтіруге, сондай-ақ, асық сүйегінің еңкею қабілетін қалпына келтіруге мүмкіндік берді. Бұл өз кезегінде сүйектер қызметінің нәтижесін жақсартты.

Түйін сөздер: Romash остеотомиясы, өкше сүйегінің сынықтарының салдары, өкше сүйегінің буынішілік сынығы, асықасты сүйегінің артродезі, өкшенің артқы бөлігінің қисаюуы, өкше-асықты жілік шыбығының импиджменті.

Case Report. Treatment Patient with Malunited Calcaneal Fractures. Evaluation Clinical Outcome 11-years Follow-up After Reconstructive Romash Osteotomy with Lateral Decompression and Subtalar Arthrodesis

Gleb Korobushkin¹, Vitaly Chebotarev², Ilyas Ishkinyayev³, Ekaterina Miroshnikova⁴

¹ Professor of the Department of Traumatology and Orthopaedics, Head of the Traumatology and Orthopaedics Department No.15, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics named after NN Priorova, Moscow, Russia.

E-mail: kgleb@mail.ru

² Orthopedic surgeon of the Traumatologist-orthopaedic department No.15, National medical research center of traumatology and orthopaedics named after N.N. Priorova, Moscow, Russia. Email: chebotarew.vitaly@gmail.com

³ Student of the Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogova, Moscow, Russia. E-mail: rsmu@rsmu.ru

⁴ Orthopedic surgeon of the City Clinical Hospital №1 named after N.I. Pirogova, Moscow, Russia, E-mail: gkb1@zdrav.mos.ru

Abstract

The question of the choice of osteosynthesis for a fracture of the calcaneus and the performance of delayed interventions remains relevant. When choosing treatment tactics, local factors should be taken into account: the nature of the fracture, the condition of the soft tissues and skin, the time after the injury; general factors: concomitant injuries, comorbid status of the patient and organizational issues - the technical ability to perform a safe and effective surgical intervention.

We present to your attention a 10-year observation of a patient with the consequences of an open fracture of the calcaneus. Primary osteosynthesis was not performed, external immobilization and restoration of the integrity of the skin was carried out, the patient returned due to complaints of pain and dysfunction of the limb, the score was AOFAS - 29 (out of 100 points), FAAM - 16 (out of 84 points). The reasons for the unsatisfactory outcome were calcaneofibular impingement, impaired congruence in the subtalar joint, loss of heel bone height, lateral displacement of the calcaneus, and misalignment. The patient underwent a multiplamt osteotomy of the calcaneus according to Romash, lateral decompression, and subtalar arthrodesis. The postoperative period was uneventful, the patient was observed in the clinic, and returned to his previous activity a year after the operation. Long-term results were assessed 10 years after the operation.

The results of the assessment according to the AOFAS questionnaires (hindfoot) - 100/100 points, FAAM - 81/84 points. The Romash multiplamt osteotomy and subtalar arthrodesis made it possible to eliminate the calcaneofibular impingement, restore the talocalcaneal height, width, and axis of the calcaneus, and restore the talus tilt and obtain a good functional result.

Key words: Romash osteotomy, malunion, intraarticular calcaneal fractures, subtalar fusion, surgical treatments, hindfoot deformity, calcaneo-fibular impingement.

<https://doi.org/10.52889/1684-9280-2021-4-60-54-59>

УДК 616.727.13-001:621.76

МРНТИ: 76.29.41

Оригинальная статья

Результаты лечения пациентов с застарелыми повреждениями менисков коленного сустава с применением новой артроскопической техники

Набиев Е.Н.¹, Байзаков А.Р.²

¹ Доцент кафедры травматологии и ортопедии, Казахский Национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова, Алматы, Казахстан. E-mail: 6365ej@mail.ru

² Травматолог-ортопед отделения ортопедической хирургии, Городская клиническая больница №7, Алматы, Казахстан. E-mail: info@gkb7.kz

Резюме

Цель исследования: анализ результатов оперативного лечения пациентов с застарелыми повреждениями менисков коленного сустава с применением новой артроскопической техники.

Методы. Приведены результаты оперативного лечения 70 пациентов с застарелыми повреждениями менисков коленного сустава, лечившихся в Городской клинической больнице №7 г. Алматы в период с 2017 по 2020 гг. Контрольную группу составили 40 (57,2%) пациентов, а в основную группу вошли 30 (42,8%) пациентов с разрывами менисков коленного сустава, которым выполнена резекция мениска с применением нового способа артроскопического шивания мениска (авторское право №9602 от 04.05.2020 г.). Результаты оперативного лечения пациентов оценивались по шкале Lysholm.

Результаты. В основной группе в большинстве случаев констатирован отличный (16,7%) и хороший (66,6%) результат лечения. Различия частоты отличных результатов в основной и контрольной группах статистически достоверны ($p < 0,001$). В контрольной группе превалирует хороший результат и встречается чаще остальных (46,9%).

Выводы. Новый способ артроскопического шивания мениска повышает эффективность хирургического лечения поврежденных менисков коленного сустава, обеспечивает профилактику гонартроза в послеоперационном периоде у пациентов с застарелыми повреждениями и позволяет проводить раннее функциональное лечение.

Ключевые слова: коленный сустав, мениски, повреждение менисков, остеоартроз, артроскопия, шов мениска, резекция мениска.

Corresponding author: Ergali Nabyiev, Associate Professor at the Department of Traumatology and Orthopedics, Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarova, Almaty, Kazakhstan.

Postal code: 050000

Address: Kazakhstan, Almaty, Tole-bi, 94

Phone: +7 727 338 70 00

E-mail: 6365ej@mail.ru

J Trauma Ortho Kaz 2021; 4 (60): 54-59

Received: 02-08-2021

Accepted: 10-09-2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

По данным зарубежных исследователей частота повреждений менисков коленного сустава (КС) составляет 40-60 случаев на 100 000 человек в год, при этом у мужчин наблюдается чаще по сравнению с женщинами [1,2].

Среди пострадавших наиболее часто встречается у трудоспособного населения – у лиц, занимающихся спортом и физической работой [3-5]. В клинической практике повреждение менисков в большинстве случаев сочетается с повреждением передней крестообразной связки. Так, при свежих повреждениях передней крестообразной связки, повреждения медиального мениска встречаются до 45% случаев, латерального мениска – до 65% случаев [6-8].

В настоящее время не выработана единая тактика лечения свежих разрывов мениска. Отсутствуют четкие рекомендации использования методики сшивания мениска в зависимости от типа повреждения [9].

Материалы и методы

Данная работа основана на анализе исходов оперативного лечения 70 пациентов с застарелыми повреждениями менисков КС, находившихся на лечении в отделении ортопедической хирургии Городской клинической больницы №7 г. Алматы в период с 2017 по 2020 гг.

В основную группу вошли 30 (42,8%) пациентов с разрывами менисков КС. Им выполнен шов менисков под артроскопическим контролем по разработанному нами способу (авторское право №9602 от 04.05.2020 г.). В послеоперационном периоде КС иммобилизовали на 4-й неделе, всем пациентам были назначены физиотерапевтические процедуры, лечебная физическая культура (ЛФК) и массаж мышц оперированной конечности.

Контрольную группу составили 40 (57,2%) пациентов с повреждениями менисков КС, которым выполнена резекция мениска с применением артроскопической техники. В послеоперационном периоде КС не иммобилизовали, пациентам назначали физиотерапевтические процедуры, ЛФК и массаж мышц оперированной конечности.

Большую часть пациентов составили лица наиболее трудоспособного возраста от 16 до 30 лет – 75,8%. Количество мужчин было в два раза больше, чем женщин: мужчин – 48 (68,6%), женщин – 22 (31,4%).

Повреждение левого КС зарегистрировано у 27 (38,8%) больных, правого – у 43 (61,2%) больных.

Наиболее частыми причинами травм были: бытовые травмы (28,6%), уличные (38,8%) и спортивные травмы (15,8%). В результате дорожно-транспортных происшествий пострадали 11,4% больных, тогда как после производственной и прочей травмы – 4,2% и 2,8% больных соответственно. У 59 (84,2%) пациентов механизм получения травмы удалось выяснить, а у 11 (15,8%) – не удалось. 48 (68,6%) пациента травму КС получили от непрямого механизма травмы, 22 (31,4%) – от прямого механизма. Пациенты в зависимости от социального статуса были распределены следующим образом: рабочие – 23 (32,8%), служащие – 16 (22,8%), пенсионеры – 2 (2,8%), учащиеся – 6 (8,7%), временно не работающие

Сохранение менисков во время оперативного вмешательства позволяет замедлить прогрессирование остеоартроза в КС, приводит к хорошим функциональным результатам в отдаленном периоде [10,11]. Хорошие функциональные результаты сшивания менисков КС в отделенном послеоперационном периоде отмечают как отечественные, так и зарубежные авторы [12,13].

В этой связи, сохранение менисков во время артроскопических операций является актуальной проблемой современной травматологии в деле профилактики развития и прогрессирования остеоартроза КС, снижения неудовлетворительных результатов в отделенном периоде оперативного лечения.

Цель исследования: проанализировать результаты оперативного лечения пациентов с застарелыми повреждениями менисков коленного сустава с применением новой артроскопической техники.

– 12 (17,2%), спортсмены – 11 (5,8%). Изолированная травма наблюдалась у 68 (97,2%) больных, сочетанная – у 2-х (2,8%) пациентов.

Во время оперативного вмешательства использовались как резекция мениска с применением артроскопической техники, так и шов мениска под артроскопическим контролем, по разработанной нами методике.

Пациентов обследовали по общепринятому алгоритму. Всем проводили клиническую оценку общего состояния, состояние локального статуса для постановки диагноза повреждения, определения показаний и противопоказаний к оперативному лечению. В работе мы использовали клинический, рентгенологический, МРТ, артроскопический и статистический методы исследования.

Всем пациентам до госпитализации выполняли стандартную рентгенографию КС в прямой (переднезадней) и боковой проекциях. По рентгенограммам оценивали состояние костной структуры, взаимоотношения суставных поверхностей, выявляли отрывы связок вместе с костным фрагментом и определяли дегенеративные изменения в КС. Всем пациентам на дооперационном периоде обязательно проводилась МРТ перед артроскопическими вмешательствами. Исследование позволило объективно оценить структуру КС - связки, мениски и хрящевой покров. Артроскопическое исследование КС проводили по известной методике, предложенной А.П. Трачук и соавт., (2004) [14]. Исследование проводили под эпидуральной анестезией с использованием артроскопа германской фирмы Karl Storz.

Материал обработан методом вариационной статистики и включал определение средней арифметической (M), среднего квадратичного отклонения (σ), средней ошибки средней арифметической ($\pm m$). При изучении результатов лечения использована методика вычисления относительных величин в виду экстенсивных показателей.

Для улучшения результатов оперативного лечения повреждений менисков коленного сустава, нами разработан и внедрен в клиническую практику новый способ артроскопического сшивания мениска (авторское право №9602 от 04.05.2020 г.). Целью операции является восстановление целостности мениска и предупреждение развития дегенеративно-дистрофических изменений в КС. Поставленная цель достигается тем, что для сшивания мениска используется нерассасывающийся шовный материал, не требующий применения проводника. Шовный материал располагается косо-вертикально под углом 45° к осевой линии мениска для формирования в мениске косо-вертикального шва, обеспечивающего

максимальный захват оторванного фрагмента мениска и благоприятные условия для регенерации.

Способ осуществляется следующим образом: оперативное вмешательство производят под общим обезболиванием. После артроскопической визуализации разрыва мениска освежаются края мениска с помощью менискового рашпиля или шейвера. Затем оценивается состояние мениска – разрыв в «красной» или «розовой» зоне, вертикальный продольный разрыв не более 10 мм, отсутствие вторичных дегенеративных изменений и артроза 2 степени (рисунок 1).

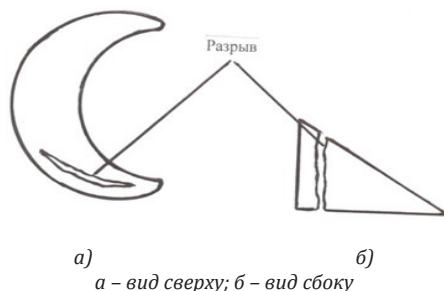


Рисунок 1 – Схема паракапсулярного разрыва переднего рога мениска коленного сустава

Спинальную иглу проводят изнутри-кнаружи через толщу мениска – у нижнего края, через капсулу сустава и выводят через небольшой разрез кожи.

Через спинальную иглу вводят нерассасывающийся шовный материал, который является упругим и не требует использования проводника (рисунок 2).

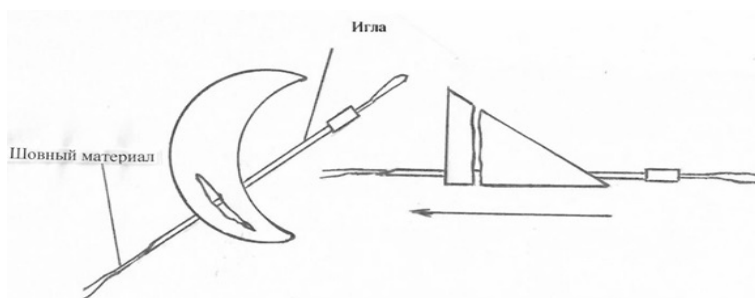


Рисунок 2 – Схема проведения иглы с шовным материалом через разрыв у нижнего края мениска

Зажимом захватывают конец шовного материала и извлекают его из полости сустава. Удерживая зажимом шовный материал, спинальную

иглу вытягивают обратно в полость КС и выводят из мениска (рисунок 3).



Рисунок 3 – Схема вытягивания иглы обратно в полость коленного сустава и выведения из мениска

Затем спинальную иглу с шовным материалом проводят на 3 мм выше и 3 мм в сторону от

первоначального прокола, также через толщу мениска – у верхнего края (рисунок 4).

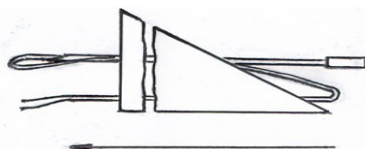
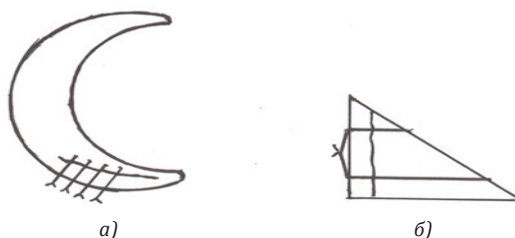


Рисунок 4 – Схема проведения иглы с шовным материалом через разрыв у верхнего края мениска

При этом шовный материал располагается косо-вертикально под углом 45° к осевой линии мениска для формирования косо-вертикального шва. Иглу выводят через небольшой разрез кожи. Зажимом извлекают шовный материал из полости коленного

сустава и концы нитей завязывают экстракапсулярно под артроскопической визуализацией зоны разрыва мениска до полного смыкания его краев (рисунок 5).



а – вид сверху; б – вид сбоку

Рисунок 5 – Схема сформированного косо-вертикального шва

Таким образом формируют косо-вертикальный шов мениска. После чего накладывают аналогичным образом дополнительные швы на мениск в зависимости от длины разрыва.

Результаты оперативного лечения пациентов оценивались по шкале Lysholm [15].

Результаты

Исходы оперативного лечения (ближайшие и отдаленные) пациентов с повреждениями менисков КС изучены у 62 оперированных пациентов сроком до 3 лет (всего 70 оперированных). У основной группы

исход лечения был изучен у 30 (48,4%) пациентов, в контрольной группе – у 32 (51,6%).

Анализ исхода оперативного лечения пациентов исследуемых групп представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Исходы оперативного лечения пациентов с повреждениями менисков коленного сустава

Клинические группы (n=62)	Исходы лечения							
	отличный		хороший		удовлетворительный		неудовлетворительный	
	абс. число	%	абс. число	%	абс. число	%	абс. число	%
Основная группа (n ₁ =30)	5	16,7	20	66,6	4	13,4	1	3,3
Контрольная группа (n ₂ =32)	3	9,4	15	46,9	11	34,3	3	9,4

Таким образом, отличные результаты в основной группе пациентов наблюдались у 5 (16,7%), что соответствует 90-100 баллам. Частота отличных исходов оперативного лечения у пациентов основной группы выше (16,7%), чем в контрольной группе (9,4%) в 1,7 раза (или на 7,3%). Хорошие результаты

в основной группе пациентов зарегистрированы у 20 (66,6%) пациентов, что соответствует 70-89 баллам. Хорошие исходы у больных основной группы были выше (66,6%), чем в контрольной группе (46,9%) в 1,4 раза (на 19,7%).

Обсуждение

Мы полагаем, что высокий результат у пациентов основной группы был обусловлен надежным новым артроскопическим швом. Использование данного способа сшивания менисков КС позволило избежать контрактур, синовитов и обеспечило раннее восстановление амплитуды движения оперированного сустава и трудоспособности больного через 6 недель после артроскопии. Уменьшение количества отличных и хороших исходов лечения у пациентов контрольной группы было связано с запоздалой реабилитацией пациентов, развитием контрактур и синовитов в КС.

В основной группе удовлетворительный результат встречался у 13,4% пациентов, в контрольной группе – у 34,3%. Таким образом, удовлетворительные исходы лечения пациентов контрольной группы превысили основную в 2,6 раза (p<0,001).

Неудовлетворительный исход лечения в основной группе признан у 1 (3,3%) пациента

(39 баллов) из-за наступившего повторного разрыва мениска через 5 недель, пациент не соблюдал ортопедический режим (наступал на оперированную конечность через 3 дня и рано приступил к труду - через 5 недель). В контрольной группе неудовлетворительный исход был связан с развитием контрактуры у 2-х пациентов (4,4%). Количество баллов 50 и менее у пациентов в позднем послеоперационном периоде и синовита определили в 2-х случаях (4,4%).

Различия частоты отличных результатов в основной и контрольной группах статистически достоверны (p<0,001). В контрольной группе преобладает хороший результат и встречается чаще остальных. Различия частоты хороших результатов в основной и контрольной группах также статистически достоверны (p<0,001).

Выводы

Новый способ артроскопического сшивания мениска (авторское право №9602 от 04.05.2020 г.), повышает эффективность хирургического лечения повреждений менисков коленного сустава, обеспечивает профилактику гонартроза в послеоперационном периоде у пациентов с застарелыми повреждениями и позволяет проводить раннее функциональное лечение.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информированное согласие. Все участники подписывали форму информированного согласия и добровольно участвовали в исследовании.

Финансирование. Нет.

Вклад авторов. Н.Е.Н. – концептуализация, написание, редактирование; Б.А.Р. – сбор и обработка данных, написание, редактирование.

Литература

1. Kilcoyne K.G., Dickens J.F., Haniuk E., Cameron K.L. et al. Epidemiology of Meniscal Injury Associated With ACL Tears in Young Athletes. *Orthopedics*. 2012; 3(35): 208-212. <https://doi.org/10.3928/01477447-20120222-07>.
2. Manson T.T., Cosgarea A.J. Meniscal injuries in active patients. *Advanced Studies in Medicine*. 2006; 10(4): 545- 552.
3. Ахпашев А.А. Выбор оптимального метода фиксации трансплантата при артроскопической пластике передней крестообразной связки: дис. д-ра мед. наук. – М. – 2008. – С. 174.
Akhpashev A.A. Vybora optimal'nogo metoda fiksatsii transplantata pri artroskopicheskoj plastike perednei krestoobraznoj svyazki: dis. d-ra med. nauk: (Akhpashev A.A. Choice of the optimal method of graft fixation in arthroscopic plasty of the anterior cruciate ligament: dis. Dr. med. Sciences:) [in Russian]. M. 2008; 174.
4. Gage B.E., McIlvain N.M., Collins C.L., Fields S.K. et al. Epidemiology of 6.6 million knee injuries presenting to United States emergency departments from 1999 through 2008. *Academic emergency medicine*. 2012; 4(19): 378- 385. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2012.01315.x>.
5. Soh T.L., Lim M.H. Demographics of Multiligamentous Knee Injuries at a Level 1 Trauma Centre. *Annals of the Academy of Medicine*. 2016; 1(45): 35- 37.
6. Shea J.J., Shelbourne K.D. Repair of locked bucket-handle meniscal tears in knees with chronic anterior cruciate ligament deficiency. *The American journal of sports medicine*. 2013; 2(31): 216- 220. <https://doi.org/10.1177/03635465030310021001>.
7. Tachibana Y., Sakaguchi K., Goto T., Oda H. et al. Repair integrity evaluated by second-look arthroscopy after arthroscopic meniscal repair with the FasT-Fix during anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine*. 2014; 5(38): 965- 971. <https://doi.org/10.1177/0363546509356977>.
8. Batailler C., Wascher D., Neyret P. Meniscal Traumatic Lesions in ACL- Deficient Knee: Masterly Neglect, Repair, or Meniscectomy. *Surgery of the Meniscus*. Springer Berlin Heidelberg. 2016; 379-391. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-49188-1_40.
9. Челнокова Н.В. Артроскопическая диагностика и лечение свежих повреждений коленного сустава: автореф. дисс. канд. мед. наук: - Москва. – 2011. – С. 20.
Chelnokova N.V. Artroskopicheskaja diagnostika i lechenie svezhikh povrezhdenii kolennogo sustava: avtoref. diss. kand. med. nauk: (Arthroscopic diagnosis and treatment of fresh injuries of the knee joint: author. diss. Cand. honey. Sciences:) [in Russian]. Moskva. 2011; 20.
10. Stein T., Mehling A.P., Welsch F., Eisenhart-Rothe R. et al. Long-Term Outcome After Arthroscopic Meniscal Repair Versus Arthroscopic Partial Meniscectomy for Traumatic Meniscal Tears. *The American Journal of Sports Medicine*. 2013; 8(38): 1542-1548. <https://doi.org/10.1177/0363546510364052>.
11. Paxton E.S., Stock M.V., Brophy R.H. Meniscal Repair Versus Partial Meniscectomy: A Systematic Review Comparing Reoperation Rates and Clinical Outcomes. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2013; 5(80): 185-191. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.03.088>
12. Abdelkafy A., Aigner N., Zada M., Elghoul Y. et al. Two to nineteen years follow-up of arthroscopic meniscal repair using the outside-in technique: a retrospective study. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2009; 4(127): 245-252.
13. Thorlund J.B., Hare K.B., Lohmander L.S. Large increase in arthroscopic meniscus surgery in the middle-aged and older population in Denmark from 2000 to 2011. *Acta Orthopaedica*. 2014; 3(85): 287-292. <https://doi.org/10.3109/17453674.2014.919558>.
14. Трачук А.П., Шаповалова В.М., Тихилов Р.М. Основы артроскопической диагностики коленного сустава. - М. – 2004. – С. 123.
Trachuk A.P., Shapovalova V.M., Tikhilov R.M. Osnovy artroskopicheskoj diagnostiki kolennogo sustava (Basics of arthroscopic diagnostics of the knee joint) [in Russian]. M. 2004; 123.
15. Tegner Y., Lysholm J. Rating system in evaluation of knee ligament injuries. *Clinical orthopedics and related research*. 1985; 198: 43-49.

Тізе буыны менискісінің ескі зақымдалуы бар науқастарды жаңа артроскопиялық техника арқылы емдеу нәтижелері

Нәбиев Е.Н.¹, Байзақов А.Р.²

¹ Травматология және ортопедия кафедрасының доценті, С.Д. Асфендияров атындағы ұлттық медициналық университет, Алматы, Қазақстан. E-mail: 6365ej@mail.ru

² №7 қалалық клиникалық аурухананың ортопедиялық хирургия бөлімшесінің травматолог-ортопеді, Алматы, Қазақстан. E-mail: info@gkb7.kz

Түйіндеме

Зерттеудің мақсаты: тізе буыны менискісінің ескі зақымдалуы бар науқастарды жаңа артроскопиялық техника арқылы емдеудің нәтижелерін талдау.

Әдістері. Зерттеуде Алматы қаласының №7 қалалық клиникалық ауруханасында 2017-2020 жылдар арасында емделген тізе буыны менискісінің ескі зақымдалуы бар 70 науқасты хирургиялық емдеудің нәтижелері ұсынылған. Бақылау тобын тізе буыны менискісінің жыртылуы бар 40 (57,2%) науқас, ал негізгі топты 30 (42,8%) науқас құрады. Негізгі топ науқастарына жаңа артроскопиялық жолмен тізу әдісін қолдана отырып менисктің резекциясы жасалды (авторлық құқық №9602 04.05.2020 ж. берілген). Хирургиялық емнің нәтижесі Lysholt шкаласының көмегімен бағаланды.

Нәтижесі. Негізгі топтағы науқастарда өте жақсы нәтиже 16,7% жағдайда, жақсы нәтиже 66,6%-да анықталды. Негізгі және бақылау тобындағы өте жақсы нәтиже көрсеткіштерінің кездесуі жиілігі статистикалық тұрғыда сенімді ($p < 0,001$). Бақылау тобында жақсы нәтиже басым болды (46,9%).

Қорытынды. Менискті жаңа артроскопиялық әдіс арқылы тізу тізе буыны зақымдалуының хирургиялық емінің тиімділігін арттырып, менисктің ескі зақымдалуы бар науқастарда отадан кейінгі кезеңде гонартроз дамуының алдын алады және ерте функционалды ем жүргізуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: тізе буыны, менисктер, мениск зақымдалуы, остеоартроз, артроскопия, менискті тізу, мениск резекциясы.

The Results of Treatment of Patients with Chronic Injuries of the Knee Menisci Using Arthroscopic Techniques

Ergali Nabyiev¹, Arnat Bayzakov²

¹ Associate Professor at the Department of Traumatology and Orthopedics, Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarova, Almaty, Kazakhstan. E-mail: 6365ej@mail.ru

² Traumatologist-orthopedist of the Department of Orthopedic Surgery, City Clinical Hospital No.7, Almaty, Kazakhstan. E-mail: info@gkb7.kz

Abstract

Objective: to analyze the results of surgical treatment of patients with chronic injuries of the knee menisci using arthroscopic techniques.

Methods. The article presents the results of surgical treatment of 70 patients with chronic injuries of the knee menisci, who were treated at the City Clinical Hospital No.7 in Almaty in the period from 2017 to 2020. The control group consisted of 40 (57.2%) patients, and the main group consisted of 30 (42.8%) patients with knee meniscus rupture, who underwent meniscus resection using a new method of arthroscopic meniscus suturing. The results of surgical treatment of patients were assessed using the Lysholt scale.

Results. In the main group of patients, in most cases, excellent (16.7%) and good (66.6%) treatment results were noted. The differences in the frequency of excellent results in the study and control groups are statistically significant ($p < 0.001$). In the control group, a good result prevails and occurs more often than others (46.9%).

Conclusions. A new method of arthroscopic suturing of the meniscus (copyright No. 9602 dated 05/04/2020) increases the efficiency of surgical treatment of knee meniscus injuries, ensures the prevention of gonarthrosis in the postoperative period in patients with chronic injuries and allows early functional treatment.

Key words: knee joint, menisci, meniscus injury, osteoarthritis, arthroscopy, meniscus suture, meniscus resection.

<https://doi.org/10.52889/1684-9280-2021-4-60-60-64>

UDC 617.3; 616-089.23; 616-001

IRSTI 76.29.41

Short Communication

Assessment of the Risk of Complications in Patients with Fractures of the Long Bones of the Lower Extremity Against the Background of Metabolic Syndrome

Ravshan Yakubdjanov¹, S. Madrahimov², Karimov Murodulla³

¹ Postgraduate student of the Department of Traumatology-Orthopedics and Military Field Surgery, Tashkent Medical Academy, Tashkent, Uzbekistan. E-mail: ravshan.yakubdjanov@gmail.com

² Traumatologist-orthopedist of the Department of Traumatology, Multidisciplinary Clinic of the Tashkent Medical Academy, Tashkent, Uzbekistan. E-mail: m_sarvar91@mail.ru

³ Head of the Department of Traumatology-Orthopedics and Military Field Surgery, Tashkent Medical Academy, Tashkent, Uzbekistan. E-mail: m.karimov@mail.ru

Abstract

The aim of the study is to improve the results of pre- and postoperative treatment of fractures of the long bones of the lower extremity against the background of metabolic syndrome, by developing a new method of prediction.

Methods. In a retrospective single-center study, the outcomes of treatment of fractures of the proximal femur were analyzed in 95 patients (the main group) who applied to the Multidisciplinary Clinic of the Tashkent Medical Academy from 2016 to 2021.

The comparison group included 102 patients with fractures of the long bones of the lower extremity, who were treated in our clinic from January 2014 to December 2016, their data were taken from the medical archive and analyzed retrospectively. Of these, 62 (66.2%) were women in the main group, 66 were female in the control group (69.36%). The average age was 67.7±11.6 years.

The criteria for inclusion in the study were: age over 18 years, severity of injury less than 15 points on the ISS (Injury Severity Score) scale, full stay in our clinic (without transfer to others), duration of hospitalization for more than a day. The comorbidity category was determined by ASA (American Society of Anesthesiologists).

Results. According to the type of fractures in the main and control groups, intra-articular fractures prevailed – 70,7% and 67,6%, respectively, extra-articular fractures in the main and control groups, therefore, amounted to 29,2% and 32,3%. Patients of the main group with high risk (n=17) were treated conservatively for cardiological, endocrinological, neurological comorbidities to optimize the somatic status. After optimization of the somatic status with a repeated assessment of the risk of possible development of postoperative complications, the patients of the main group were distributed as follows, low risk (<10%) - 10 patients (15,4%), average risk (10-30%) - 44 patients (67,7%), high risk (>30%) - 11 patients (16,9%). Thus, the number of high-risk patients was reduced by 1,54 times ($X^2=30,2$, $p < 0,05$) due to distribution into lower-risk groups, including the low-risk group.

Conclusion. The effectiveness of the nomogram for prognostic assessment of the risk of developing possible complications in patients with fractures of the proximal femur is confirmed.

Key words: lower limb fractures, metabolic syndrome, fracture complications, orthopedics of injury control.

Corresponding author: Karimov Murodulla, Head of the Department of Traumatology-Orthopedics and Military Field Surgery, Tashkent Medical Academy, Tashkent, Uzbekistan.

Postal code: 100109

Address: Uzbekistan, Tashkent, Farobiy 2

Phone: +998 90 959 86 16

E-mail: m.karimov@mail.ru

J Trauma Ortho Kaz 2021; 4 (60): 60-64

Received: 12-11-2021

Accepted: 28-11-2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Introduction

Common perioperative complications in fractures of long tubular bones include pulmonary embolism (PE), deep vein thrombosis, wound infections, complications from the cardiovascular system [1,2].

With metabolic syndrome, surgical treatment is often required. However, the refusal of surgery can lead to a vicious circle, an increase in the influence of negative metabolic stress – hypercoagulation, hypertension, hypokinesia, and in some cases lethality. In this category of patients, there is a higher incidence of infection, non-healing of wounds and other undesirable phenomena, and

Material and methods

In a retrospective single-center study, the outcomes of treatment of fractures of the proximal femur were analyzed in 95 patients who applied to the Multidisciplinary Clinic of the Tashkent Medical Academy from 2016 to 2021.

These patients formed the main group, and the comparison group included 102 patients with fractures of the long bones of the lower extremity, who were treated in our clinic from January 2014 to December 2016, their data were taken from the medical archive and analyzed retrospectively. Of these, 62 (66.2%) were women in the main group, 66 were female in the control group (69.36%). The average age was 67.7 ± 11.6 years.

The criteria for inclusion in the study were: age over 18 years, severity of injury less than 15 points on the ISS

Results

The most distinctive features of our method of forecasting and choosing tactics for the treatment of patients with long bone fractures on the background of MS were the following:

1. Quantitative indicators of a concomitant condition, such as metabolic syndrome, such as blood

the management of these patients requires multitasking medical care. Thus, the question of choosing the optimal approach to treatment, namely, surgery, and predicting possible postoperative complications is the cornerstone in the treatment of patients with long bone fractures associated with metabolic syndrome.

The aim of the study is to improve the results of pre- and postoperative treatment of fractures of the long bones of the lower extremity against the background of metabolic syndrome, by developing a new method of prediction.

(Injury Severity Score) scale, full stay in our clinic (without transfer to others), duration of hospitalization for more than a day. To solve this problem, we proposed a new method for choosing the tactics of surgical treatment for fractures of the long bones of the lower extremity in patients with metabolic syndrome (IAP 2020 0112 from 03.03.2020).

The evaluation of the optimized preparation of the patient for surgery was carried out using a nomogram developed by us. Fractures of the proximal femur were diagnosed according to ICD-10 on the basis of routine clinical studies, X-ray diagnostics, multispiral computed tomography (MSCT), if there was a need for verification.

sugar levels, systolic and blood pressure values, diabetic nephropathy, body mass index, are taken into account (Figure 1).

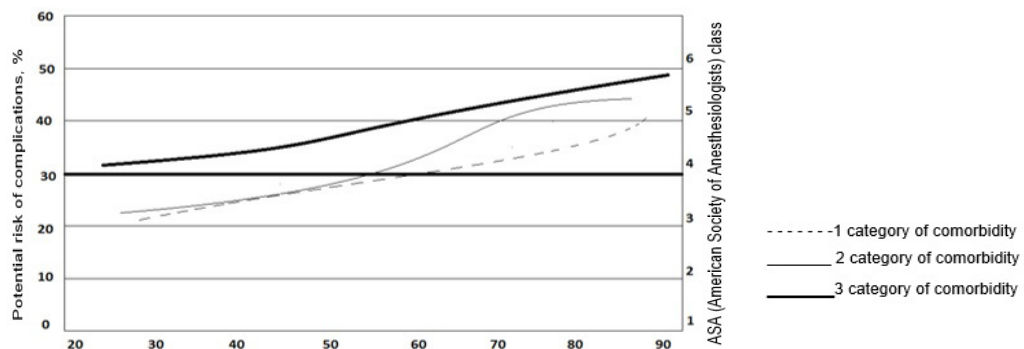


Figure 1 - Graph (nomogram) for determining the potential risk of complications in patients with fractures of the long bones of the lower limb against the background of the metabolic syndrome

This is how the category of comorbidity of metabolic syndrome is determined:

-0 - compensated, blood sugar level ≤ 6.1 mmol / l, blood pressure - $\leq 139 / 89$ mm Hg, BMI - 30-34.9 kg / m², target organ damage is absent;

-1-2 - subcompensated, blood sugar level 6.1 - 11.1 mmol / l, blood pressure - $\leq 159 - 179 / 99 - 109$ mm Hg, BMI - 35 - 39.9 kg / m², target organ damage - 1;

-3 - decompensated, blood sugar level ≥ 11.1 mmol

/ l, blood pressure - $\geq 180 / 110$ mm Hg, BMI - ≥ 40 kg / m², target organ damage - 2 or more.

2. The number of affected target organs (vessels, kidney, liver, peripheral nervous system) is taken into account, which is of particular importance, both from the side of the general somatic status and bone fusion or its absence. Considering the influence of comorbid pathology on clinical manifestations, diagnosis, prognosis and treatment of many diseases, it is multifactorial.

3. The treatment approach will be the same as for polytrauma, which is based on the tactics of "Damage Control Orthopedics", which initially consists of preliminary immobilization of long tubular bones-mainly fractures of the lower limb in order to achieve the benefits of early treatment and minimize the risk of complications such as severe pain, fat embolism, blood coagulopathy, systemic inflammatory response syndrome, massive bleeding, triggering a deadly triad, and traumatic consequences of a major operation for a patient who is already injured (the "second hit" effect).

4. The state of not only arterial blood flow is taken into account (systolic and diastolic, pulse pressure, duplex scanning of the vessels of the lower extremity – in order to find signs of thrombosis and atherosclerosis, which is an invariable factor in metabolic syndrome), the state of central venous pressure (CVP) is also evaluated – one of the main criteria that helps in the diagnosis of hypovolemic condition, which is a companion of fractures of the long bones of the lower limb. This parameter helps to adequately

compensate for blood rheology, prevent negative water balance, and also replenish BCC, taking into account the state of filtration function of the kidneys.

According to the type of fractures in the main and control groups, intra-articular fractures prevailed – 70,7% and 67,6%, respectively, extra-articular fractures in the main and control groups, therefore, amounted to 29,2% and 32,3%. Patients of the main group with high risk (n=17) were treated conservatively for cardiological, endocrinological, neurological comorbidities to optimize the somatic status. After optimization of the somatic status with a repeated assessment of the risk of possible development of postoperative complications, the patients of the main group were distributed as follows, low risk (<10%) - 10 patients (15,4%), average risk (10-30%) - 44 patients (67,7%), high risk (> 30%) - 11 patients (16,9%). Thus, the number of high-risk patients was reduced by 1,54 times ($X^2=30,2$, $p<0,05$) due to distribution into lower-risk groups, including the low-risk group.

Discussion

The interrelation and interaction of the essential features of our method ensured the achievement of a new technological medical result in solving the assigned appointment. This allows the traumatologist to quickly assess the patient's condition through preliminary diagnosis of comorbid conditions, an objective assessment of the risks of complications. One of the most severe injuries leading to disability and having a high one-year mortality rate is a fracture of the proximal femur [3,4]. We chose this particular localization of the fracture for clarity and confirmation of the effectiveness of our nomogram.

The choice of the method of surgical intervention, whenever possible, was determined by the method of choosing the tactics of surgical treatment for fractures of the proximal femur developed by Russian colleagues [5]. The method of surgical intervention was based on the types of fracture: for intra-articular fractures - total hip arthroplasty, cannulated screws, fixation with a bunch of wires. In case of extra-articular fractures, intramedullary osteosynthesis was performed with PFN-type structures with blocking, plates for the proximal femur with angular stability. Primary total arthroplasty was performed in 25.7% of patients in the main group and 19.9% in the comparison group. Consequently, in 75.3% of the main and 79.9% of patients in the comparison group, one or another type of osteosynthesis was performed. The number of

complications in the main group was 1.3 times less than in the control group.

Thus, according to the results of our study, the effectiveness of the nomogram for predictive assessment of the risk of possible complications in patients with fractures of the proximal femur is confirmed. This method of using the nomogram allows for a multidisciplinary approach to a difficult problem. As a result, preoperative medical examination and planning should include:

- Determination of the nature, severity and degree of control of all comorbid conditions that may affect the adoption of perioperative clinical decisions and the provision of medical care;
- Optimization and treatment of all active medical pathological conditions;
- Assessment of the risk associated with anesthesia and surgery (magnitude and type);
- Informing patients and their families about possible complications and relative severe and prolonged postoperative rehabilitation.

In traumatology, the need for surgical intervention is rarely questioned, but in this case, the expected benefits of the procedure should be balanced with perioperative risks.

Conclusion

The effectiveness of the nomogram for prognostic assessment of the risk of developing possible complications in patients with fractures of the proximal femur is confirmed.

Conflict of interest: Not available.

Financing: Not available.

Authors' contribution: K.M. - conceptualization, editing; R.Y. - data processing, writing; M.S. - data collection.

References

1. Gandhi R., Razak F., Tso P., Davey J.R. et al. Metabolic syndrome and the incidence of symptomatic deep vein thrombosis following total knee arthroplasty. *Journal of Rheumatology*. 2009; 10(36): 2298–2301 <https://doi.org/10.3899/jrheum.090282>.
2. Zmistowski B., Dizdarevic I., Jacovides C.L., Radcliff K.E. et al. Patients with uncontrolled components of metabolic syndrome have increased risk of complications following total joint arthroplasty. *Journal of Arthroplasty*. 2013; 6(28): 904–907. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2012.12.018>.
3. Abrahamsen B., Van Staa T., Ariely R., Olson M. et al. Excess mortality following hip fracture: A systematic epidemiological review. *Osteoporosis International*. 2009; 20(10): 1633–1650. <https://doi.org/10.1007/s00198-009-0920-3>.
4. Downey C., Kelly M., Quinlan J.F. Changing trends in the mortality rate at 1-year post hip fracture - a systematic review. *World Journal of Orthopaedics*. 2019; 10(3): 166–175. <https://doi.org/10.5312/wjo.v10.i3.166>.

5. Агаджанян В.В., Милуков А.Ю., Устьянцев Д.Д., Гилев Я.Х. Прогностическая модель потенциального риска развития осложнений у пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости // Политравма. – 2018. – №3. – С. 6-19.

Agadzhanian V.V., Miliukov A.Iu., Ust'iantsev D.D., Gilev Ia.Kh. Prognosticheskaia model' potentsial'nogo riska razvitiia oslozhenenii u patsientov s perelomami proksimal'nogo otdela bedrennoi kosti (Predictive model of the potential risk of complications in patients with fractures of the proximal femur) [in Russian]. Politravma. 2018; 3: 6-19.

Аяқтың ұзын сүйектерінің сынығы бар науқастарда зат алмасу бұзылыстары аясындағы асқынулар туындау қатерін бағалау

Якубджанов Р.Р.¹, Мадрахимов С.Б.², Каримов М.Ю.³

¹ Травматология-ортопедия және әскери дала хирургиясы кафедрасының аспиранты, Ташкент медицина академиясы, Ташкент, Өзбекстан. E-mail: ravshan.yakubdjanov@gmail.com

² Ташкент медицина академиясының Көпбейінді клиникасының травматология бөлімшесінің дәрігер-ординаторы, Ташкент, Өзбекстан. E-mail: m_sarvar91@mail.ru

³ Травматология-ортопедия және әскери дала хирургиясы кафедрасының меңгерушісі, Ташкент медицина академиясы, Ташкент, Өзбекстан. E-mail: m.karimov@mail.ru

Түйіндеме

Зерттеудің мақсаты: метаболикалық синдром фонында аяқтың ұзын сүйектерінің сынуы бар науқастарда асқыну қаупін бағалау.

Әдістері. Бір орталықты ретроспективті зерттеуде 2016-2021 жылдар ішінде Ташкент медицина академиясының Көпбейінді клиникасына жүгінген 95 науқастың (негізгі топ) жамбас сүйегінің проксимальды сүйектерінің сынықтарын емдеу нәтижелері талданды. Бақылау тобына 2014 жылдың қаңтарынан 2016 жылдың желтоқсан айына дейін емделген 102 науқас кірді. Орташа жасы $67,7 \pm 11,6$ жасты құрады. Зерттеуге қосу критерийлері: жасы 18-ден жоғары, жарақаттың ауырлығы ISS (Жарақаттанудың ауырлық көрсеткіші) шкаласы бойынша 15 балдан аз, біздің клиникада толық емделу (басқа клиникаларға ауыстырылмай), бір тәуліктен астам ауруханада болу. Қосалқы ауру санатын ASA (Американдық анестезиологтар қоғамы) бойынша анықтадық.

Нәтижелері. Сынық түрлері бойынша негізгі (70,7%) және бақылау (67,6%) топтарында буынішілік сынықтар басым болды. Негізгі және бақылау топтарында буыннан тыс сынықтар сәйкесінше 29,2% және 32,3% құрады. Тәуекел деңгейі жоғары негізгі топтағы науқастардың ($n=17$) соматикалық статусын оңтайландыру үшін оларға кардиологиялық, эндокринологиялық және неврологиялық аурулар бойынша консервативті ем жүргізді. Отадан кейінгі асқынулардың ықтимал даму қаупін қайта бағалау арқылы соматикалық мәртебені оңтайландырғаннан кейін негізгі топтағы науқастар келесідей бөлінді: тәуекел деңгейі төмен (<10%) – 10 науқас (15,4%), орташа қауіп (10-30%) – 44 науқас (67,7%), жоғары қауіп (>30%) – 11 науқас (16,9%). Осылайша, тәуекел дәрежесі төмен топтарға, соның ішінде жоғары қауіп тобына жататын науқастардың саны 1,54 есеге қысқарды ($X^2=30,2$, $p<0,05$).

Қорытынды. Осылайша, проксимальды жамбас сүйегінің сынықтары бар науқастарда ықтимал асқынулардың даму қаупін болжамды бағалау үшін номограмманың тиімділігі расталды.

Түйін сөздер: аяқтың сынуы, зат алмасу синдромы, сынықтардың асқынулары, зақымдалуларды ортопедиялық бақылау.

Оценка риска осложнений больных при переломах длинных костей нижней конечности на фоне метаболического синдрома

Якубджанов Р.Р.¹, Мадрахимов С.Б.², Каримов М.Ю.³

¹ Аспирант кафедры травматологии-ортопедии и военно- полевой хирургии, Ташкентская медицинская академия, Ташкент, Узбекистан. E-mail: ravshan.yakubdjanov@gmail.com

² Ординатор отделения травматологии, Многопрофильная клиника Ташкентской медицинской академии, Ташкент, Узбекистан. E-mail: m_sarvar91@mail.ru

³ Заведующий кафедрой травматологии-ортопедии и военно- полевой хирургии, Ташкентская медицинская академия, Ташкент, Узбекистан. E-mail: m.karimov@mail.ru

Резюме

Цель исследования: оценить риск возникновения осложнений больных при переломах длинных костей нижней конечности на фоне метаболического синдрома.

Методы. В ретроспективном одноцентровом исследовании проанализированы исходы лечения переломов проксимального отдела бедренной кости у 95 пострадавших (основная группа), обратившихся в Многопрофильную клинику Ташкентской Медицинской Академии с 2016 года по 2021 года. В группу сравнения вошли 102 пострадавших с переломами длинных

костей нижней конечности, которые прошли лечение в нашей клинике с января 2014 года по декабрь 2016 года. Средний возраст составил $67,7 \pm 11,6$ лет. Критериями включения в исследование явились: возраст более 18 лет, тяжесть травмы менее 15 баллов по шкале ISS (Injury Severity Score), полное пребывание в нашей клинике (без перевода в другие), длительность госпитализации более суток. Категорию коморбидности определяли по ASA (American Society of Anesthesiologists).

Результаты. По типу переломов в основной и контрольной группах преобладали внутрисуставные переломы – 70,7% и 67,6% соответственно, внесуставные переломы в основной и контрольной группах, следовательно, составили 29,2% и 32,3%. Пациенты основной группы с высоким риском ($n=17$), лечились консервативно по поводу кардиологической, эндокринологической, неврологической сопутствующей патологии для оптимизации соматического статуса. После оптимизации соматического статуса при повторной оценке риска возможного развития послеоперационных осложнений пациенты основной группы распределились следующим образом, низкий риск (<10%) – 10 пациентов (15,4%), средний риск (10-30%) – 44 пациент (67,7%), высокий риск (>30%) – 11 пациентов (16,9%). Таким образом, количество пациентов с высоким риском было снижено в 1,54 раза ($X^2=30,2$, $p < 0,05$) за счет распределения в группы с меньшим риском, в том числе и в группу низкого риска.

Выводы. Таким образом, подтверждается эффективность номограммы для прогностической оценки риска развития возможных осложнений у пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости.

Ключевые слова: переломы нижних конечностей, метаболический синдром, осложнения переломов, ортопедия контроля повреждений.

МАЗМҰНЫ

<i>Балгазаров С.С., Рамазанов Ж.К., Абилов Р.С., Тупикин А.Л., Морошан А.В., Атепилева А.М., Қрикливий А.А.</i> Өкше аймағындағы жұмсақ тіндердің ақауларына реконструктивті араласулар	4
<i>Мухаметжанов Х., Бекарисов О.С., Мухаметжанов Д.Ж., Қарибаев Б.М., Дюсенбаев Н.Н., Жанаспаев Т.М.</i> Сүйек пластикасы үшін тромбоциттер массасында байытылған кеуекті титан никелидің түйіршіктерінен биокөмпозициялық материалды қолданудың ғылыми негіздемесі	10
<i>Жақсыбекова Г.К., Бермағамбетова Г.Н.</i> Қазақстан Республикасындағы жарақаттанушылық, жарақат салдарынан болған өлім-жітім және мүгедектіктің 2019-2020 жылдардағы көрсеткіштері	31
<i>Плиска Н.Н.</i> Бейспецификалық остеомиелитпен ауыратын науқастардан бөлінген алтын түсті стафилококктың төзімділігінің динамикасы	39
<i>Коробушкин Г.В., Чеботарев В.В., Ишкиняев И.Д., Мирошникова Е.А.</i> Клиникалық бақылау. Өкшесінің ескі сынығы бар науқасты емдеу нәтижесі. Түзетуші Romash остеотомиясын, бүйірлік декомпрессия мен асықасты сүйегінің артродезін жүзеге асырғаннан кейінгі 10 жылдан соң алынған нәтижені бағалау	46
<i>Нәбиев Е.Н., Байзақов А.Р.</i> Тізе буыны менискісінің ескі зақымдалуы бар науқастарды жаңа артроскопиялық техника арқылы емдеу нәтижелері	54
<i>Якубджанов Р.Р., Мадрахимов С.Б., Қаримов М.Ю.</i> Аяқтың ұзын сүйектерінің сынығы бар науқастарда зат алмасу бұзылыстары аясындағы асқынулар туындау қатерін бағалау	60

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Балгазаров С.С., Рамазанов Ж.К., Абилов Р.С., Морошан А.В., Атепилева А.М., Қрикливый А.А.</i> Реконструктивные вмешательства на дефектах мягких тканей пяточной области	4
<i>Мухаметжанов Х., Бекарисов О.С., Мухаметжанов Д.Ж., Карибаев Б.М., Дюсенбаев Н.Н., Жанаспаев Т.М.</i> Научное обоснование использования биокомпозитного материала из гранул пористого никелида титана, обогащенного тромбоцитарной массой для костной пластики	10
<i>Джаксыбекова Г.К., Бермагамбетова Г.Н.</i> Показатели травматизма, инвалидности и смертности от травм в Республике Казахстан за 2019-2020 годы	31
<i>Плиска Н.Н.</i> Динамика резистентности золотистого стафилококка, выделенного от пациента с неспецифическим остеомиелитом	39
<i>Коробушкин Г.В., Чеботарев В.В., Ишкиняев И.Д., Мирошникова Е.А.</i> Клиническое наблюдение. Лечение пациента с застарелым переломом пяточной кости. Оценка отдаленного 10-ти летнего результата лечения после выполнения корригирующей остеотомии Romash, латеральной декомпрессией, подтаранного артродеза	46
<i>Набиев Е.Н., Байзаков А.Р.</i> Результаты лечения пациентов с застарелыми повреждениями менисков коленного сустава с применением новой артроскопической техники	54
<i>Якубджанов Р.Р., Мадрахимов С.Б., Каримов М.Ю.</i> Оценка риска осложнений больных при переломах длинных костей нижней конечности на фоне метаболического синдрома	60

CONTENT

<i>Serik Balgazarov, Zhanatay Ramazanov, Ruslan Abilov, Alexander Tupikin, Artem Moroshan, Aliya Atepileva, Alexander Krikliiviy</i> The Reconstructive Interventions on the Heel Area Soft Tissue Defects.....	4
<i>Khanat Mukhametzhanov, Olzhas Bekarissov, Dulat Mukhametzhanov, Buratay Karibayev, Nurzhan Dyusenbayev, Timur Zhanaspayev</i> Scientific Substantiation of the Use of Biocomposite Material from Granules of Porous Titanium Nickelide Enriched in Platelet Mass for Bone Grafting.....	10
<i>Galina Jaxybekova, Gaziza Bermagambetova</i> Indicators of Injuries, Disability and Mortality from Injuries in the Republic of Kazakhstan for 2019-2020.....	31
<i>Nataliya Pliska</i> Dynamics of Antibiotic Resistance of Staphylococcus Aureus Isolated from Patients with Nonspecific Osteomyelitis.....	39
<i>Gleb Korobushkin, Vitaly Chebotarev, Ilyas Ishkinyayev, Ekaterina Miroshnikova</i> Case Report. Treatment Patient with Malunited Calcaneal Fractures. Evaluation Clinical Outcome 11-years Follow-up After Reconstructive Romash Osteotomy with Lateral Decompression and Subtalar Arthrodesis.....	46
<i>Ergali Nabyiev, Arnat Bayzakov</i> The Results of Treatment of Patients with Chronic Injuries of the Knee Menisci Using Arthroscopic Techniques.....	54
<i>Ravshan Yakubdjanov, Madrahimov S.B., Karimov Murodulla</i> Assessment of the Risk of Complications in Patients with Fractures of the Long Bones of the Lower Extremity Against the Background of Metabolic Syndrome.....	60

