

Гистоморфометрические изменения синовиальной оболочки коленного сустава при комбинированном применении несвободной костной пластики по Илизарову и технологии Masquelet (экспериментальное исследование)

Т.А. Ступина¹, О.В. Дюрягина¹, Д.С. Моховиков¹, Ю.А. Ступина², Д.Ю. Борзунов^{3,4}

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган, Россия

²Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Тюмень, Россия

³Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования

«Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Екатеринбург, Россия

⁴Муниципальное автономное учреждение «Центральная городская клиническая больница № 23», г. Екатеринбург, Россия

Histomorphometric changes in the synovial membrane of the knee joint in combined use of the Ilizarov non-free bone plasty and the Masquelet technique (experimental study)

T.A. Stupina¹, O.V. Diuriagina¹, D.S. Mokhovikov¹, Yu.A. Stupina², D.Yu. Borzunov^{3,4}

¹Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

²Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation

³Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

⁴Central City Clinical Hospital № 23, Ekaterinburg, Russian Federation

Актуальность. Дефекты длинных костей представлены сложным анатомо-функциональным комплексом патологии всей конечности. Фундаментальные исследования тканей смежных к костным дефектам суставов при применении разных технологий замещения дефектов длинных костей малоисследованы. **Цель.** При моделировании условий замещения дефектов берцовых костей голени методом несвободной костной пластики по Илизарову в сочетании с технологией Masquelet изучить структурные изменения синовиальной оболочки коленного сустава. **Материалы и методы.** Десяти беспородным собакам моделировали условия замещения пострезекционного дефекта большеберцовой кости (величиной от 15 % длины сегмента) удлинением дистального отломка. Временно, на 30 суток, в зону пострезекционного дефекта имплантировали цементный спейсер. После удаления импланта в нижней трети голени осуществляли перемещение промежуточного фрагмента до полного контакта костных отломков с темпом 1 мм за 4 приема. Гистоморфометрические исследования синовиальной оболочки проведены на этапах наблюдения в конце периода фиксации (60 суток) и после снятия аппарата (30 суток). **Результаты.** В синовиальной оболочке выявлены два типа изменений: изменения деструктивного характера без синовита (30 % случаев) и с признаками синовита (70 % случаев: у 3 собак – синовит слабой степени выраженности и у 4 собак – выраженный синовит). Изменения сосудов микроциркуляторного русла синовиальной оболочки при синовите свидетельствовали о нарушении микроциркуляции, высокой активности ангиогенеза и развитии гиперваскуляризации. **Заключение.** При экспериментальном замещении дефекта костей голени удлинением отломка большеберцовой кости по Илизарову в сочетании с методом Masquelet в 70 % наблюдений методами гистоморфометрии выявлены признаки синовита коленного сустава.

Ключевые слова: синовиальная оболочка, морфометрия, дефект голени, несвободная костная пластика, метод Илизарова, метод Masquelet

Relevance Defects of long bones result in anatomical and functional complex of pathologies in the entire limb. There are few fundamental studies of tissues adjacent to bone defects by using different technologies for management of long bone defects. **Purpose** To study the structural changes in the synovial membrane of the knee joint by modelling the conditions for tibial defect management using the Ilizarov method of non-free bone plasty in combination with the Masquelet technique. **Materials and methods** The conditions of post-resection defect of the tibia (from 15 % of the segment length) by lengthening the distal fragment were modeled in ten mongrel dogs. Temporarily, for 30 days, a cement spacer was implanted into the post-resection defect gap. Upon its removal, the intermediate fragment in the lower third of the leg was transported at a rate of 1 mm in 4 steps until complete contact of the bone fragments. Histomorphometric studies of the synovium were carried out at the observation stages at the end of the fixation period (60 days) and after removing the apparatus (30 days). **Results** Two types of changes were revealed in the synovium: changes of a destructive nature without synovitis (30 % of cases) and with signs of synovitis (70 % of cases, 3 dogs had mild synovitis and 4 dogs had severe synovitis). Changes in the microvessels of the synovial membrane in synovitis indicated impaired microcirculation, high activity of angiogenesis and the development of hypervascularization. **Conclusion** Experimental management of the tibial bone defect by Ilizarov method in combination with the Masquelet technique revealed signs of synovitis of the knee joint in 70 % of cases using histomorphometry methods.

Keywords: synovium, morphometry, lower leg defect, non-free bone plasty, Ilizarov method, Masquelet technique

ВВЕДЕНИЕ

Дефекты длинных костей, как правило, представлены сложным анатомо-функциональным комплексом патологии всей конечности. Сформированные костные дефекты являются исходом длительного заболевания и результатом безуспешных оперативных вмешательств. Поиск эффективных методов лечения пациентов с такими дефектами костей на сегодняшний день сохраняет свою актуальность. Ряд исследований свидетельствуют,

что несвободная костная пластика по Илизарову является альтернативной, а в ряде клинических наблюдений и более эффективной в сравнении с применением свободных васкуляризованных костных трансплантатов, особенно при больших костных дефектах [1–3]. Вместе с тем, ряд авторов отмечают недостатки данной технологии, связанные с необходимостью продолжительного периода фиксации конечности в аппарате [4].

Гистоморфометрические изменения синовиальной оболочки коленного сустава при комбинированном применении несвободной костной пластики по Илизарову и технологии Masquelet (экспериментальное исследование) / Т.А. Ступина, О.В. Дюрягина, Д.С. Моховиков, Ю.А. Ступина, Д.Ю. Борзунов // Гений ортопедии. 2021. Т. 27, № 2. С. 249–253. DOI 10.18019/1028-4427-2021-27-2-249-253

Stupina T.A., Diuriagina O.V., Mokhovikov D.S., Stupina Yu.A., Borzunov D.Yu. Histomorphometric changes in the synovial membrane of the knee joint in combined use of the Ilizarov non-free bone plasty and the Masquelet technique (experimental study). *Genij Ortopedii*, 2021, vol. 27, no 2, pp. 249–253. DOI 10.18019/1028-4427-2021-27-2-249-253

За последнее время появились технологии, которые открывают новые перспективы для решения этой проблемы. По мнению некоторых авторов, техника Masquelet – надежный метод лечения сегментарных дефектов, но он требует адекватного аутогенного костного трансплантата [5].

Нами в эксперименте апробирована методика восполнения пострезекционного дефекта голени методом несвободной костной пластики по Илизарову в сочетании с технологией Masquelet. Установлено, что комбинирование технологий оказывает влияние на гистологическую структуру суставного хряща коленного сустава [6].

Трудности реабилитации пациентов с данной нозологической формой связаны со значительными сопутствующими структурными и функциональными нарушениями в области нижней конечности, в том числе и со стойкими ограничениями подвижности суставов, в литературе описаны случаи, когда в последующем пациенты нуждались в эндопротезировании [7, 8].

Фундаментальные исследования тканей сустава при применении разных технологий лечения пациентов с дефектами длинных костей единичны [6, 9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперимент включал три этапа и был выполнен на 10 беспородных собаках (масса тела составила в среднем $16,8 \pm 0,4$ кг, возраст – $3,9 \pm 0,3$ года, длина голени от 17 до 20 см). На первом этапе эксперимента в верхней трети большеберцовой кости моделировали дефект-псевдоартроз в условиях чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова (патент № 2539627 РФ) [11]. Период фиксации сегмента в аппарате составлял 60 суток. На втором этапе эксперимента зону псевдоартроза подвергали дозированной дистракции с целью формирования дефекта не менее 15 % (2,5 см) от длины сегмента. Затем в сформированный диастаз помещали цементный спейсер, создавая плотный контакт «кость-спейсер-кость». Через 30 суток имплант удаляли. После поперечной остеотомии большеберцовой кости в нижней трети, через 7 суток путем дозированного и дискретного по 1 мм за 4 приема в течение 25–28 суток перемещения промежуточного фрагмента кости достигали полного контакта противоположащих костных отломков. Фиксировали сегмент в аппарате 60 суток, затем аппарат демонтировали. Этапы исследования: 60 суток фиксации ($n = 5$) и 30 суток после снятия аппарата ($n = 5$).

Исследование выполнено в соответствии с Европейской Конвенцией по защите позвоночных животных и Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, исполь-

Одним из наиболее значимых факторов суставной патологии является воспалительный процесс в синовиальной оболочке [10], но её изменения в экспериментальной модели восполнения пострезекционного дефекта голени аппаратом Илизарова в сочетании с методом Masquelet не изучены. В то же время фундаментальные исследования компонентов сустава необходимы клиницистам для дальнейшей реабилитации пациентов.

Цель – при моделировании условий замещения дефектов берцовых костей голени методом несвободной костной пластики по Илизарову в сочетании с технологией Masquelet изучить структурные изменения синовиальной оболочки коленного сустава.

Основываясь на ранее полученных данных о гистоморфометрических изменениях хряща коленного сустава [6], мы предполагаем, что данное фундаментальное исследование будет иметь и прикладное значение для разработки протоколов и методических рекомендаций по комплексной реабилитации пациентов с дефектами длинных костей в условиях комплексного применения технологий Илизарова и Masquelet.

зующих в научных целях, согласно СП 2.2.1.3218-14; ГОСТу 33217-2014; ГОСТу 33215-2014, а также одобрено внутриучрежденческим этическим комитетом (протокол № 2 (57) от 17.05.18 г.).

Для гистоморфометрического исследования из супрапателлярной зоны иссекали образцы синовиальной оболочки, которые после альдегидной и осмиевой фиксации обезжировали и заливали в смолу. Полутонкие (0,5–1,0 мкм) срезы, полученные на ультратоме "Nova" (LKB, Швеция), окрашивали метиленовым синим и основным фуксином. Микроскопирование, оцифровку и количественные исследования производили с помощью микроскопа «AxioScope.A1» в комплекте с цифровой камерой «AxioCam» и программным обеспечением «Zenblue» (CarlZeissMicroImaging GmbH, Германия). Измеряли толщину покровного слоя синовиальной оболочки (мкм, $M \pm \sigma$), рассчитывали численную плотность микрососудов ($M \pm \sigma$) в 1 мм^2 . Оценка выраженности синовиита проведена с помощью шкалы V. Krenn et al. (2006) [12]. Контроль – синовиальная оболочка коленного сустава интактных животных ($n = 5$).

Цифровой материал обрабатывали с помощью описательной статистики. Статистическую значимость различий определяли, используя непараметрический критерий Вилкоксона при уровне значимости (p), равном 0,05. Расчет выполняли в программе AtteStat, версия 9.3.1.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При световой микроскопии синовиальной оболочки в срок 60 суток фиксации выявлено два типа изменений.

У трех животных из пяти относительно контроля отмечено уменьшение толщины покровного слоя – $19,91 \pm 2,51$ мкм ($p < 0,05$) и численной плотности сосудов микроциркуляторного русла в поверхностном коллагеново-эластическом субсиновиальном слое $298,05 \pm 26,74$ ($p < 0,05$). В контроле эти показатели составили $26,08 \pm 2,04$ мкм и $335,05 \pm 28,88$ соответ-

ственно. Синовиальные клетки, преимущественно фибробластического типа, располагались в 1–2 слоя (рис. 1). В поверхностном коллагеново-эластическом слое сохранялась нормальная клеточность, преобладали коллагеновые волокна. Регистрировали признаки отека – разволокнение и редкое расположение коллагеновых волокон, увеличение оптических пустот между волокнами (рис. 1, а). Полуколичественная оценка синовиита составила 1 балл, что свидетельствовало об его отсутствии.

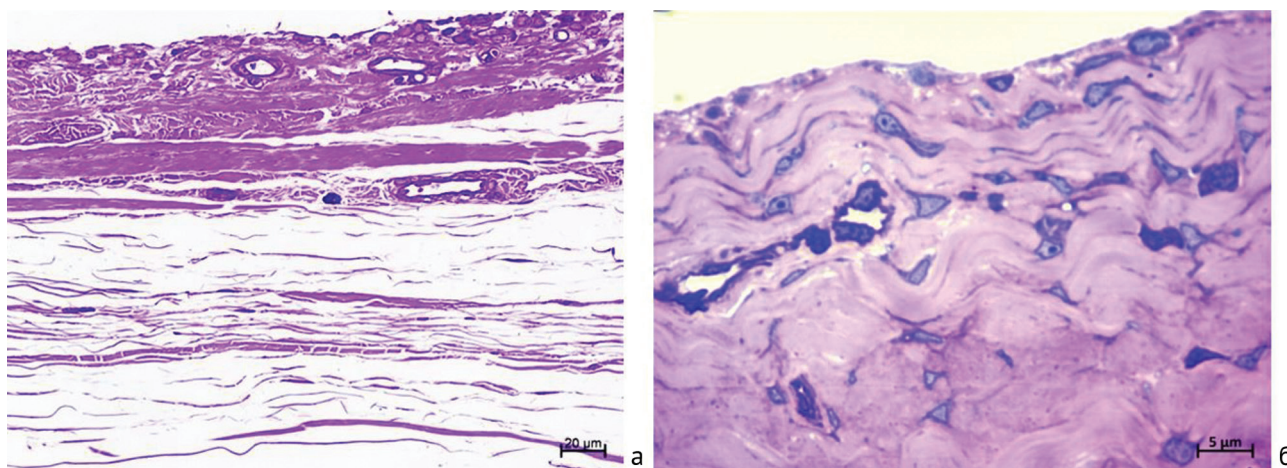


Рис. 1. Синовиальная оболочка. 60 суток фиксации: а – истончение покровного слоя, оптические пустоты между волокнами субсинавиального слоя. Увеличение 200×; б – фибробластические синовиоциты в покровном слое. Увеличение 1000×. Окраска метиленовым синим и основным фуксином

У двух животных в этот срок эксперимента, напротив, отмечали очаговую гиперплазию покровного слоя, его толщина составила $46,43 \pm 3,14$ мкм ($p < 0,05$), и гиперваскуляризацию субсинавиального слоя, численная плотность сосудов микроциркуляторного русла в 1,7 раза превышала контроль – $597,89 \pm 36,14$ ($p < 0,05$). Синовиальные клетки располагались в 5–6 слоев, преобладали синовиоциты макрофагального типа. Такие синовиоциты отличались большими размерами, имели выросты, цитоплазма вакуолизирована и содержала зернистые включения. Отмечены очаги воспалительного инфильтрата, состоящего из многочисленных лимфоцитов и плазматических клеток (рис. 2).

В субсинавиальном слое визуализировали признаки липоматоза, клеточность была умеренно повышена, отмечали периваскулярно расположенные тучные клетки, плазматические клетки. Полуколичественная оценка синовита, 7 баллов, указывала на выраженный синовит.

Во всех наблюдениях регистрировали микрососуды, стенки которых утолщены, набухшие ядра эндотелиальных клеток перекрывали внутрисосудистое пространство.

Через месяц после снятия аппарата, как и на предыдущем сроке эксперимента, животные отличались по степени выраженности синовита. У 3 собак оценка по шкале V. Krenn et al. [12] – 2 балла, что соответствует

слабо выраженному синовиту. Гистологическая структура синовиальной оболочки аналогична структуре синовиальной оболочки без синовита в срок 60 суток фиксации, за исключением наличия макрофагальных синовиоцитов в покровном слое и слегка повышенной клеточности в субсинавиальном слое за счет тучных клеток (рис. 3, а). Толщина покровного слоя сопоставима с контролем – $25,69 \pm 2,63$ мкм ($p > 0,05$), численная плотность микрососудов незначительно превышала контроль – $376,93 \pm 43,66$ ($p > 0,05$).

У двух собак оценка по шкале V. Krenn et al. [12] – 5 баллов, что свидетельствует о выраженном синовите. Толщина покровного слоя сохраняла повышенные значения – $49,95 \pm 4,23$ мкм ($p < 0,05$), численная плотность микрососудов в 2 раза превышала контроль – $636,89 \pm 41,39$ ($p < 0,05$).

По сравнению с синовиальной оболочкой с выраженным синовитом в срок 60 суток фиксации уменьшено количество слоев синовиальных клеток (2–3 слоя) и представительство макрофагальных синовиоцитов в покровном слое, воспалительный инфильтрат состоял из лимфоцитов и плазматических клеток, расположен преимущественно диффузно (рис. 3, б).

Как и в срок 60 суток фиксации во всех наблюдениях отмечали микрососуды с облитерированным просветом или стенозом, стенки сосудов гипертрофированы.

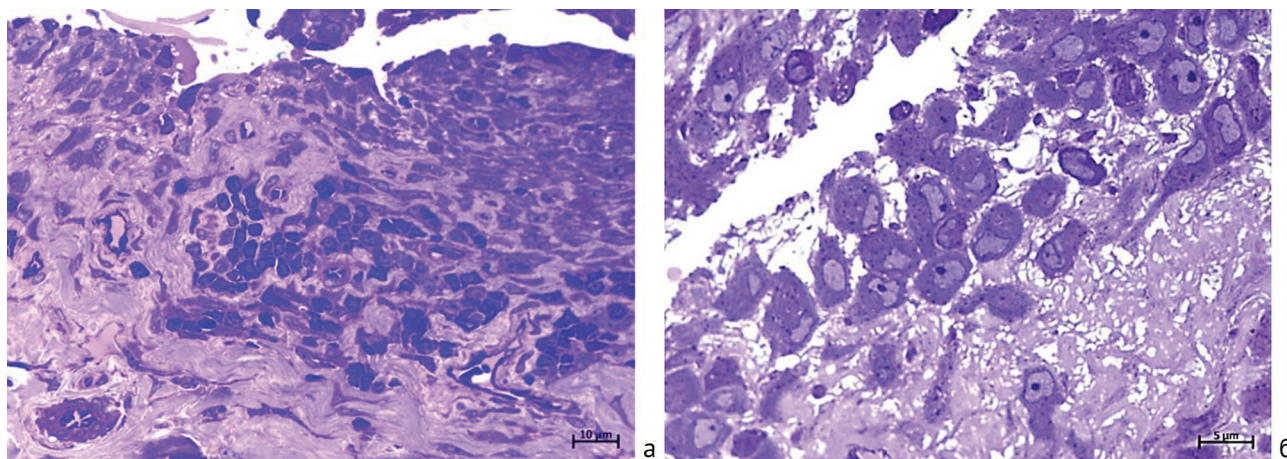


Рис. 2. Синовит. 60 суток фиксации: а – умеренная гиперплазия покровного слоя, очаги лимфо-плазматической инфильтрации. Увеличение 400×; б – макрофагальные синовиоциты в покровном слое. Увеличение 1000×. Окраска метиленовым синим и основным фуксином

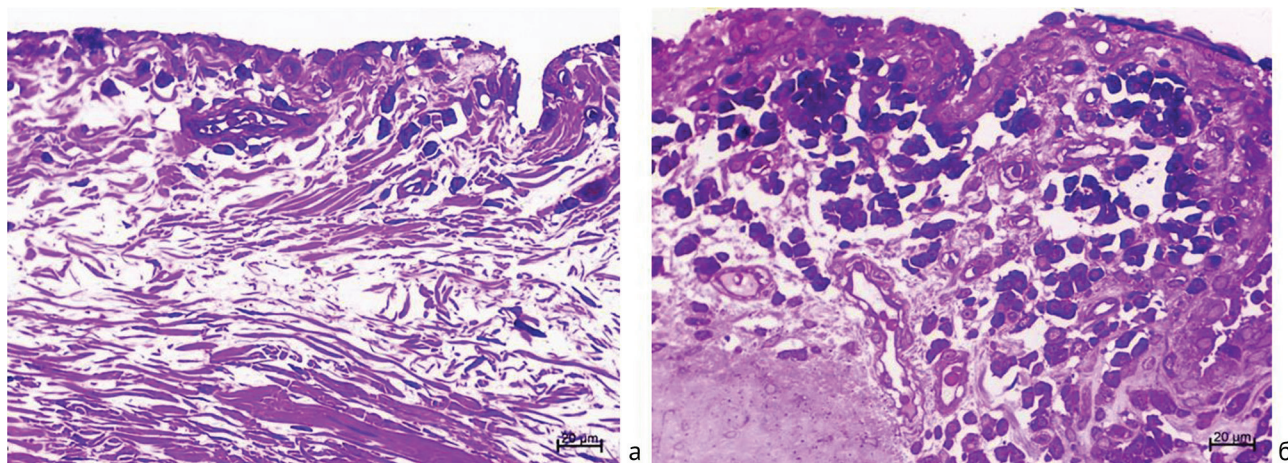


Рис. 3. Синовиальная оболочка. 30 суток после снятия аппарата: а – слабо выраженный синовит, в субсиновиальном слое единичные плазматические клетки; б – выраженный синовит, воспалительный инфильтрат диффузного типа. Окраска метиленовым синим и основным фуксином. Увеличение 200×

ОБСУЖДЕНИЕ

Синовиальная оболочка вносит значительный вклад в состояние суставного хряща [13]. В ранее выполненных исследованиях при экспериментальном удлинении костей голени были выявлены реактивные и/или деструктивно-репаративные изменения суставного хряща коленного сустава, выраженность которых коррелировала с изменениями синовиальной оболочки [14–16].

Можно было предположить отсутствие влияния на морфологическую структуру артикулирующих поверхностей коленного сустава синовиальной оболочки при выполнении костнопластических вмешательств в условиях чрескостного остеосинтеза. Данное предположение базируется на факте сохранения длины костного сегмента при замещении пострезекционного дефекта методом несвободной костной пластики по Илизарову в сочетании с технологией Masquelet. Действительно, при данной экспериментальной модели длина сегмента со сформированным дефектом одинакова по отношению к контралатеральному сегменту.

Однако в результате проведенного исследования выявлено два типа изменений синовиальной оболочки коленного сустава. Изменения деструктивного характера без синовита в 30 % случаев и с признаками синовита в 70 % случаев – гиперплазия покровного слоя, наличие воспалительного инфильтрата, гиперваскуляризация (у трех собак – синовит слабой степени выраженности и у четырех собак – выраженный синовит).

Изменения сосудов микроциркуляторного русла синовиальной оболочки при синовите свидетельствовали о нарушении микроциркуляции, высокой активности ангиогенеза и развитии гиперваскуляризации, что прогностически неблагоприятно для восстановления функции суставов [17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При экспериментальном замещении дефекта костей голени удлинением отломка большеберцовой кости по Илизарову в сочетании с методом

Признаки синовита при воспалительных процессах (отторжение покровного слоя, пролиферация синовиоцитов покровного слоя до 10 и более рядов, полипозная гиперплазия ворсин, формирование лимфоидных фолликулов, нейтрофилы [18]) в данном эксперименте не выявлены.

Вероятнее всего, инициатором таких изменений синовиальной оболочки были биомеханические факторы. Известно, что при посттравматическом синовите патоморфологические признаки проявляются гиперплазией покровного слоя и, в меньшей степени, пролиферацией синовиоцитов, очаговой воспалительной инфильтрацией [19].

В проведенных нами ранее исследованиях у всех животных отмечались признаки денервационных изменений и ишемизации передней большеберцовой мышцы, в малоберцовых нервах регистрировали микроциркуляторные расстройства, деструкцию и снижение количества нервных волокон, что было связано с многоэтапностью и длительностью экспериментального исследования [20].

Известно, что при патологии суставов состояние синовиальной оболочки коррелирует с деструктивными процессами в суставном хряще и клиническими признаками проявления патологического процесса [21, 22]. Этим определяется значимость гистологических исследований изменений синовиальной оболочки при клинической патологии и в экспериментальной практике.

Структурные изменения синовиальной оболочки влияют на процессы деструкции суставного хряща [23]. В данном эксперименте в проведенных нами ранее исследованиях у собак с выраженным синовитом отмечали синовиальный паннус на суставной поверхности [6].

Masquelet в 70 % наблюдений методами гистофотометрии выявлены признаки синовита коленного сустава.

Конфликт интересов: не заявлен.

Работа поддержана программой МЗ РФ в рамках государственного задания ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» для выполнения НИР на 2018–2020 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lasanianos N.G., Kanakaris N.K., Giannoudis P.V. Current management of long bone large segmental defects // Orthopaedics and Trauma. 2010. Vol. 24, No 2. P. 149-163. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mporth.2009.10.003>
2. Замещение обширных диафизарных дефектов длинных костей конечностей / А.П. Барабаш, Л.А. Кесов, Ю.А. Барабаш, С.П. Шпиняк // Травматология и ортопедия России. 2014. № 2. С. 93-99.
3. Реконструкция диафизарных дефектов большеберцовых костей по методу Г.А. Илизарова / М.М. Bari, Shahidul Islam, N.H. Shetu, R.M. Mahfuzer // Гений ортопедии. 2015. № 2. С. 17-20.
4. Шастов А.Л., Кононович Н.А., Горбач Е.Н. Проблема замещения посттравматических дефектов длинных костей в отечественной травматолого-ортопедической практике (обзор литературы) // Гений ортопедии. 2018. Т. 24, № 2. С. 252-257. DOI: 10.18019/1028-4427-2018-24-2-252-257
5. Treatment of segmental tibial defects by bone transport with circular external fixation and a locking plate / Y. Lu, T. Ma, C. Ren, Z. Li, L. Sun, H. Xue, M. Li, K. Zhang, C. Zhang, Q. Wang // J. Int. Med. Res. 2020. Vol. 48, No 4. 300060520920407. DOI: 10.1177/0300060520920407
6. Патоморфология суставного хряща коленного и заплюсневых суставов при экспериментальном замещении пострезекционного дефекта голени методом Илизарова в комбинации с цементным спейсером / Т.А. Ступина, О.В. Дюрягина, А.А. Еманов, Д.С. Моховиков, Д.Ю. Борзунов // Гений ортопедии. 2020. Т. 26, № 3. С. 398-402. DOI: 10.18019/1028-4427-2020-26-3-398-402
7. Современные подходы к лечению пациентов с ложными суставами и дефектами длинных костей нижних конечностей: аналитический обзор / Е.С. Прохорова, Р.З. Уразгильдеев, М.А. Еремушкин, В.А. Колышенков // Вестник восстановительной медицины. 2020. Т. 96, № 2. С. 84-89. DOI: 10.38025/2078-1962-2020-96-2-84-89
8. Results of the Induced Membrane Technique in the Management of Traumatic Bone Loss in the Lower Limb: A Cohort Study / D. Giotikas, N. Tarazi, L. Spalding, M. Nabergoj, M. Krkovic // J. Orthop. Trauma. 2019. Vol. 33, No 3. P. 131-136. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001384
9. Особенности структурной реорганизации суставного хряща и синовиальной оболочки коленного сустава при замещении пострезекционного дефекта костей голени в условиях чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова в эксперименте / А.А. Еманов, Т.А. Ступина, Д.Ю. Борзунов, А.Л. Шастов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12-7. С. 1228-1232.
10. Морфологические аспекты состояния микроциркуляции и лимфатического дренажа в синовиальной оболочке коленного сустава у пациентов с различными стадиями гонартроза / Н.Р. Мустафаев, М.С. Любарский, Н.П. Бгатов, О.А. Шумков // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2011. № 3 (79). С. 81-85.
11. Способ моделирования дефект-псевдоартроза кости конечности : пат. 2539627 Рос. Федерация : МПК G09B 23/28 / Еманов А.А., Горбач Е.Н., Митрофанов А.Н. ; патентообладатель ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова». № 2013151502/14 ; заявл. 19.11.2013 ; опубл. 20.01.2015, Бюл. № 2.
12. Synovitis score: discrimination between chronic low-grade and high-grade synovitis / V. Krenn, L. Morawietz, G.R. Burmester, R.W. Kinne, U. Mueller-Ladner, B. Muller, T. Naupl // Histopathology. 2006. Vol. 49, No 4. P. 358-364. DOI: 10.1111/j.1365-2559.2006.02508.x
13. Морфологические критерии состояния микроциркуляции и лимфатического дренажа в синовиальной оболочке коленного сустава в норме и при патологии / Ю.И. Бородин, М.С. Любарский, Н.П. Бгатов, Н.Р. Мустафаев, Е.Ю. Дремов // Морфология. 2008. Т. 133, № 1. С. 51-55.
14. Гистоморфометрический анализ суставного хряща и синовиальной оболочки коленного сустава при метадиафизарном удлинении голени / Т.А. Ступина, Н.А. Щудло, Н.В. Петровская, М.А. Степанов // Травматология и ортопедия России. 2013. № 1 (67). С. 80-86.
15. Stupina T.A., Shchudlo M.M., Shchudlo N.A. Changes in the knee joint synovial membrane and articular cartilage during shin lengthening by autodistractor at increased daily rate // Morfologiya. 2013. Vol. 143, No 3. P. 66-70.
16. Histomorphometric analysis of knee synovial membrane in dogs undergoing leg lengthening by classic Ilizarov method and rapid automatic distraction / T.A. Stupina, M.M. Shchudlo, N.A. Shchudlo, M.A. Stepanov // Int. Orthop. 2013. Vol. 37, No 10. P. 2045-2050. DOI: 10.1007/s00264-013-1919-0
17. The role of vascular cell adhesion molecule 1/very late activation antigen 4 in endothelial progenitor cell recruitment to rheumatoid arthritis synovium / M.D. Silverman, C.S. Haas, A.M. Rad, A.S. Arbab, A.E. Koch // Arthritis Rheum. 2007. Vol. 56, No 6. P. 1817-1826. DOI: 10.1002/art.22706
18. Морфологические критерии дифференциальной диагностики синовитов коленного сустава ревматоидного генеза у детей и подростков / М.А. Герасименко, Л.А. Пашкевич, М.Т. Мохаммади, С.И. Третьяк, Е.В. Жук // Медицинский журнал. 2013. № 1 (43). С. 63-67.
19. Григоровский В.В., Сильченко В.П., Григоровская А.В. Гистологическое строение, клеточный состав и клинко-морфологическая дифференциальная диагностика синовиальной гигантоклеточной опухоли диффузного типа // Онкология. 2015. Т. 17, № 2. С. 119-128.
20. Гистоморфометрические характеристики передней большеберцовой мышцы и малоберцового нерва при экспериментальном замещении пострезекционного дефекта голени аппаратом Илизарова в комбинации с методом Masquelet / Д.С. Моховиков, Т.А. Ступина, Т.Н. Варсегова, О.В. Дюрягина, А.А. Еманов, Д.Ю. Борзунов // Гений ортопедии. 2020. Т. 26, № 2. С. 216-221. DOI: 10.18019/1028-4427-2020-26-2-216-221
21. Сустав: морфология, клиника, диагностика, лечение / В.Н. Павлова, Г.Г. Павлов, Н.А. Шостак, Л.И. Слуцкий. М. : Медицинское информационное агентство, 2011. 549 с.
22. Макушин В.Д., Ступина Т.А. К вопросу об активизации процессов, регулирующих восстановление структуры суставного хряща (обзор литературы и собственные данные) // Гений ортопедии. 2014. № 1. С. 82-88.
23. Vidinov N., Djerov A. Ultrastructural changes in the transitional zone between articular cartilage and synovial membrane during the development of experimental osteoarthritis // Int. Orthop. 2002. Vol. 26, No 3. P. 137-140. DOI: 10.1007/s00264-002-0340-x

Рукопись поступила 18.12.2020

Сведения об авторах:

1. Ступина Татьяна Анатольевна, д. б. н., ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: StupinaSTA@mail.ru
2. Дюрягина Ольга Владимировна, к. в. н., ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: diuriagina@mail.ru
3. Моховиков Денис Сергеевич, к. м. н., ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, Россия, Email: mokhovikov_denis@mail.ru
4. Ступина Юлия Андреевна, ФГБОУ ВО «Тюменский ГМУ» Минздрава России, г. Тюмень, Россия, Email: yulya.stupina.2000@mail.ru
5. Борзунов Дмитрий Юрьевич, д. м. н., ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России, г. Екатеринбург, Россия, МАУ "ЦГКБ № 23", г. Екатеринбург, Россия, Email: borzunov@bk.ru

Information about the authors:

1. Tatyana A. Stupina, Ph.D. of Biological Sciences, Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, Email: StupinaSTA@mail.ru
2. Olga V. Diuriagina, Ph.D. of Veterinary Sciences, Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation, Email: diuriagina@mail.ru
3. Denis S. Mokhovikov, M.D., Ph.D., Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation
4. Yulia A. Stupina, Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation, Email: yulya.stupina.2000@mail.ru
5. Dmitry Yu. Borzunov, M.D., Ph.D., Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation, Central City Clinical Hospital № 23, Ekaterinburg, Russian Federation, Email: borzunov@bk.ru