

УДК 616-092.9:617.3-582:616.728.2

ГИСТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОКСИМАЛЬНОГО ЭПИФИЗА БЕДРЕННОЙ КОСТИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ДИАФИЗАРНОГО ПЕРЕЛОМА В УСЛОВИЯХ ЧРЕСКОСТНОГО И ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОГО БЛОКИРУЕМОГО ОСТЕОСИНТЕЗА

Силантьева Т.А., Еманов А.А.

ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России,
Курган, e-mail: tsyl@mail.ru

В эксперименте на 12 взрослых беспородных собаках изучено гистологическое строение проксимального эпифиза бедренной кости при лечении ее диафизарного перелома в условиях чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза. Установлено, что через 100 суток внешней фиксации спице-стержневым аппаратом по методу Илизарова, в нагружаемой зоне суставного гиалинового хряща и подлежащей субхондральной кости патологические изменения не выявлены. В условиях остеосинтеза интрамедуллярным блокируемым штифтом в те же сроки эксперимента отмечены начальные признаки дистрофического процесса во всех зонах некальцифицированного и снижение высоты – кальцифицированного гиалинового хряща суставной выстилки. Вместе с этим значимо снижена плотность субхондральной компактной костной пластинки и увеличена – губчатой кости. Выявленные изменения сопровождаются микроциркуляторными нарушениями в костной ткани эпифиза.

Ключевые слова: бедренная кость, диафизарный перелом, проксимальный эпифиз, гиалиновый хрящ, остеосинтез

HISTOLOGICAL FINDINGS OF THE PROXYMAL FEMORAL EPIPHYSIS BY REPAIR OF A DIAPHYSEAL FRACTURE IN THE CONDITIONS OF TRANSOSSEOUS AND LOCKED INTRAMEDULLARY OSTEOSYNTHESIS

Silantieva T.A., Emanov A.A.

FSBI «Russian Ilizarov Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopedics»
of the RF Ministry of Health, Kurgan, e-mail: syl@mail.ru

Histological structure of the proximal femoral epiphysis during diaphyseal fracture repair in the conditions of transosseous osteosynthesis and locked intramedullary nailing was studied in 12 adult mongrel dogs. It was revealed that after one hundred days of external half-pin fixation according to the Ilizarov method the pathological changes were absent in the loaded area of the articular hyaline cartilage and underlying subchondral bone. By the same period the group of locked intramedullary nailing featured initial signs of dystrophic process in all areas of non-calcified cartilage and reduction in the height of the calcified hyaline cartilage of the articular layer. Alongside, the density of the subchondral compact bone plate was considerably decreased while the one of the cancellous bone was increased. Those changes were accompanied by microcirculatory disorders in the epiphyseal bone tissue.

Keywords: femur, diaphyseal fracture, proximal epiphysis, hyaline cartilage, osteosynthesis

Проблема лечения переломов бедренной кости является актуальной вследствие высокого процента осложнений, обусловленных как анатомическими особенностями травмированной области, так и конструкцией устройств для остеосинтеза [1]. Вместе с тем, в последние десятилетия значительно расширились технические возможности лечения данной патологии. Как правило, методом первоочередного выбора является внешняя фиксация стержневыми аппаратами – в качестве единственного метода лечения или временного этапа перед использованием погружных конструкций [7]. Среди последних особое внимание уделяется методу интрамедуллярного остеосинтеза блокируемыми штифтами [3, 4].

Имеются отдельные экспериментальные работы, посвященные гистологической оценке активности репаративного остеогенеза при заживлении переломов

бедренной кости в зависимости от тяжести повреждений и способов их лечения [6, 10]. Однако не менее важным аспектом обоснования эффективности лечения является изучение гистоструктурных изменений ее эпифиза в связи с проблемой сохранения функциональных возможностей суставов. Как установлено ранее, нарушение трофики травмированной области, усугубляющееся ятрогенными повреждениями в сочетании с гипокinezией вследствие частичного выключения функции конечности при лечении переломов, играет ведущую роль в механизме изменений структуры субхондральной кости и суставного хряща [5, 8].

Целью исследования являлась гистологическая характеристика проксимального эпифиза бедренной кости при лечении ее диафизарного перелома в условиях чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза.

Материал и методы исследования

Эксперимент был выполнен на 12 взрослых беспородных собаках обоего пола в возрасте $1,1 \pm 0,05$ года с массой тела $15,95 \pm 1,09$ кг, содержащихся в стандартных условиях вивария. Всем животным выполняли поперечную остеотомию долотом в средней трети диафиза бедренной кости. В первой серии экспериментов ($n = 6$) осуществляли чрескостный остеосинтез аппаратом спице-стержневой фиксации; во второй ($n = 6$) – интрамедуллярный блокируемый остеосинтез системой ILoc (Biomedtrix, USA). Оперативные вмешательства и эвтаназию выполняли в соответствии с требованиями Минздрава России к работе экспериментально-биологических клиник, а также Европейской конвенции по защите экспериментальных животных (Страсбург, 1986). На проведение эксперимента получено разрешение этического комитета ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. академика Г.А. Илизарова.

Взятие образцов для гистологического исследования выполняли на 100 сутки после выполнения оперативного вмешательства. После эвтаназии вскрывали ипсилатеральный тазобедренный сустав, вычленили головку бедренной кости и распиливали её по средней линии в поперечной плоскости. Костные блоки фиксировали в 10% нейтральном формалине. После промывания, обезжиривания в ацетоне, декальцинации в жидкости Рихмана-Гельфанда-Хилла и нейтрализации в 5% растворе алюмокалиевых квасцов, образцы пропитывали растворами целлоидина в спирт-эфире возрастающей концентрации. На санном микротоме (Reichart, Германия) изготавливали целлоидиновые срезы, которые окрашивали гематоксилином и эозином, по Ван Гизону Исследование препаратов производили с использованием светового микроскопа «Микмед-5» (ЛОМО, Россия) и цифровой камеры-окуляра «DCM-300» (Hangzhou Scopetek Opto-Electric Co.,Ltd., Китай) в комплекте с про-

граммным обеспечением «ScopePhoto» (ScopeTeck, Китай); стереомикроскопа «Axio Scope.A1» и цифровой камеры «AxioCam» в комплекте с программным обеспечением «Zen blue» (Carl Zeiss MicroImaging GmbH, Германия).

На полученных цифровых изображениях с использованием программы «ВидеоТест-Мастер-Морфология» («ВидеоТест», Россия, Санкт-Петербург) гистоморфометрически оценивали объемную долю костной ткани в компактном ($v_{\text{pcb}}^{\%}$) и губчатом ($v_{\text{пгб}}^{\%}$) костном веществе; общую высоту суставной выстилки ($h_{\text{с}}$, мкм), а также высоту некальцифицированного ($h_{\text{нс}}$, мкм) и кальцифицированного ($h_{\text{с}}$, мкм) суставного хряща.

Сгруппированные данные проверяли на нормальность распределения и статистически обрабатывали с использованием программного обеспечения «AtteStat, версия 13.1». При нормальном характере распределения результаты представляли в виде выборочных средних и их 95% доверительных интервалов (M; ДИ 95%). При отклонении гипотезы о нормальности совокупность данных характеризовали с использованием медиан и их 95% доверительных интервалов (Me; ДИ 95%). Межгрупповые различия считали значимыми, если доверительные интервалы не перекрывались.

Результаты исследования и их обсуждение

В I серии эксперимента головка бедренной кости имела типичную округлую форму. Суставную поверхность покрывал гладкий, без узур и трещин, гиалиновый хрящ. Субхондральную пластинку формировало компактное костное вещество, подлежащая губчатая кость была представлена крупнопетливой сетью пластинчатых трабекул (рис. 1, а).



Рис. 1. Гистологическое строение проксимального эпифиза бедренной кости через 100 суток после лечения диафизарного перелома: а – методом внешнего чрескостного остеосинтеза; б – методом интрамедуллярного блокирующего остеосинтеза. Гистотопографические целлоидиновые срезы. Окраска по Ван Гизону. Ув. $6,5 \times$. Длина масштабного отрезка – 2 мм. Стрелкой указан нагружаемый участок суставной поверхности

В суставном гиалиновом хряще дорсальный участок, подверженный наибольшей механической нагрузке, отличался наименьшей высотой (рис. 2).

Некальцифицированный хрящ суставной выстилки имел типичное зональное

строение. В нем различали тангенциальную (поверхностную), переходную (среднюю) и радиальную (глубокую) зоны. В бесклеточной пластинке тангенциальной зоны не было выявлено признаков разволокнения, под ней располагались

одиноким веретеновидным хондроцитом. Коллагеновые волокна внеклеточного матрикса ориентировались параллельно либо под небольшим углом относительно суставной поверхности. В промежуточной зоне округлые хондроциты без признаков некробиотических изменений формировали двух- и трехчленные изогенные группы. Хондроциты радиальной зоны группировались в колонки из четырех – семи клеток, глубже всего располагались гипертрофированные клетки. Коллагеновые волокна матрикса этих зон формировали дугообразные пучки, ориентированные перпендикулярно и тангенциально по отношению к суставной поверхности.

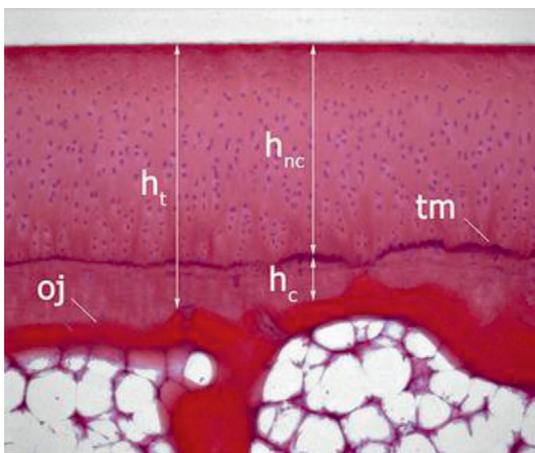


Рис. 2. Зональное строение гиалинового суставного хряща головки бедренной кости при лечении диафизарного перелома методом чрескостного остеосинтеза. Срок эксперимента – 100 суток.

Гистотопографический целлоидиновый срез. Окраска гематоксилином и эозином. Ув 100×. tm – пограничная базофильная линия; oj – остеохондральное соединение; h_t – общая высота суставной выстилки; h_{nc} – высота некальцифицированного хряща; h_c – высота кальцифицированной хрящевой пластинки

Одноконтурная базофильная пограничная линия (tidemark), соответствующая фронту минерализации, отграничивала кальцифицированный хрящ, прикрепленный к субхондральной костной пластинке.

Субхондральная пластинка, образованная пластинчатой костной тканью, имела компактное строение (рис. 3). В костных лакунах обнаруживались ядродержащие остециты. Питательные (сосудистые) каналы были узкими, в них располагались микрососуды преимущественно капиллярного типа. Линия остеохондрального соединения была непрерывной, извилистой, умеренно изрезанной.

Во II серии эксперимента выявляли адаптивные и дистрофические изменения структуры ее проксимального эпифиза. Нагружаемая дорсальная поверхность головки бедренной кости была несколько уплощена, ее суставную выстилку формировал гиалиновый хрящ. Субхондральная пластинка имела компактное строение, подлежащее губчатое вещество включало сеть массивных пластинчатых трабекул (рис. 1, б).

Суставной хрящ имел типичное зональное строение (рис. 4), ориентация коллагеновых волокон не претерпевала выраженных изменений. Однако в тангенциальной зоне определялись очаги разволокнения и сдувания бесклеточной пластинки, обнажение отдельных лакун хондроцитов. Часть клеток принимала округлую форму, обнаруживались изогенные группы. В промежуточной зоне наряду с изогенными группами клеток имелись запустевшие лакуны и бесклеточные участки матрикса. В радиальной зоне число хондроцитов в составе колонок сокращалось до 2–4, гипертрофированные клетки частично погружались в зону кальцификации. Базофильная пограничная линия утолщалась, приобретая извилистый контур, появлялись дополнительные фронты кальцификации. Зона кальцифицированного хряща выглядела суженной, линия остеохондрального соединения становилась более изрезанной.

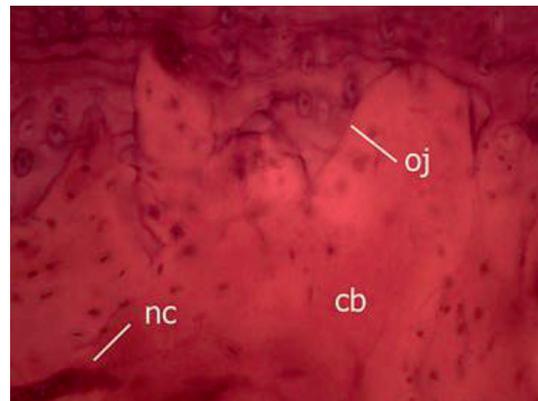


Рис. 3. Субхондральная костная пластинка головки бедренной кости при лечении диафизарного перелома методом чрескостного остеосинтеза. Срок эксперимента – 100 суток. Гистотопографический целлоидиновый срез. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 200×. cb – компактная костная ткань; oj – остеохондральное соединение; nc – питающий канал (canalis nutriens)

В субхондральной компактной костной пластинке определялись расширенные питательные каналы, содержащие

гиперемированные сосуды микроциркуляторного русла (рис. 5). В костных лакунах обнаруживали ядросодержащие остециты, отдельные клетки с признаками некролиза и безъядерные клетки.

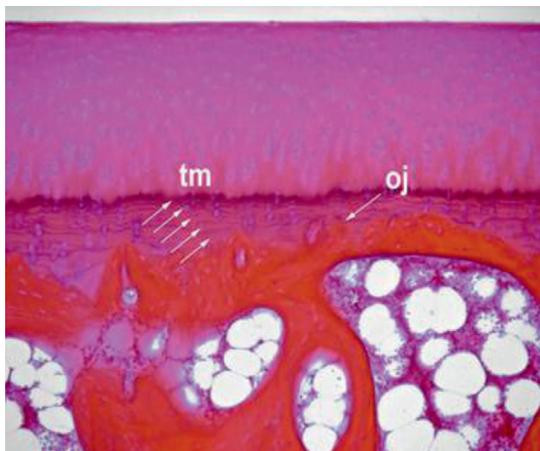


Рис. 4. Зональное строение гиалинового суставного хряща головки бедренной кости при лечении диафизарного перелома методом интрамедуллярного блокирующего остеосинтеза. Срок эксперимента – 100 суток. Гистотопографический целлоидиновый срез. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 100×. *tm* – пограничная базофильная линия; *oj* – остеохондральное соединение

Анализ данных гистоморфометрических исследований показал, что объёмная доля костной ткани в компактном веществе субхондральной костной пластинки во II серии была снижена на 7%

по сравнению с I серией (таблица). Трабекулярная плотность губчатого костного вещества увеличивалась на 36%, а высота кальцифицированной хрящевой пластинки снижалась на 28% по отношению к значениям аналогичных показателей в условиях применения метода чрескостного остеосинтеза. В этой же серии была выявлена тенденция к сравнительному снижению общей высоты суставной выстилки и высоты некальцифицированного гиалинового хряща.

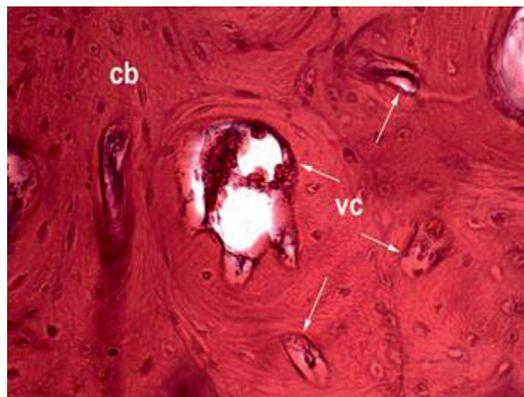


Рис. 5. Субхондральная костная пластинка головки бедренной кости при лечении диафизарного перелома методом интрамедуллярного блокирующего остеосинтеза. Срок эксперимента – 100 суток. Гистотопографический целлоидиновый срез. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 200×. *Cb* – компактная костная ткань; *vc* – сосудистый канал

Гистоморфометрическая характеристика проксимального эпифиза бедренной кости при лечении ее диафизарного перелома в условиях чрескостного и интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза

Метод остеосинтеза	Объёмная доля костной ткани, М; ДИ 95% (%)		Высота суставной выстилки, Мс; ДИ 95% (мкм)		
	* vp_{cb}	* vp_{tb}	h_t	h_{nc}	* h_c
Серия I	99; 98, 99	32; 31, 33	471; 433, 507	350; 337, 402	108; 86, 130
Серия II	92; 90, 93	50; 48, 53	390; 334, 473	324; 265, 396	78; 49, 85

Примечания: * – межгрупповые различия значимы при $p < 0,05$; vp_b – объёмную долю костной ткани в субхондральном компактном (vp_{cb}) и губчатом (vp_{tb}) костном веществе; ht – общая высота суставной выстилки; h_{nc} – высота некальцифицированного и h_c – кальцифицированного суставного хряща.

Выводы

Светооптическое микроскопическое исследование гистологических срезов проксимального эпифиза бедренной кости собак через 100 суток лечения ее диафизарного перелома методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову не выявило патологические процессы в суставной выстилке и субхондральной костной ткани.

При лечении методом интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза, в суставном гиалиновом хряще нагружаемой зоны головки бедренной кости в те же сроки развились начальные признаки дистрофических изменений, увеличилась порозность субхондральной костной пластинки и трабекулярная плотность губчатого костного вещества. По мнению специалистов,

подобные изменения соответствуют начальной стадии развития остеоартроза. Их причиной может являться нарушение трофического обеспечения субхондральной костной ткани вследствие декомпенсации посттравматических расстройств артериального внутрикостного кровоснабжения в сочетании с затруднением венозного оттока крови [2, 8, 9].

Список литературы

1. Анализ основных способов остеосинтеза при лечении метадиафизарных и диафизарных переломов бедренной кости / Г.Р. Реквава, А.Ф. Лазарев, А.В. Жадин, А.В. Цискарашвили и др. // Гений Ортопедии. – 2011. – № 3. – С. 5–11.
2. Диагностика и консервативное лечение заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы: Справ.: В 8 кн. Кн. 2. Остеоартроз / А.А. Корж, В.П. Черных, В.А. Филиппенко, Н.В. Дедух и др. – Х.: Основа, 1997. – 88 с.
3. Котельников Г.П., Мирошниченко В.Ф. Закрытые травмы конечностей. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 496 с.
4. Лазарев А.Ф., Солод Э.И., Ахтямов И.Ф. Рациональный остеосинтез. – Казань: «Скрипта», 2011. – 288 с.
5. Об оптимальных условиях репаративной регенерации опорных органов / Г.И. Лаврищева, Л.Н. Михайлова, Д.И. Черкес-Заде, Г.А. Оноприенко // Гений ортопедии. – 2002. – № 1. – С. 120–125.
6. Особенности остеогенеза при лечении диафизарных переломов бедренной кости в зависимости от тяжести травмы (экспериментальное исследование) / А.А. Еманов, Е.Н. Горбач, Н.И. Антонов, И.И. Мартель // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2013. – № 3 (19). – С. 72–77.
7. Ушаков С.А., Лукин С.Ю., Митрейкин Ю.В. Тактика лечения переломов бедренной кости у пациентов с поли-травмой // Гений Ортопедии. – 2011. – № 3. – С. 17–22.
8. Щеглов Э.А., Ращектаева С.В. Гистологические изменения у пациентов с сочетанием варикозной болезни нижних конечностей и остеоартроза коленных суставов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3(41) – С. 89–93.
9. Histological assessment of cartilage repair: a report by the Histology Endpoint Committee of the International Cartilage Repair Society (ICRS) / P. Mainil-Varlet, T. Aigner, M. Brittberg, P. Bullough et al. // J Bone Joint Surg Am. – 2003. – Vol. 85-A, Suppl 2. – P. 45–57.
10. Influence of different methods of internal bone fixation on characteristics of bone callus in experimental animals / D. Gajdobranski, M. Mitkovic, N. Vucković, M. Milankov et al. // Srp. Arh. Celok. Lek. – 2014. – Vol. 142. – № 1-2. – P. 40–47.