

СТРУКТУРНАЯ РЕОРГАНИЗАЦИЯ СУСТАВНОГО ХРЯЩА И СИНОВИАЛЬНОЙ ОБОЛОЧКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА ПРИ ЛЕЧЕНИИ ДИАФИЗАРНЫХ ПЕРЕЛОМОВ БЕДРЕННОЙ КОСТИ МЕТОДОМ БЛОКИРУЮЩЕГО ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА (экспериментально-морфологическое исследование)

А.А. Еманов, Т.А. Ступина, Н.И. Антонов

ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, ул. М. Ульяновой, д. 6, г. Курган, Россия, 640014

Реферат

Цель исследования – изучить структурные изменения в суставном хряще мыщелков бедра и синовиальной оболочке при лечении переломов бедренной кости методом блокирующего интрамедуллярного остеосинтеза.

Материал и методы. Эксперимент выполнен на 12 взрослых беспородных собаках. Всем животным моделировали открытый поперечный перелом бедренной кости в средней трети. Далее в первой группе (n = 6) осуществляли блокирующий интрамедуллярный остеосинтез системой ILoc (Biomedtrix, USA), а во второй группе (n = 6) на 4-е сутки после травмы с помощью скелетного вытяжения осуществляли репозицию и производили аналогичный остеосинтез.

Результаты. К 70-м суткам эксперимента в первой группе определялись сформированная единая костномозговая полость, единые кортикальные пластинки, по интенсивности и диаметру приближающиеся к материнской кости. Во второй группе аналогичная картина отмечалась только 100-м суткам фиксации.

В первой группе экспериментов деструктивные изменения суставного хряща мыщелков бедра были незначительными и проявлялись снижением толщины хряща и объемной плотности хондроцитов, что может быть обусловлено нарушением трофики в данных условиях эксперимента. Во второй группе в суставном хряще мыщелков бедра выявлено разволокнение суставной поверхности, которое сопровождалось нарушением целостности базофильной линии и проникновением сосудов в хрящ. С увеличением срока эксперимента деструктивные изменения прогрессировали, наблюдался синовит значительной степени выраженности, что свидетельствовало о высоком риске развития остеоартроза во второй группе.

Выводы. Антеградный блокирующий интрамедуллярный остеосинтез бедренной кости является методом выбора при лечении диафизарных переломов длинных костей. При этом проведение остеосинтеза urgently позволяет сократить сроки консолидации перелома, вызывая слабо выраженный синовит без необратимых изменений в суставном хряще коленного сустава. При отсроченном остеосинтезе высок риск развития остеоартроза.

Ключевые слова: суставной хрящ, синовиальная оболочка, переломы бедренной кости, блокирующий интрамедуллярный остеосинтез, морфологическое исследование.

Введение

В настоящее время возможности травматологов в лечении переломов бедренной кости значительно расширились. Сдержанное отношение врачей к применению спицевых аппаратов на бедре из-за частого нагноения мягких тканей сменилось активным использованием стержневых аппаратов внешней фиксации как в качестве самостоятельного метода лечения, так и для подготовки будущих вмешательств [1]. Появились новые накостные пластины, позволяющие лечить оскольчатые переломы бедренной кости [8]. Особое внимание в науч-

ной литературе за последние пять лет уделяется современному и перспективному методу интрамедуллярного остеосинтеза блокирующими штифтами [4, 5].

Известно, что местные факторы (смещение отломков, нарушение внутрикостного кровообращения и повреждение окружающих тканей) являются частой причиной замедленного течения консолидации переломов. Нарушение трофики в зоне повреждения конечности, особенно при высокоэнергетических травмах, является одной из главных причин увеличения сроков сращения перелома [6, 11, 14]. Также

Еманов А.А., Ступина Т.А., Антонов Н.И. Структурная реорганизация суставного хряща и синовиальной оболочки коленного сустава при лечении диафизарных переломов бедренной кости методом блокирующего интрамедуллярного остеосинтеза (экспериментально-морфологическое исследование). *Травматология и ортопедия России*. 2015; (1):66-73.

Еманов Андрей Александрович. ул. М. Ульяновой, д. 6, г. Курган, Россия, 640014; e-mail: A_Eman@list.ru

Поступила 22.12.2014; принята в печать 30.01.2015

особое место занимает проблема сохранения функциональных возможностей суставов. Гипокинезия, связанная с частичным выключением функции конечности при лечении переломов костей, играет ведущую роль в механизме изменений структуры суставного хряща [7, 14].

На основании анализа клинического материала невозможно составить целостное представление о характере механических повреждений при травме бедра, структурных изменениях суставного хряща, о механизмах компенсаторно-приспособительных реакций.

Эти знания необходимы для разработки адекватной патогенетически обоснованной реабилитационной программы, направленной на улучшение качества жизни пострадавших с последствиями открытых переломов бедренной кости. Очевидна целесообразность экспериментальных исследований соответствующего направления.

Цель работы – изучить структурные изменения суставного хряща мышечков бедра и синовиальной оболочки при лечении переломов бедренной кости в условиях блокирующего интрамедуллярного остеосинтеза.

Материал и методы

Эксперимент был выполнен на 12 взрослых беспородных собаках обоего пола в возрасте $1,10 \pm 0,05$ года, с массой тела $15,95 \pm 1,09$ кг, длиной бедра $18,0 \pm 0,8$ см. Животные содержались в стандартных условиях вивария.

В операционной под общим барбитуровым наркозом (тиопентал натрия в дозе 7–10 мг/кг) с предварительной премедикацией (рометар 2% – 0,1 мл/кг, димедрол – 0,1 мл/кг, атропин – 0,01 мл/кг) моделировали открытый поперечный перелом бедренной кости в средней трети при помощи долота (рис. 1 а). Далее в первой группе (6 животных) осуществляли антеградный блокирующий интрамедуллярный остеосинтез (БИОС) системой ILoc (Biomedtrix, USA) стержнями диаметром 6 мм и длиной 135–160 мм (рис. 1 б). Во второй группе (6 животных) – на 4-е сутки после травмы с помощью скелетного вытяжения осуществляли репозицию [10] и производили аналогичный остеосинтез.

Эвтаназию животных осуществляли внутривенным введением барбитуратов (тиопентал натрия в дозе более 40 мг/кг) на 70-е и 100-е сутки после остеосинтеза. Содержание животных, оперативные вмешательства и эвтаназию осуществляли согласно требованиям приказа МЗ СССР № 755 от 1977 г., а также руководствуясь

требованиями, изложенными в «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях» с соблюдением этических норм и гуманного отношения к объектам изучения [3]. На проведение комплексного исследования, включающего клинический, рентгенографический, гистологический методы получено разрешение этического комитета ФГБУ «РНИЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова».

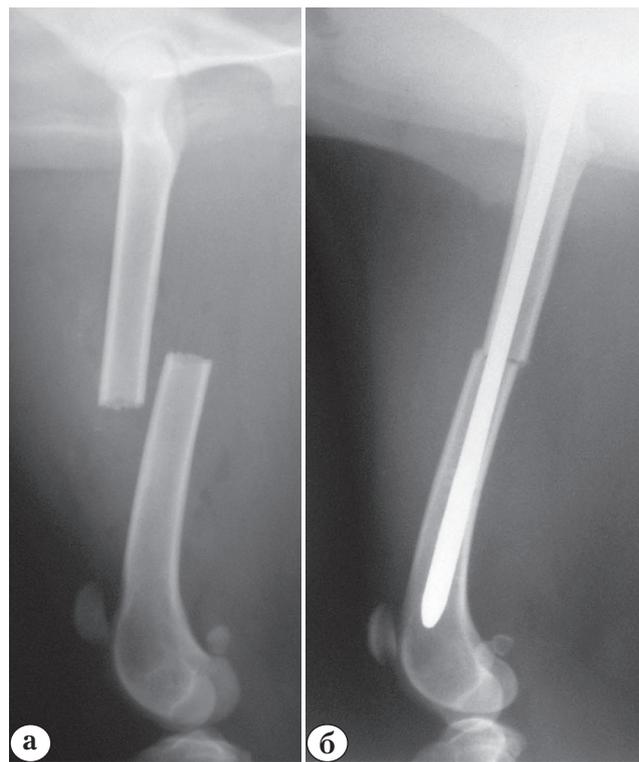


Рис. 1. Рентгенограммы этапов оперативного вмешательства:

- а – после моделирования перелома;
- б – после БИОС

Клинический метод заключался в осмотре животного, термометрии, определении тонуса и атрофии мышц тазовой конечности, а также выявлении опорной и двигательной функции конечности в целом.

Рентгенографическое исследование травмированной конечности собак выполняли в прямой и боковой проекциях на рентгеновском аппарате «Comract» (Милан, Италия) до операции, после моделирования перелома, непосредственно после остеосинтеза, а также через 14, 28, 35, 42, 56, 70, 85 и 100 суток после остеосинтеза.

После эвтаназии для гистологического исследования вскрывали коленный сустав, ис-

секали суставной хрящ мыщелков бедренной кости и синовиальную оболочку из супрапателлярной зоны. Образцы подвергали альдегидно-осмиевой фиксации, заключали в аралдит. Полутонкие (0,5–1,0 мкм) срезы увеличенной площади [9] готовили на ультратоме «Nova» фирмы «LKB» (Швеция), окрашивали толуидиновым синим и метиленовым синим и основным фуксином. Препараты исследовали на фотомикроскопе «Opton» (Германия). Гистоморфометрические исследования выполнены с помощью аппаратно-программного комплекса «ДиаМорф» (Москва) и программы «ВТ-Мастер-Морфология» («ВидеоТест», Санкт-Петербург). В суставном хряще определяли толщину (h , мкм), объемную плотность хондроцитов (Vv_{ch} , %), численную плотность хондроцитов (NA_{ch}), долю (%) пустых лакун ($NN_{em.lac.}$) и изогенных групп ($NN_{is.gr.}$) в общем объеме выборки. В качестве контроля морфометрировали суставной хрящ пяти интактных собак. Выраженность синовита оценивали по шкале V. Krenn с соавторами [12].

Для проверки статистических гипотез о различиях использовали критерий Вилкоксона, значения которого получали в программе AtteStat, версия 1.0 [2] в электронных таблицах Microsoft Excel 97.

Результаты

У всех животных в течение 2–3 суток отмечалось повышение температуры на $0,5^{\circ}\text{C}$ и незначительный отек в области бедра. В первой группе у животных опорная функция оперированной конечности восстанавливалась в сроки от 3 до 7 суток, во второй группе – к 10–14-м суткам после операции. Тонус задней группы мышц оперированной конечности в течение двух недель был сниженным у собак обеих групп. Объем движений в смежных суставах в период эксперимента в первой группе был в пределах нормы, во второй – в течение двух-трех недель после травмы амплитуда движений в коленном суставе составляла $100\text{--}110^{\circ}$. Явных признаков атрофии мышц тазовой конечности у животных в обеих группах не наблюдали.

В первой группе эксперимента к 70-м суткам после остеосинтеза отмечали сформированную единую костномозговую полость. Единые кортикальные пластинки по интенсивности и диаметру приближались к материнской кости (рис. 2 а). Во второй группе к этому сроку линия перелома была завуалирована. Периостальные наслоения на отломках компактизировались. Определяли формирование единых кортикальных пластинок с двух-трех сторон, что свидетельствовало о консолидации перелома (рис. 2 б).

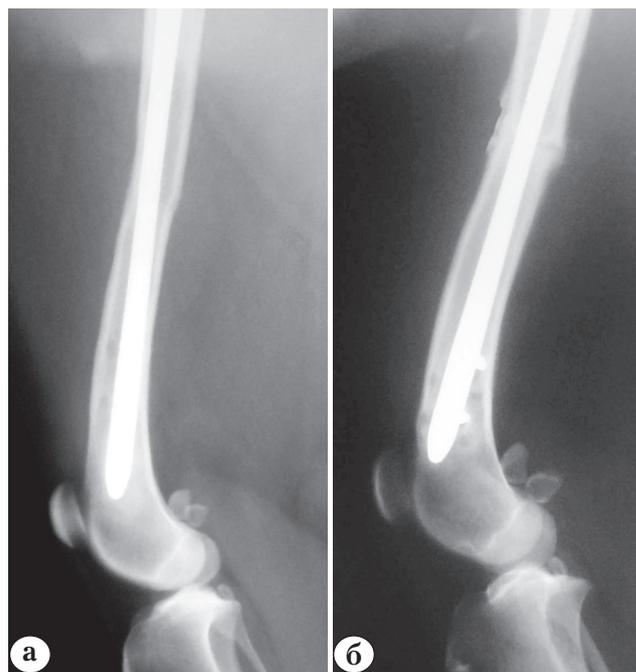


Рис. 2. Рентгенограммы на 70-е сутки после остеосинтеза: а – первая группа; б – вторая группа

При гистологическом исследовании на 70-е сутки эксперимента в первой группе суставной хрящ мыщелков бедренной кости сохранял зональное строение (рис. 3 а).

Межклеточное вещество поверхностной зоны гомогенно, хондроциты функционально активны, овальной формы, имели светлые гомогенные ядра, базофильную цитоплазму. В промежуточной зоне хондроциты располагались одиночно, реже – в виде двухчленных изогенных групп. В глубокой зоне хондроциты были расположены колонками, отмечены бесклеточные поля, увеличена частота встречаемости пустых лакун. Базофильная линия имела четкие контуры, была непрерывна. Кальцифицированный хрящ неравномерной толщины, в отдельных участках субхондральной зоны отсутствовала субхондральная пластинка, кальцифицированный хрящ непосредственно контактировал с межбалочным пространством губчатой кости.

К этому сроку во второй группе выявлено нарушение гомогенности межклеточного вещества поверхностной зоны, проникновение сосудов в хрящ со стороны субхондральной зоны (рис. 3 б). К 100-м суткам деструктивные изменения прогрессировали, во всех наблюдениях отмечено увеличение частоты встречаемости очагов разволокнения суставной поверхности (рис. 3 в), проникновение сосудов в хрящ (рис. 3 г).

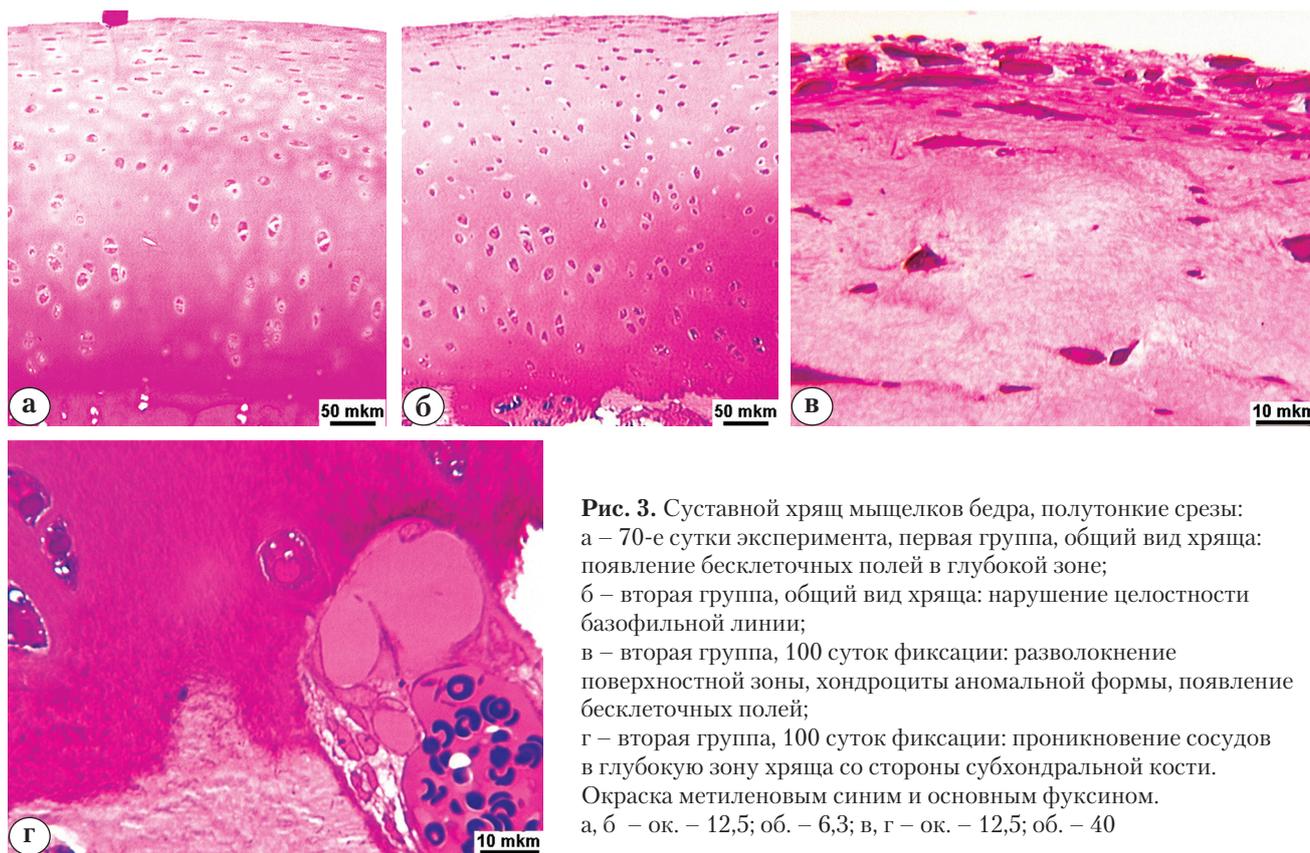


Рис. 3. Суставной хрящ мышелков бедра, полутонкие срезы: а – 70-е сутки эксперимента, первая группа, общий вид хряща: появление бесклеточных полей в глубокой зоне; б – вторая группа, общий вид хряща: нарушение целостности базофильной линии; в – вторая группа, 100 суток фиксации: разволокнение поверхностной зоны, хондроциты аномальной формы, появление бесклеточных полей; г – вторая группа, 100 суток фиксации: проникновение сосудов в глубокую зону хряща со стороны субхондральной кости. Окраска метиленовым синим и основным фуксином. а, б – ок. – 12,5; об. – 6,3; в, г – ок. – 12,5; об. – 40

Морфометрически в первой группе на 70-е сутки фиксации выявлено достоверное снижение толщины хряща и объемной плотности хондроцитов. Численная плотность хондроцитов увеличена за счет увеличения клеточности в поверхностной зоне, доля пустых лакун на 3% выше нормы, доля изогенных групп снижена на 3,6%.

Во второй группе к 100-м суткам фиксации отмечено увеличение толщины хряща за счет

выраженной дезорганизации межклеточного вещества и его набухания в очагах разволокнения до максимальных значений. Сохранились сниженные значения объемной плотности хондроцитов, численная плотность превышала контроль за счет увеличения клеток в поверхностной зоне. Была увеличена доля пустых лакун, в то время как доля изогенных групп значительно снижена (таб.).

Таблица

Количественные характеристики суставного хряща на этапах эксперимента

Группа исследования	Параметр				Толщина хряща, мкм
	$V_{v_{ch}}$, %	NA_{ch}	$NN_{em.lac}$, %	$NN_{is.gr}$, %	
Контроль	9,03±1,04	6,1±0,78	13,6	14,5	475,5±1,3
Группа 1, срок 70 суток	4,94±0,41	8,21±0,69	16,6	10,9	428,98±1,41
Группа 2, срок 70 суток	4,25±0,52*	6,84±0,71*	17,5	3,4	505,61±7,65*
Группа 2, срок 100 суток	4,95±0,32	8,68±0,65	22,3	4,4	601,68±10,28

Примечание: $V_{v_{ch}}$ – объемная плотность хондроцитов, NA_{ch} – численная плотность хондроцитов, $NN_{em.lac}$ – доля пустых лакун, $NN_{is.gr}$ – доля изогенных групп в общем объеме выборки. Жирным шрифтом выделены достоверные отличия с контролем; * – различия между 1-й и 2-й группами ($p < 0,05$).

Во всех опытах первой группы в синовиальной оболочке выявлено истончение покровного слоя за счет деструкции синовиоцитов (рис. 4 а). В верхних слоях субсиновиального слоя отмечены признаки отека – редкое расположение и разволокнение коллагеновых волокон, увеличение оптических пустот между ними. Просветы сосудов сужены, стенки утолщены (рис. 4 б). Содержание периваскулярных тучных клеток умеренно повышено. Нередко наблюдались микрососуды с облитерированными или тромбированными просветами. Синовит слабо выражен, оценка по шкале V. Krenn с соавторами составила 2–3 балла.

Во второй группе во всех опытах отмечали утолщение покровного слоя синовиальной обо-

лочка, формирование ворсин. Клетки в составе покровного слоя характеризовались разнообразием размеров и форм: округлые, веретеновидные, полигональные. В субсиновиальном слое отмечены признаки отека, повышено содержание тучных клеток, макрофагов, плазматических клеток (рис. 5 а). Выявлено спазмирование или облитерация некоторых артерий малого калибра (рис. 5 б).

Просветы многих сосудов микроциркуляторного русла также закрыты в результате спазма либо выбухания в просвет эндотелиоцитов, наблюдается увеличение размеров и клеточности периваскулярных пространств. Выраженность синовита по шкале V. Krenn с соавторами составила 4 балла на 70-е сутки фиксации и 5–6 баллов – на 100-е сутки.

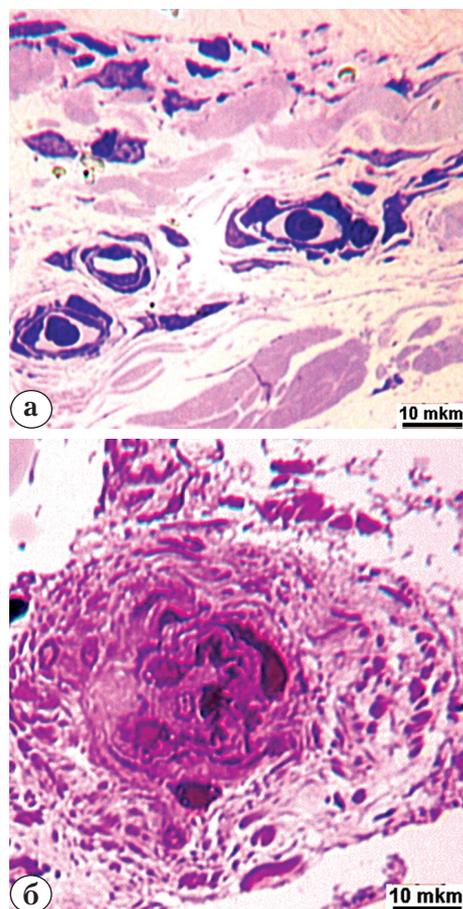


Рис. 4. Синовиальная оболочка в первой группе опытов, 70 суток эксперимента. Полутонкие срезы: а – деструкция синовиоцитов покровного слоя, окраска толуидиновым синим; б – гипертрофия адвентиции. Окраска метиленовым синим и основным фуксином. Ок. – 12,5; об. – 40

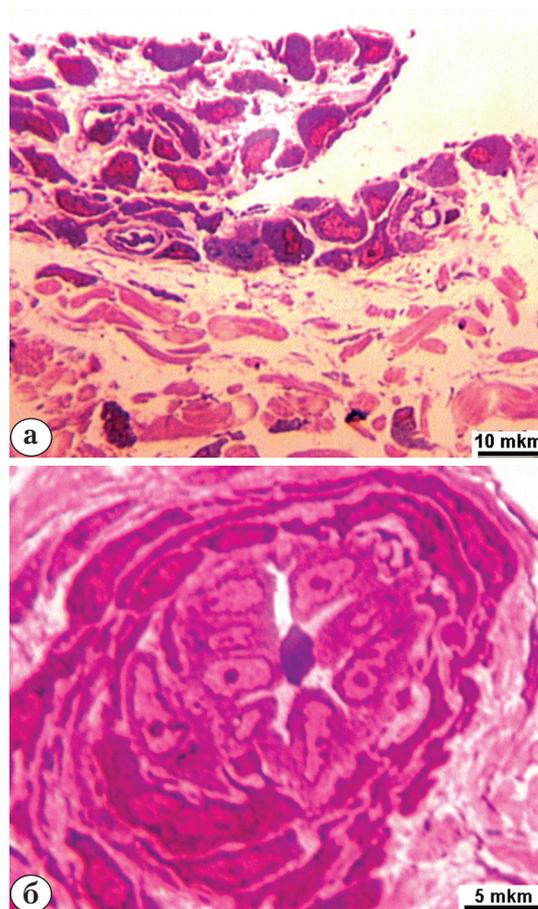


Рис. 5. Синовиальная оболочка второй группы опытов, 70 суток фиксации. Полутонкие срезы: а – гипертрофия покровного слоя, формирование ворсин; б – склерозирование сосудов микроциркуляторного русла, формирование концентрических слоёв фибробластов адвентиции. Окраска метиленовым синим и основным фуксином. а – ок. – 12,5; об. – 40; б – ок. – 12,5; об. – 100

Обсуждение

Таким образом, при антеградном БИОС бедренной кости в первой группе экспериментов реактивные изменения суставного хряща мышечков бедра были менее выражены, чем во второй группе. Деструктивные изменения проявлялись снижением толщины хряща и объемной плотности хондроцитов, что может быть обусловлено нарушением трофики в данных условиях эксперимента. Отмечен слабо выраженный синовит. Во второй группе при отсроченном антеградном БИОС в суставном хряще мышечков бедра выявлено разволокнение суставной поверхности, сопровождающееся нарушением целостности базофильной линии, проникновением сосудов в хрящ. С увеличением срока эксперимента деструктивные изменения прогрессировали, при этом доля изогенных групп в общем объеме выборки была резко снижена. Наблюдался синовит значительной степени выраженности.

Результаты нашего исследования показали, что в обеих группах в суставном хряще мышечков бедра деструктивные изменения интенсивнее выражены в более глубоких слоях – в промежуточной и глубокой зонах. Вероятно, нарушение трофики хряща, возникающее как в условиях блокирующего интрамедуллярного остеосинтеза, так и при влиянии ряда других факторов (травма, гипо- и гиперкинезия и др.), влечет развитие дистрофических изменений в суставном хряще. Во второй группе деструктивные изменения суставного хряща и синовиальной оболочки были выражены интенсивнее и прогрессировали с увеличением срока фиксации.

Известно, что антеградный закрытый интрамедуллярный остеосинтез является менее травматичным в отношении коленного сустава, так как введение стержня производится в области проксимального отдела кости. А. Pingsmann с соавторами в эксперименте получили результаты, свидетельствующие о риске развития пателлофemorального артроза после ретроградного остеосинтеза [13].

Полученные в нашем исследовании данные свидетельствуют о том, что проблема закрытого интрамедуллярного остеосинтеза бедренной кости требует дальнейшего совершенствования и экспериментально-морфологического обоснования хирургических технологий для антеградного остеосинтеза переломов этой локализации. Отсроченная репозиция и последующий блокирующий интрамедуллярный остеосинтез нуждаются в снижении травмирующего фактора для остеогенных тканей кости и в стимулировании остеогенеза.

Выводы

Антеградный БИОС бедренной кости является методом выбора при лечении диафизарных переломов длинных костей. При этом проведение остеосинтеза urgently позволяет сократить сроки консолидации перелома, не вызывая необратимых изменений в суставном хряще коленного сустава с наличием слабо выраженного синовита. При отсроченном остеосинтезе высок риск развития остеоартроза.

Конфликт интересов: не заявлен.

Финансирование: государственное.

Литература

1. Бейдик О.В., Анников В.В., Трошкин Ю.В., Левченко К.К., Афанасьев Д.В., Голобурдин Ю.В. Экспериментальное обоснование применения стержневого чрескостного остеосинтеза трубчатых костей. В кн.: Морфофункциональные аспекты регенерации и адаптационной дифференцировки структурных компонентов опорно-двигательного аппарата в условиях механического воздействия. Материалы междунар. науч.-практ. конф. Курган; 2004. 402 с.
2. Гайдышев И.П. Анализ и обработка данных: специальный справочник. СПб.: Питер; 2001. 752 с.
3. Европейская конвенция по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей. *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии*. 2003; (4):34-36.
4. Котельников Г.П., Мирошниченко В.Ф. Закрытые травмы конечностей. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2009. 496 с.
5. Лазарев А.Ф., Солод Э.И., Ахтямов И.Ф. Рациональный остеосинтез. Казань: Скрипта; 2011. 288 с.
6. Лаврищева Г.И., Оноприенко Г.А. Морфологические и клинические аспекты регенерации опорных тканей. М.: Медицина; 1996. 234 с.
7. Лаврищева Г.И., Михайлова Л.Н., Черкес-Заде Д.И., Оноприенко Г.А. Об оптимальных условиях репаративной регенерации опорных органов. *Гений ортопедии*. 2002; (1):120-125.
8. Роменский К.Н. Остеосинтез при закрытых диафизарных переломах бедренной кости. В кн.: Материалы юбилейной научно-практической конференции с международным участием «Илизаровские чтения», посвященной 90-летию академика Г.А. Илизарова, 60-летию метода Илизарова и 40-летию РНЦ «ВТО». Курган; 2011. 579 с.
9. Ступина Т.А., Щудло М.М. Способ изготовления препаратов недекальцинированного суставного хряща с подлежащей субхондральной костью для многоцелевых исследований. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2014; (3):388-390.
10. Патент 2278632 РФ, МПК⁷ A61 D1/00. Способ скелетного вытяжения переломов конечностей у домашних животных и устройство для его осуществления. Ерофеев С.А., Степанов М.А., Дюрягин Е.В. Заявитель и патентообладатель ФГУН РНЦ «ВТО» им. Г.А. Илизарова, №2004100669/14; заявл. 08.01.2004; опубл. 27.06.06, Бюл. 18, С. 4.
11. Abass B.T., Shekho H.A. Effects of tiludronate on healing of femoral fracture in dogs. *Iraqi J Vet Sci*. 2009; 23, Suppl. II:129-134.

12. Krenn V., Morawietz L., Burmester G.-R., Kinne R.W., Mueller-Ladner U., Muller B., Haupt T. Synovitis score: discrimination between chronic low-grade and high-grade synovitis. *Histopathology*. 2006; 49:358-364.
13. Pingsmann A., Lederer M., Wullenweber C., Lichtinger T.K. Early patellofemoral osteoarthritis caused by an osteochondral defect after retrograde solidnailing of the femur in sheep. *J Trauma*. 2005; 58(5): 1024-1028.
14. Wayne J.S., McDowell C.L., Willis M.C. Long-term survival of regenerated cartilage on a large joint surface. *J Rehabil Res Develop*. 2001; 38(2):191-200.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Еманов Андрей Александрович – канд. ветеринар. наук старший научный сотрудник лаборатории реконструктивного эндопротезирования и артроскопии ФГБУ «РНИЦ “Восстановительная травматология и ортопедия” им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России

Ступина Татьяна Анатольевна – канд. биол. наук старший научный сотрудник лаборатории морфологии ФГБУ «РНИЦ “Восстановительная травматология и ортопедия” им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России

Антонов Николай Иванович – канд. биол. наук научный сотрудник лаборатории реконструктивного эндопротезирования и артроскопии ФГБУ «РНИЦ “Восстановительная травматология и ортопедия” им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России

STRUCTURAL REORGANIZATION OF THE KNEE JOINT CARTILAGE AND SYNOVIUM DURING DIAPHYSEAL FEMORAL FRACTURE MANAGEMENT USING INTRAMEDULLARY LOCKED NAILS (experimental and morphological study)

A.A. Emanov, T.A. Stupina, N.I. Antonov

*Ilizarov Russian Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics»,
Ul. M. Ulyanova, 6, Kurgan, Russia, 640014*

Abstract

The purpose – to study structural changes in knee articular cartilage and synovial membrane during locking intramedullary osteosynthesis of femoral fractures.

Material and methods. The study tested structural changes in the articular cartilage of the femoral condyles and synovium during femoral fracture repair under the conditions of intramedullary locked nailing. Transverse diaphyseal femoral fractures were modeled in 12 adult mongrel dogs. Synovitis severity was assessed with a V. Krenn scale. Wilcoxon Test was used for testing hypothesis.

Results. In the first group (n = 6) fractures were fixed with locked intramedullary nails ILoc (Biomedtrix, USA), while the same type of fixation in group 2 (n = 6) was performed on 4th day postoperatively after reduction by skeletal traction.

It was revealed that in the first group a unified medullary cavity was seen by day 70 and the cortical layer at the fracture site approximated to the condition of the uninjured bone in intensity of bone formation and thickness. These features were observed in the second group only by day 100.

The histological study showed that the structure of the femoral condyle articular cartilage was regular in the first group but its changes were reduced thickness and reduced volumetric density of chondrocytes that might result due to disturbed trophical condition. In the second group the articular cartilage fibres tended to disintegrate on the surface that was accompanied by disturbed integrity of the basophil line and penetration of the vessels into the cartilage. Moreover, the cartilage destruction progressed as the experiment continued and chondrocyte proliferation sharply decreased. Synovitis was considerably expressed. The data obtained in the second group proved high risk of developing osteoarthritis.

Key words: knee articular cartilage, knee synovium, femoral fracture, intramedullary locked nailing, morphological study.

Ethical approval: the experimental protocol was approved by the Ethical Committee of Ilizarov Russian Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics».

Conflict of interest: none. **Funding:** state.

 **Cite as:** Emanov AA, Stupina TA, Antonov NI [Structural reorganization of the knee joint cartilage and synovium during diaphyseal femoral fracture management using intramedullary locked nails (experimental and morphological study)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2015; (1):66-73. [in Russian]

 *Emanov Andrey A.* Ul. M. Ulyanova, 6, Kurgan, Russia, 640014; e-mail: A_Eman@list.ru

 Received 22.12.2014; accepted for publication 30.01.2015

References

1. Beidik OV, Annikov V.V, Troshkin JuV, Levchenko KK, Afanas'ev DV, Goloburdin JuV. Eksperimental'noe obosnovanie primeneniya sterzhneвого chreskostnogo osteosinteza trubchatykh kostei [Experimental substantiation of external rod fixation of long bone fractures] V kn.: Morfofunktsional'nye aspekty regeneratsii i adaptatsionnoi differentsirovki strukturnykh komponentov oporno-dvigatel'nogo apparata v usloviyakh mekhanicheskogo vozdeystviya. Materialy mezhd. nauch.-prakt. konf. [Morphological and functional aspects of regeneration and adaptive differentiation of structural components of the musculoskeletal system in terms of mechanical action. Proceedings of scientific and practical conference]. Kurgan; 2004. 402 s. [in Rus.]
2. Gaidyshev IP. Analiz i obrabotka dannyh: spetsial'nyi spravochnik [Data analysis and processing: a special handbook] SPb.: Piter; 2001. 752 s. [in Rus.]
3. Evropeyskaya konventsiiya po zashchite pozvonochnykh zhivotnykh, ispol'zuyemykh dlya eksperimental'nykh i drugikh nauchnykh tseley [European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes]. *Voprosy rekonstruktivnoy i plasticheskoy khirurgii* [Issues of reconstructive and plastic surgery]. 2003; (4):34-36. [in Rus.]
4. Kotel'nikov GP, Miroshnichenko VF. Zakrytye travmy konechnostey [Closed injuries of extremities]. M.: GEOTAR-Media; 2009. 496 s. [in Rus.]
5. Lazarev AF, Solod EI, Ahtyamov IF. Ratsional'nyi osteosintez [Rational osteosynthesis]. Kazan': Skripta; 2011. 288 s. [in Rus.]
6. Lavrishcheva GI, Onoprienko GA. Morfologicheskie i klinicheskie aspekty regeneratsii opornykh tkanei [Morphological and clinical aspects of the regeneration of skeletal tissues]. M.: Meditsina; 1996. 234 s. [in Rus.]
7. Lavrishcheva GI, Mihailova LN, Cherkas-Zade DI, Onoprienko GA. Ob optimal'nykh usloviyakh reparativnoi regeneratsii opornykh organov [About optimal conditions for reparative regeneration of locomotor organs] *Genij ortopedii* [The genius of orthopedics]. 2002; (1):120-125. [in Rus.]
8. Romenskiy KN. Osteosintez pri zakrytykh diafizarnykh perelomakh bedrennoi kosti [Osteosynthesis of closed femoral diaphyseal fractures]. V kn.: Materialy jubileinoy nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Ilizarovskie chteniya» [Proceedings of the jubilee scientific and practical conference with international participation «Ilizarovskie readings»]. Kurgan, 2011. 579 s. [in Rus.]
9. Stupina TA, Shchudlo MM. Sposob izgotovleniya preparatov nedekal'tsinirovannogo sustavnogo khryashcha s podlezhashchei subhondral'noi kost'yu dlya mnogotselevykh issledovaniy. [Method for preparing drugs of nondecalcified articular cartilage with subchondral bone for multipurpose researches] *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine.] 2014; (3):388-390. [in Rus.]
10. Patent 2278632 RF, MPK7 A61D 1/00 Sposob skeletnogo vytyazheniya perelomov konechnostey u domashnikh zhivotnykh i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [The method of skeletal traction for fractures of extremities in domestic animals and device for its implementation] SA Erofeev (RU), MA Stepanov (RU), Dyuryagin EV (RU). Zayavitel i patentoobladatel FGUN RNTs «VTO» im. G.A. Ilizarova [Applicant and patent holder «RTO» them. GA Ilizarova] 2004100669/14; zayavl. 08.01.2004; opubl. 27.06.06, Bul. (18). s. 4. [in Rus.]
11. Abass BT, Shekha HA. Effects of tiludronate on healing of femoral fracture in dogs. *Iraqi J Vet Sci.* 2009; 23, Suppl. II:129-134.
12. Krenn V, Morawietz L, Burmester G-R, Kinne RW, Mueller-Ladner U, Muller B, Haupl T. Synovitis score: discrimination between chronic low-grade and high-grade synovitis. *Histopathology.* 2006; 49:358-364.
13. Pingsmann A, Lederer M, Wullenweber C, Lichtinger TK. Early patellofemoral osteoarthritis caused by an osteochondral defect after retrograde solidnailing of the femur in sheep. *J Trauma.* 2005; 58(5):1024-1028.
14. Wayne JS, McDowell CL, Willis MC. Long-term survival of regenerated cartilage on a large joint surface. *J. Rehab. Res. Develop.* 2001; 38(2):191-200.

INFORMATION ABOUT AUTHORS :

Emanov Andrey A. – senior researcher, laboratory of reconstructive joint replacement and arthroscopy, Ilizarov Russian Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics»

Stupina Tatiana A. – senior researcher, laboratory of morphology, Ilizarov Russian Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics»

Antonov Nikolay I. – researcher, laboratory of reconstructive joint replacement and arthroscopy, Ilizarov Russian Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics»