

Костное сращение и структурные изменения суставного хряща после срочного и отсроченного остеосинтеза антеградным блокирующим интрамедуллярным стержнем переломов диафиза бедра

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

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган

Bone union and structural changes in the articular cartilage of the knee joint after immediate and delayed antegrade locked intramedullary nailing of femoral shaft fractures. Experimental findings

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

FSBI Russian Ilizarov Scientific Center “Restorative Traumatology and Orthopaedics of the RF Ministry of Health, Kurgan

Введение. Остеосинтез антеградным блокирующим интрамедуллярным стержнем (IMN) считается методом выбора при лечении переломов диафиза бедренной кости. **Цель.** Изучение костного заживления и структурных изменений в суставном хряще коленного сустава в условиях антеградного блокирующего IMN, используемого при переломах диафиза бедренной кости в эксперименте на собаках. **Материалы и методы.** Переломы диафиза бедренной кости моделировали у 12 беспородных собак и фиксировали антеградным IMN сразу в группе 1 (n = 6) или через 4 дня после повреждения в группе 2 (n = 6). Пять собак были интактными. **Результаты.** В 1-й группе переломы срослись через 42 дня, но в группе 2 рентгенологически сращение наступило только к 70-му дню. Единая костно-мозговая полость и кортикальный слой были сформированы к 70-му дню в группе 1, а в группе 2 – только на 100-ый день. Гистологическое исследование показало, что структура суставного хряща мыщелков бедренной кости не была повреждена в группе 1 во всех временных точках эксперимента. Изменения характеризовались уменьшением толщины хряща и объемной плотности хондроцитов. В группе 2 гиалиновый хрящ мыщелков бедренной кости имел признаки разволокнения, что сопровождалось повреждением целостности базофильной линии и проникновением сосудов в хрящ. **Заключение.** Отсроченный остеосинтез антеградным IMN спровоцировал деструктивные изменения в суставном хряще мыщелков бедренной кости и снижение пролиферации хондроцитов. Мы предполагаем, что отсроченный остеосинтез IMN при переломах диафиза бедренной может привести к инициации или ухудшению уже существующего остеоартроза коленного сустава.

Ключевые слова: бедренная кость, диафиз, перелом, суставной хрящ, мыщелок, блокирующий интрамедуллярный остеосинтез, остеоартроз

Background Antegrade locked intramedullary nailing (IMN) is considered to be a method of choice for repair of femoral shaft fractures. We studied the articular cartilage of the canine femoral condyles in the conditions of immediate and delayed antegrade IMN to reveal whether timing of operation results in any structural changes in the cartilage tissue. **Material and methods** Femoral shaft fractures were modelled in 12 adult mongrel dogs and fixed using antegrade IMN immediately after the injury in group 1 (n = 6) and four days after the injury in group 2 (n = 6). Five dogs were intact. **Results** In group 1, fractures united after 42 days but in group 2 the union was seen in the radiographs only by day 70. Unified bone marrow cavity and cortex were formed by day 70 in group 1 while in group 2 it was seen only by day 100. The histological study showed that the structure of the articular cartilage of the femoral condyles was not damaged in group 1 at all time points. The changes were the decrease in the cartilage thickness and in the volumetric density of chondrocytes. In group 2, the cartilage of the femoral condyles featured defibrination of the articular surface that was accompanied by breakage of the basophilic line integrity and penetration of vessels into the cartilage. **Conclusion** Delayed antegrade locked IMN provoked destructive changes in the articular cartilage of the femoral condyles and decreased chondrocyte proliferation. We suppose that delayed IMN of a femoral shaft fracture might cause initiation or deteriorate the existing knee osteoarthritis. Level of evidence: IV.

Keywords: femoral shaft fracture, articular cartilage, femoral condyle, locked intramedullary nailing, osteoarthritis

ВВЕДЕНИЕ

Проведено много клинических исследований по использованию блокирующего интрамедуллярного остеосинтеза (IMN) при травме длинных трубчатых костей [1-2]. Современная литература по лечению диафизарных переломов бедренной кости также предоставляет много данных по использованию остеосинтеза антеградным и ретроградным IMN, который дает высокий процент сращения и оптимальное заживление костной ткани [2]. Антеградный блокирующий IMN считается методом выбора при лечении переломов диафиза бедренной кости. Диапазон движений (ROM) тазобедренного и коленного суставов со временем возвращается к норме [5]. Однако некоторые клинические исследования репарации переломов диафиза бедренной кости с использованием фиксации IMN сообщают о

несращениях, деформациях, остаточных нарушениях, таких как слабость отведения бедра или разгибателей коленного сустава, болях в нижней конечности, боли в передней части колена и аномалиях походки [2, 3-6].

Более того, вопросы функционального восстановления конечностей, в том числе и функции коленного сустава, являются более сложными в случае высокоэнергетических травм [3-5]. Сопутствующие расстройства кровоснабжения, гипокинезия и воспаление, неполное или полное отсутствие нагрузки во время заживления переломов, а также начальная форма остеоартроза (ОА) могут способствовать ухудшению состояния суставного хряща [3-6].

Невозможно получить информацию о структурных изменениях в суставных тканях из-за травмы или ле-

чения этим методом на основе клинических исследований. Поэтому представляется разумным провести экспериментальное исследование с целью предоставления знаний о состоянии суставного хряща при лечении IMN и выявить явления, которые могут быть вызваны самим остеосинтезом и временем выполнения

остеосинтеза.

Целью нашего исследования было изучение костного заживления и структурных изменений в суставном хряще коленного сустава в условиях антеградного блокирующего IMN, используемого при переломах диафиза бедренной кости в эксперименте на собаках.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на пяти взрослых интактных и 12 экспериментальных собаках обоих полов в возрасте от $1,1 \pm 0,05$ года (средний вес $15,95 \pm 1,09$ кг, длина бедренной кости $18 \pm 0,8$ см).

Поперечные переломы в средней трети бедренной кости были смоделированы долотом под общим наркозом с использованием тиопентала натрия в дозе от семи до 10 мг/кг. Для предварительной медикации использован 2 % раствор рометара (0,1 мл/кг), димедрол (0,1 мл/кг) и атропин (0,01 мл/кг). Антеградные блокирующие интрамедуллярные стержни толщиной 6 мм и длиной от 13,5 мм до 16,0 мм (I-Loc система, BioMedtrix, США) использовали для фиксации перелома сразу после остеотомии в 1-й группе (n = 6) и через четыре дня после моделирования перелома в группе 2 (n = 6) после скелетного вытяжения (рис. 1, а, б)

Рентгенограммы во фронтальной и боковой проекциях снимали системой Premium Vet (Sedecal, Испания) до операции, после моделирования переломов, а также на 14, 28, 35, 42, 56, 70, 85 и 100 дни после операции.

Гистологические исследования были выполнены на 42 (n = 3) и 70 (n = 3) сутки в 1-й группе и 70 (n = 3) и 100 (n = 3) сутки в группе 2. Эвтаназию проводили внутривенным введением тиопентала натрия в дозе более

40 мг/кг. Производили артротомию и суставной хрящ латеральной мыщелка бедренной кости забирали для гистологического исследования. Полученные образцы после альдегидно-осмиевой фиксации заключали в аралдит. Полутонкие срезы (от 0,5 до 1,0 мкм) большой площади [7] готовили с помощью ультратома (Nova, LKB, Швеция), окрашивали толуидиновым синим и метиленовым синим основным фуксином. Гистологический материал изучался с помощью фотомикроскопа (Opton, Германия).

Гистоморфометрические измерения в образцах суставных хрящей выполняли с использованием комплекса DiaMorph (ДиаМорф, Москва, Россия) с программным обеспечением VT-Master для морфологического исследования (ВидеоТест, Санкт-Петербург, Россия). В суставном хряще были изучены следующие параметры: толщина (h, мкм), объемная плотность хондроцитов (VVch), численная плотность хондроцитов (NAch), доля (в %) пустых лакун (NNem. lac.) и изогенных групп (NNis. gr.) от общего числа хондроцитов (табл. 1). Были изучены неповрежденные образцы суставного хряща у пяти интактных контрольных собак с использованием морфометрии.

Тест Вилкоксона использовали для статистического анализа (программное обеспечение AtteStat, версия 1.0 для Microsoft Excel 97) с показателем значимости $p < 0,05$.



Рис. 1. Рентгенограммы бедра на этапах выполнения оперативного вмешательства: а – после моделирования перелома; б – после БИОС. Фрагменты рентгенограмм на 70 сутки после остеосинтеза: с – первая группа; д – вторая группа

Таблица 1

Количественные характеристики суставного хряща на этапах эксперимента

Параметры	VV _{хн} (% <i>M</i> ± <i>m</i>)	NA _{хн} (<i>M</i> ± <i>m</i>)	NAпуст лак (%)	NA _{из.гр} (%)	h хряща (мкм, <i>M</i> ± <i>m</i>)
Контроль	9,03 ± 1,04	6,1 ± 0,78	13,6	14,5	475,5 ± 1,3
Фиксация					
1 группа, Ф 70	4,94 ± 0,41	8,21 ± 0,69	16,6	10,9	428,98 ± 1,41
2 группа, Ф 70	4,25 ± 0,52*	6,84 ± 0,71*	17,5	3,4	505,61 ± 7,65*
2 группа, Ф100	4,95 ± 0,32	8,68 ± 0,65	22,3	4,4	601,68 ± 10,28

Жирным шрифтом выделены достоверные отличия с контролем, * – различия между 1 и 2 группами ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Все собаки имели легкий отек в области бедра и повышение температуры тела на 0,5 градуса в течение первых двух-трех дней. 1-я группа животных начала нагружать конечность через три-семь дней после операции, в то время как собаки группы 2 только через 10-14 дней после операции.

Диапазон движений коленного сустава был нормальным в группе 1, а в группе 2 в пределах от 100 до 110 градусов в течение двух-трех недель после операции. Явной атрофии мышц задних конечностей в обеих группах не было.

У собак 1-й группы на рентгенограммах бедра периостальная реакция отмечалась с 14-го дня, а эндостальный остеогенез – с 28-го дня. На 42-й день после фиксации IMN периостальный слой становился компактными, а кортикальный слой отмечался с обеих сторон, что подтверждало консолидацию. На рентгенограммах бедра собак группы 2 отмечалась слабая периостальная реакция на концах фрагментов в период с 14 по 42 день.

На 70 день рентгенологически у животных первой группы была выявлена равномерная костномозговая полость (рис. 1, с). Однородные кортикальные пластинки приближались по плотности и диаметру к пластинкам материнской кости. В группе 2 костное сращение наблюдалось на 70 день (рис. 1, d), а плотность кортикального слоя была схожа с материнской костью только к 100-му дню фиксации.

Гистологическое исследование показало, что суставной хрящ мышелков бедра у животных первой группы сохранил свое зональное строение в сроки исследования на 42 и 70 суток (рис. 2, а). Межклеточное вещество поверхностной зоны гиалинового хряща было однородным. Хондроциты были функционально активны, имели четкие гомогенные ядра и базофильную цитоплазму. В промежуточной зоне, в основном,

были обнаружены одиночные хондроциты. Двучленные изогенные группы хондроцитов встречались нечасто. В глубоком слое хондроциты были расположены в виде колонн; были обнаружены также бесклеточные пространства. Часто выявлялись пустые лакуны. Базофильная линия имела четкие контуры и была непрерывной. Кальцинированный хрящ был неравномерной толщины. Субхондральная пластинка отсутствовала в нескольких областях субхондральной зоны, и кальцинированный хрящ был в непосредственном контакте с межтрабекулярным пространством губчатой кости. Значительное снижение толщины хряща и объемной плотности хондроцитов было выявлено с помощью морфометрии у животных 1-й группы на 70-й день. Численная плотность хондроцитов возрастала в связи с увеличением клеточности в поверхностной зоне. Процент пустых лакун был выше нормы на 3 %, а доля изогенных групп была ниже на 3,6 % (табл. 1).

У животных группы 2 на 70 день отмечалось нарушение гомогенности межклеточного вещества поверхностного слоя. Кровеносные сосуды проникали в хрящ из субхондральной зоны (рис. 2, b). Исследование образцов гиалинового хряща на 100-й день показало, что деструктивные изменения продолжали прогрессировать. Очаги разволокнения на суставной поверхности (рис. 2, с) были более частыми, отмечено проникновение сосудов в хрящ (рис. 2, d). Толщина хряща увеличилась. Его высота была максимальной в связи с выраженной дезорганизацией межклеточного вещества и его набухания в очагах разволокнения (табл. 1). Низкая объемная плотность хондроцитов сохранялась; численная плотность превышала контрольные значения из-за увеличения количества клеток на поверхностной зоне. Отмечено увеличение доли пустых лакун, сохранялись низкие значения доли изогенных групп.

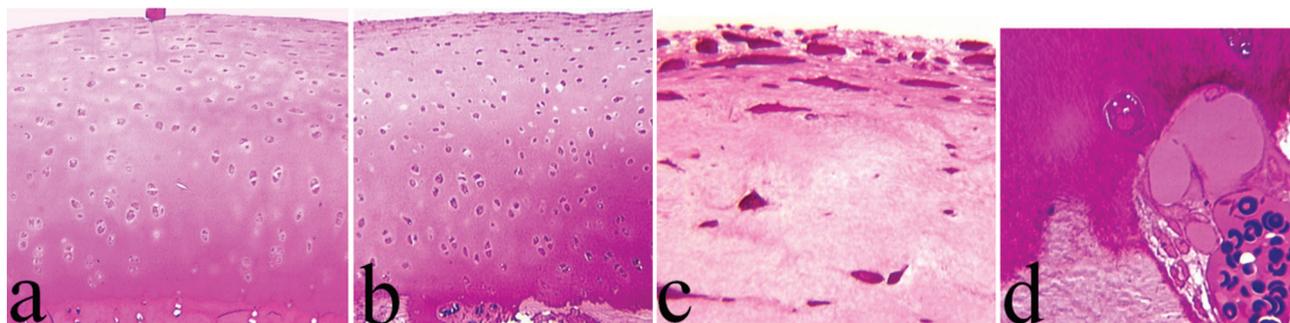


Рис. 2. Суставной хрящ мышелков бедра, полутонкие срезы, окраска метиленовым синим-основным фуксином. Ок. – 12,5; об. – 6,3 (а, b); ок. – 12,5; об. – 40 (с, d): а – первая группа, 70 суток эксперимента. Общий вид хряща, появление бесклеточных полей в глубокой зоне; b – вторая группа, 70 суток фиксации. Общий вид хряща, нарушение целостности базофильной линии, проникновение сосудов в хрящ; с – вторая группа, 100 суток фиксации. Разволокнение поверхностной зоны, хондроциты с пикнотичными ядрами, аномальной формы, появление бесклеточных полей; d – вторая группа, 100 суток фиксации. Проникновение сосудов в глубокую зону хряща со стороны субхондральной кости

ОБСУЖДЕНИЕ

Блокирующий остеосинтез IMN используется при переломах диафиза бедренной кости и обеспечивает стабильную фиксацию, которая может использоваться с методами непрямого репонирования. Этот метод обеспечивает хорошее сращение и низкий процент осложнений в отношении костной ткани и функции [1-6]. Наш эксперимент подтвердил формирование сращения кости в обеих группах. Тем не менее, это происходило в разные

периоды. Мы объясняем задержку сращения в группе 2 более поздним началом фиксации перелома, хотя интервал между травмой и фиксацией был всего четыре дня. Это доказывает тот факт, что остеосинтез должен быть выполнен как можно раньше, чтобы исключить пролонгацию процесса лечения. Как сообщается в исследованиях, период сращения перелома диафиза бедренной кости с использованием стержней в клинических условиях ко-

леблется от 10 до 28 недель [8]. Наш эксперимент длился в течение 70 дней в группе 1 и 100 дней в группе 2.

Известно, что антеградный блокирующий остеосинтез IMN является менее травмирующим в отношении коленного сустава, поскольку введение стержня выполняется из проксимального отдела бедренной кости [6]. Наш эксперимент показал, что деструктивные изменения в коленном суставе были слабо выражены, а зональная структура хряща мыщелка бедренной кости не была нарушена у животных в группе 1. Такие изменения могут быть объяснены нарушением трофики конечности. После того, как функция конечности восстанавливается полностью, эти изменения регрессируют. Напротив, значительные изменения, такие как разволокнение суставной поверхности, сопровождаемое нарушением целостности базофильной линии, проникновением сосудов в хрящ, и снижение пролиферации хондроцитов были выявлены у животных в группе 2.

Наши данные также показали, что изменения были более выраженными в более глубоких зонах хряща у животных обеих групп. Нарушения трофики конечности, гипокинезия из-за травмы и применения IMN играют роль в развитии этих дистрофических изменений, которые были более выражены в группе 2 из-за отсроченной фиксации.

Кроме того, местные факторы, такие как смещения отломков кости, повреждения внутрикостного кровоснабжения и травма мягких тканей, встречающиеся в реальной ортопедической практике, могут ухудшить условия заживления костей и суставов, таким образом стимулируя разрушение гиалинового хряща.

Хорошо известно, что доля тотальных артропластик суставов в связи с посттравматическим ОА растет [9]. Трудности в диагностике ранних вторичных дегенеративных изменений сустава вытекают из того факта, что возможности рентгенографии ограничены в обнаружении ситуации, предшествующей ОА, так называемому «преартрозу» [10-11]. Эти изменения не показали и рентгенографические исследования в нашей экспериментальной серии до и после операции. Тем не менее, они были выявлены при морфологическом ис-

следовании суставного хряща у животных группы 2. Наши гистоморфометрические данные указывают, что остеосинтез IMN может привести к развитию вторичного посттравматического остеоартроза во время лечения перелома диафиза бедренной кости, если его фиксация была выполнена отсрочено. Состояние гиалинового хряща у животных группы 2 на заключительной стадии лечения показало, что развившиеся изменения соответствовали 2 стадии ОА [12].

В целом, имеется очень мало экспериментальных исследований о влиянии IMN на коленный сустав [13]. Мы предполагаем, что наши данные могут послужить основанием для дальнейших исследований, чтобы доказать или опровергнуть полученные результаты. Тем не менее, первичные дегенеративные изменения являются факторами риска, которые следует учитывать в клинической практике. Очевидно, что ранние признаки ОА коленных суставов могут быть минимальными, но должны учитываться при лечении прежде, чем они приведут к симптоматической стадии.

Мы считаем, что исследования блокирующего IMN, используемого при переломах диафиза бедренной кости, также должны быть направлены на сведение к минимуму травматического воздействия на смежные суставы. Стимуляция остеогенеза в случае отсроченной фиксации IMN перелома диафиза бедренной кости может стать еще одним предметом исследований. Кроме того, необходимы перспективные контролируемые клинические исследования со среднесрочным и долгосрочным контролем результатов, которые будут направлены на выявление возможного посттравматического остеоартроза после применения IMN.

Наши результаты могут помочь в разработке адекватных реабилитационных программ, направленных на улучшение качества жизни пациентов, у которых развиваются осложнения после IMN фиксации [4, 6].

Наш эксперимент доказывает, что срочный остеосинтез не связан с необратимыми изменениями в хряще мыщелков бедренной кости. Задержка выполнения остеосинтеза увеличивает период лечения и является фактором риска развития ОА коленного сустава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Phillips J., Zirkle L.G., Gosselin R.A. Achieving locked intramedullary fixation of long bone fractures: technology for the developing world // *Int. Orthop.* 2012. Vol. 36, No 10. P. 2007-2013. doi: 10.1007/s00264-012-1625-3.
2. Ricci W.M., Gallagher B., Haidukewych G.J. Intramedullary nailing of femoral shaft fractures: current concepts // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2009. Vol. 17, No 5. P. 296-305.
3. Long-term functional outcome following intramedullary nailing of femoral shaft fractures / M. el Moumni, E.H. Voogd, H.J. ten Duis, K.W. Wendt // *Injury.* 2012. Vol. 43, No 7. P. 1154-1158. doi: 10.1016/j.injury.2012.03.011.
4. Paterno M.V., Archdeacon M.T. Is there a standard rehabilitation protocol after femoral intramedullary nailing? // *J. Orthop. Trauma.* 2009. Vol. 23, No 5 Suppl. P. S39-S46. doi: 10.1097/BOT.0b013e31819f27c2.
5. A prospective functional outcome and motion analysis evaluation of the hip abductors after femur fracture and antegrade nailing / M. Archdeacon, K.R. Ford, J. Wyrick, M.V. Paterno, S. Hampton, M.B. Ludwig, T.E. Hewett // *J. Orthop. Trauma.* 2008. Vol. 22, No 1. P. 3-9. doi: 10.1097/BOT.0b013e31816073b6.
6. Comparison of knee function in patients with a healed fracture of the femoral shaft fixed with retrograde and antegrade intramedullary nailing / K. Andrzejewski, M. Panasiuk, A. Grzegorzewski, M. Synder // *Ortop. Traumatol. Rehabil.* 2013. Vol. 15, No 5. P. 395-405. doi: 10.5604/15093492.1084241.
7. Stupina T.A., Shchudlo M.M. A method for making preparations from nondecalcified articular cartilage with sublying subchondral bone for multipurpose studies // *Bull. Exp. Biol. Med.* 2014. Vol. 157, No 3. P. 401-403. doi: 10.1007/s10517-014-2576-z.
8. Radiographic and functional results of osteosynthesis with locked unreamed intramedullary nailing of femoral shaft fractures in adults / E. Ertürer, I. Öztürk, Y. Dirik, M. Uzun, B. Aksoy // *Acta Orthop. Traumatol. Turc.* 2005. Vol. 39, No 5. P. 381-386.
9. Posttraumatic osteoarthritis: a first estimate of incidence, prevalence, and burden of disease / T.D. Brown, R.C. Johnston, C.L. Saltzman, J.L. Marsh, J.A. Buckwalter // *J. Orthop. Trauma.* 2006. Vol. 20, No 10. P. 739-744.
10. Early diagnosis to enable early treatment of pre-osteoarthritis / C.R. Chu, A.A. Williams, C.H. Coyle, M.E. Bowers // *Arthritis Res. Ther.* 2012. Vol. 14, No 3. P. 212. doi: 10.1186/ar3845.
11. Chu C.R., Millis M.B., Olson S.A. Osteoarthritis: From Palliation to Prevention: AOA Critical Issues // *J. Bone Joint Surg. Am.* 2014. Vol. 96, No 15. P. e130.

12. Osteoarthritis cartilage histopathology: grading and staging / K.P. Pritzker, S. Gay, S.A. Jimenez, K. Ostergaard, J.P. Pelletier, P.A. Revell, D. Salter, W.B. van den Berg // *Osteoarthritis Cartilage*. 2006. Vol. 14, No 1. P. 13-29.
13. Early patellofemoral osteoarthritis caused by an osteochondral defect after retrograde solid nailing of the femur in sheep / A. Pingsmann, M. Lederer, C. Wullenweber, T.K. Lichtinger // *J. Trauma*. 2005. Vol. 58, No 5. P. 1024-1028.

REFERENCES

1. Phillips J, Zirkle LG, Gosselin RA (2012) Achieving locked intramedullary fixation of long bone fractures: technology for the developing world. *Int Orthop* 36(10):2007–2013. doi: 10.1007/s00264-012-1625-3
2. Ricci WM, Gallagher B, Haidukewych GJ (2009) Intramedullary nailing of femoral shaft fractures: current concepts. *J Am Acad Orthop Surg* 17(5):296–305
3. el Moumni M, Voogd EH, ten Duis HJ, Wendt KW (2012) Long-term functional outcome following intramedullary nailing of femoral shaft fractures. *Injury* 43(7):1154–1158. doi: 10.1016/j.injury.2012.03.011
4. Paterno MV, Archdeacon MT (2009) Is there a standard rehabilitation protocol after femoral intramedullary nailing? *J Orthop Trauma* 23(5 Suppl):S39–46. doi: 10.1097/BOT.0b013e31819f27c2
5. Archdeacon M, Ford KR, Wyrick J, Paterno MV, Hampton S, Ludwig MB, Hewett TE (2008) A prospective functional outcome and motion analysis evaluation of the hip abductors after femur fracture and antegrade nailing. *J Orthop Trauma* 22(1):3–9. doi: 10.1097/BOT.0b013e31816073b6
6. Andrzejewski K, Panasiuk M, Grzegorzewski A, Synder M (2013) Comparison of knee function in patients with a healed fracture of the femoral shaft fixed with retrograde and antegrade intramedullary nailing. *Ortop Traumatol Rehabil* 15(5):395–405. doi: 10.5604/15093492.1084241
7. Stupina TA, Shchudlo MM (2014) A method for making preparations from nondecalcified articular cartilage with underlying subchondral bone for multipurpose studies. *Bull Exp Biol Med* 157(3):401–403. doi: 10.1007/s10517-014-2576-z
8. Ertürer E, Öztürk I, Dirik Y, Uzun M, Aksoy B (2005) Radiographic and functional results of osteosynthesis with locked unreamed intramedullary nailing of femoral shaft fractures in adults. *Acta Orthop Traumatol Turc* 39(5):381–386
9. Brown TD, Johnston RC, Saltzman CL, Marsh JL, Buckwalter JA (2006) Posttraumatic osteoarthritis: a first estimate of incidence, prevalence, and burden of disease. *J Orthop Trauma* 20(10):739–744
10. Chu CR, Williams AA, Coyle CH, Bowers ME (2012) Early diagnosis to enable early treatment of pre-osteoarthritis. *Arthritis Res Ther* 14(3):212. doi: 10.1186/ar3845
11. Chu CR, Millis MB, Olson SA (2014) Osteoarthritis: From Palliation to Prevention: AOA Critical Issues. *J Bone Joint Surg Am* 96(15):e130
12. Pritzker KP, Gay S, Jimenez SA, Ostergaard K, Pelletier JP, Revell PA, Salter D, van den Berg WB (2006) Osteoarthritis cartilage histopathology: grading and staging. *Osteoarthritis Cartilage* 4(1):13-29
13. Pingsmann A, Lederer M, Wullenweber C, Lichtinger TK (2006) Early patellofemoral osteoarthritis caused by an osteochondral defect after retrograde solid nailing of the femur in sheep. *J Trauma* 58(5):1024-1028

Рукопись поступила 07.10.2016

Сведения об авторах:

1. Ступина Татьяна Анатольевна – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, лаборатория морфологии, старший научный сотрудник, д. б. н.; e-mail: StupinaSTA@mail.ru
2. Еманов Андрей Александрович – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, лаборатория реконструктивного эндопротезирования и артроскопии, старший научный сотрудник, к. в. н., e-mail: a_eman@list.ru
3. Антонов Николай Иванович – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, лаборатория реконструктивного эндопротезирования и артроскопии, научный сотрудник, к. б. н.; e-mail: aniv-niko@mail.ru

Information about the authors:

1. Tatiana A. Stupina, Ph.D. of Biological Sciences, Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Laboratory for Morphology, e-mail: StupinaSTA@mail.ru
2. Andrey A. Emanov, Ph.D. of Veterinary Sciences, Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Laboratory for Reconstructive Arthroplasty and Arthroscopy, e-mail: a_eman@list.ru
3. Nikolai I. Antonov, Ph.D. of Biological Sciences, Russian Ilizarov Scientific Centre for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Laboratory for Reconstructive Arthroplasty and Arthroscopy, e-mail: aniv-niko@mail.ru