

Этиопатогенез атрофии полусухожильной и полуперепончатой мышц после применения оперативного и консервативного восстановления седалищной кости в эксперименте

Г.Н. Филимонова, Н.И. Антонов

Etioopathogenesis of m. semitendinosus and m. semimembranosus atrophy after performing experimental surgical and conservative restoration of ischial bone

G.N. Filimonova, N.I. Antonov

Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган
(директор – д.м.н. А.В. Губин)

Цель. Выявить патологические изменения и определить реакцию полусухожильной и полуперепончатой мышц экспериментальных животных после перелома седалищной кости в условиях внешней фиксации и консервативного лечения. **Материал и методы.** Эксперименты проведены на 35 взрослых беспородных собаках. Выполняли односторонний поперечный перелом тела и ветви седалищной кости с последующим оперативным и консервативным лечением. Использованы рентгенографические, анатомические и гистологические методы исследования. **Результаты.** В I серии при оперативном лечении смещение костного фрагмента отсутствовало. Во II серии при консервативном лечении рентгенографически к 35-м суткам опытов определяли смещение костного фрагмента седалищной кости в вентральном направлении в сагиттальной плоскости с образованием угла $32,5 \pm 12,5^\circ$. Восстановление седалищной кости после фрагментарного перелома оперативным либо консервативным методом сопровождалось более выраженной травматизацией полуперепончатой мышцы по сравнению с полусухожильной мышцей. При отсутствии стабильной фиксации костных фрагментов и при их значительном смещении по окончании эксперимента полуперепончатая мышца не восстанавливалась в прежнем объеме, в то время как полусухожильная мышца имела тенденцию к своему восстановлению. Репозиция и стабильная фиксация отломков внешним устройством сопровождается умеренными деструктивными изменениями в обеих исследованных мышцах. В условиях консервативного лечения уже на ранних этапах исследования для мышц характерны гистологические признаки мышечной атрофии, проявляющейся в виде увеличения числа сарколеммальных ядер, жировой дегенерации пучков мышечных волокон, групповой атрофии волокон, усиленным фиброзом эндо- и перимизийного пространства. **Заключение.** Переломы седалищной кости со смещением следует лечить, проводя внутреннюю или внешнюю фиксацию.

Ключевые слова: седалищная кость, полуперепончатая мышца, полусухожильная мышца, мышечные волокна, перелом, атрофия, оперативное лечение, консервативное лечение, эксперимент.

Purpose. To reveal the pathologic changes and determine the response of m. semitendinosus and m. semimembranosus of experimental animals after ischial bone fracture under external fixation and conservative treatment. **Materials and Methods.** The experiments performed in 35 adult mongrel dogs. An unilateral transverse fracture of ischial bone body and branch produced with further surgical and conservative treatment. Radiographic, anatomical, and histological methods of studying used. **Results.** There was no bone fragment displacement in case of surgical treatment in Series I. As for Series II, when conservative treatment performed the displacement of ischial bone fragment revealed by X-rays by Day 35 of the experiments, and this displacement developed ventrally in the sagittal plane with forming the angle of $32.5 \pm 12.5^\circ$. Ischial bone restoration after fragmental fracture by surgical or conservative method accompanied by more marked injuring m. semimembranosus comparing with m. semitendinosus. When there was no stable fixation of bone fragments, or in case of their significant displacement m. semimembranosus didn't recover in the previous volume by the end of the experiment, while m. semitendinosus tended to its recovery. Reposition and stable fixation of fragments with an external fixator accompanied by moderate destructive changes in the both muscles studied. When conservative treatment performed, histological signs of muscle atrophy were characteristic of the muscles yet at the early stages of the study, and besides the atrophy manifested itself as the increase of sarcolemmic nuclei in number, that of fatty degeneration of muscle fiber bundles, group atrophy of fibers, and also as the intensified fibrosis of endo- and perimysial spacing. **Conclusion.** Displaced ischial bone fractures should be treated using internal or external fixation.

Keywords: ischial bone, m. semimembranosus, m. semitendinosus, muscle fibers, fracture, atrophy, surgical treatment, conservative treatment, experiment.

ВВЕДЕНИЕ

Переломы костей таза относятся к одним из наиболее тяжелых повреждений, зачастую это происходит при автомобильных авариях, наездах на пешеходов, обвалах зданий. До 90 % случаев травмы таза носят сочетанный и множественный характер, сопровождаются травматическим шоком, что обуславливает тяжесть общего состояния пострадавших [2]. В последние десятилетия нередко сообщается о повреждениях задней группы мышц бедра при отрывных переломах апофиза седалищной кости, являющегося местом прикрепления полусухожильной, полуперепончатой и двуглавой мышцы бедра [6-9, 11, 12]. Поздняя диагностика и кон-

сервативное лечение переломов седалищного бугра могут приводить к ишиалгии и инвалидности [7-9, 11]. Ряд авторов рекомендует проводить открытую репозицию и внутреннюю фиксацию [7, 12]. В настоящее время определены показания к оперативному лечению пациентов с повреждениями таза, однако лечение переломов седалищной кости чаще всего консервативное [2].

Цель исследования – выявить патологические изменения и определить реакцию полусухожильной и полуперепончатой мышц экспериментальных животных после перелома седалищной кости в условиях внешней фиксации и консервативного лечения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперименты проведены на 35 взрослых беспородных собаках обоего пола в возрасте от 1 года до 5 лет средней упитанности, на которых выполнена реле-

вантная модель одностороннего поперечного перелома тела и ветви седалищной кости. Содержание, операции и эвтаназию животных осуществляли в соответствии с

Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных целей (Страсбург, 1986). В I серии на 18 животных для стабилизации костных отломков применяли устройство внешней фиксации (патент № 68286 РФ, Антонов Н.И., Краснов В.В., Кирсанов К.П.) [5], осуществляя внешний остеосинтез. Срок фиксации в аппарате составил 14, 28, 35 суток с последующим содержанием животных без аппарата в течение 30, 90, 180 и 365 суток. Во II серии на 17 животных проводили консервативное лечение, заключающееся в ограничении подвижности подопытных (постоянное содержание в клетке размером 150 см на 80 см) и назначении нестероидных противовоспалительных препаратов. Собак обеих серий выводили из эксперимента через 14, 28, 35, 65 суток (по 2 особи на срок); 125, 215 и 400 суток (по 3 особи на срок). В исследовании использовали рентгенографический, анатомический и гистологический методы исследований. По рентгенограммам определяли угол смещения костного фрагмента седалищной кости. После эвтаназии животных проводили послойное

препарирование поврежденной и контралатеральной области таза и бедра с описанием макроскопических изменений. Исследовали полусухожильную (ПСМ) и полуперепончатую мышцы (ППМ). Перед взятием материала на 125, 215 и 400-е сутки эксперимента измеряли абсолютный объем мышц. Для морфологического анализа иссекали фрагменты мышц в их средней трети, фиксировали в 2 % растворе параформальдегида с пикриновой кислотой, после гистологической проводки изготавливали парафиновые срезы, окрашивали гематоксилином и эозином и по Ван-Гизону. Часть материала дофиксировали в 1 % тетраоксиде осмия, полимеризовали в эпоксидных смолах, изготавливали полутонкие срезы, окрашивали по М.Онтелл. Препараты исследовали посредством светового микроскопа фирмы "Opton" (Германия) и АПК "ДиаМорф" (Россия) в программе "Color". Для выявления степени выраженности структурных реакций в мышцах был проведен выборочный полуколичественный анализ на предмет числа мышечных волокон, содержащих скопления сарколеммальных ядер в поле зрения среза (%).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В I серии опытов смещение костного фрагмента на рентгенограммах отсутствовало. Во II серии рентгенографически к 35-м суткам опытов у 13 из 17 животных определяли смещение костного фрагмента седалищной кости в вентральном направлении в сагиттальной плоскости с образованием угла $32,5 \pm 12,5^\circ$. В 4 случаях выявляли смещение фрагмента в сагиттальной плоскости с внутренней или внешней ротацией (рис. 1).

Бедренный желоб седалищного нерва оказывается суженным вследствие смещения костного фрагмента седалищной кости и разрастания костной мозоли, что приводит к фиброзу окружающих нерв тканей. При послойном препарировании у собак II серии в подкожной клетчатке и в фасциях мышц на 14, 28 и 35-е сутки макроскопически выявляли точечные кровоизлияния, гематомы, спайки, отек тканей и студенистый инфильтрат желтоватого оттенка в области перелома ветви седалищной кости. Определяли изменение цвета, снижение объема и эластичности ПСМ и ППМ, так как после смещения фрагмента седалищной кости происходит денервация мышц ввиду повреждения седалищного нерва и проксимальных ветвей большеберцового нерва в связи с их ущемлением в желобе, образованном мышцами бедра между большим вертелом бедренной кости и седалищным бугром [3, 10].

Объем ПСМ на 125-е сутки опыта в I и II сериях был снижен относительно контралатеральной конечности на 13 и 20 % соответственно (рис. 2). На 215-е сутки эксперимента в I и II сериях объем был снижен незначительно: на 5 % и 13 %, а к 400-м суткам только во II серии сохранялось уменьшение её объема на 6 %. В ППМ наблюдали снижение объема в I и II сериях эксперимента: к 125 суткам – на 25 % и 18 %, к 215-м – на 20 % и 19 %, к 400-м суткам – на 10 % и 27 % соответственно.

В обеих мышцах в ходе эксперимента наблюдались типичные структурные реакции, характерные для физиологического и репаративного гистогенеза скелетной мышечной ткани [1]. При этом для ПСМ была выявлена меньшая степень выраженности данных ре-

акций по сравнению с ППМ в обеих сериях эксперимента. На рисунках 5-8 представлены исследованные мышцы II серии опытов как наиболее яркие моменты морфологических картин.

Через 14 суток эксперимента в обеих мышцах I серии из 6 волокон лишь в одном наблюдалось умножение сарколеммальных ядер, визуализировались единичные волокна с узлами пересокращений I-III степени, в эндо- и перимизии наблюдались цепочки адипоцитов. Во II серии уже к 14 суткам опыта в обеих мышцах были отмечены признаки активизации как парные миобласты (рис. 3, а), в мышечных волокнах зачастую наблюдались цепочки из крупных светлых ядер, в прослойках эндо- и перимизия – лаброциты. В ППМ были отмечены «спиральные» и контрактурно измененные мышечные волокна, а также волокна, содержащие множественные сарколеммальные ядра, что может отражать скопление макрофагов в том числе (рис. 3, б).

На 28-е сутки опыта в I серии в ПСМ в толще нормальных волокон локализовались единичные "спиральные" волокна, контрактурно измененные. В ППМ из 4-х волокон три содержали повышенное число внутримышечных ядер. Во II серии для обеих мышц были характерны фрагменты волокон, лишённые исчерченности, содержащие крупные лизисные ядра, слабо воспринимающие краситель (рис. 4, б). В ПСМ волокна с нормальной архитектоникой были единичны: идентифицировались многочисленные контрактурно изменённые волокна (рис. 4, а), в эндо- и перимизии наблюдалось множество лаброцитов, свидетельствующих, прежде всего, о воспалительной реакции (рис. 4, с). В ППМ каждое второе волокно содержало многочисленные внутренние ядра, наблюдались единичные адипоциты, а также их группы, заменившие пучки мышечных волокон – жировая дегенерация, отмечены волокна, подвергшиеся иммунной атаке, вероятно, некротизированные, наполненные фагоцитирующими макрофагами – воспалительные инфильтраты (рис. 4, d).

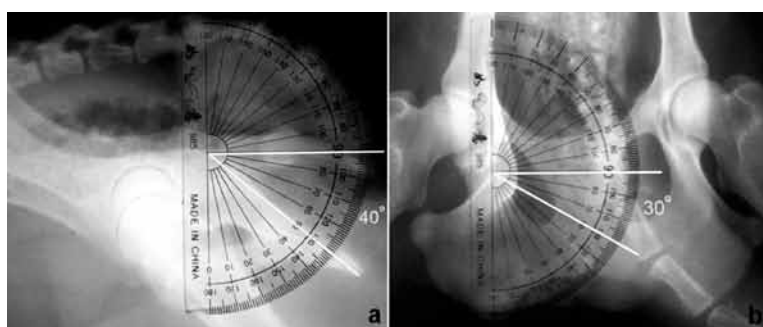


Рис. 1. Смещение фрагмента седалищной кости собаки: а – угол смещения в сегментальной плоскости, б – угол смещения во фронтальной плоскости. Рентгенограммы таза собаки выполнены в боковой (а) и прямой (б) проекциях

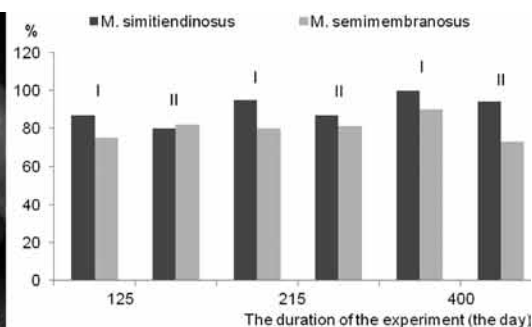


Рис. 2. Динамика объёма полусухожильной и полуперепончатой мышц бедра (%) в условиях оперативного (I) и консервативного (II) лечения перелома седалищной кости

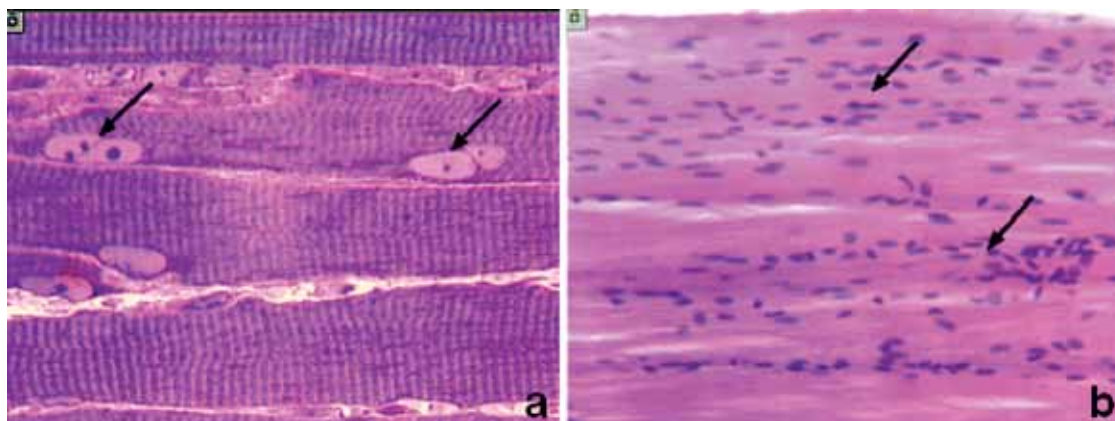


Рис. 3. Гистоструктура фрагментов полусухожильной (а) и полуперепончатой (б) мышц во II серии через 14 суток опыта: а – парные миобласты (стрелки), б – многочисленные сарколеммальные ядра (стрелки). Продольные срезы: а – полутонкий, окраска по М.Онтелл, увел. –1200х, б – парафиновый, окраска гематоксилином и эозином, увел. –200х

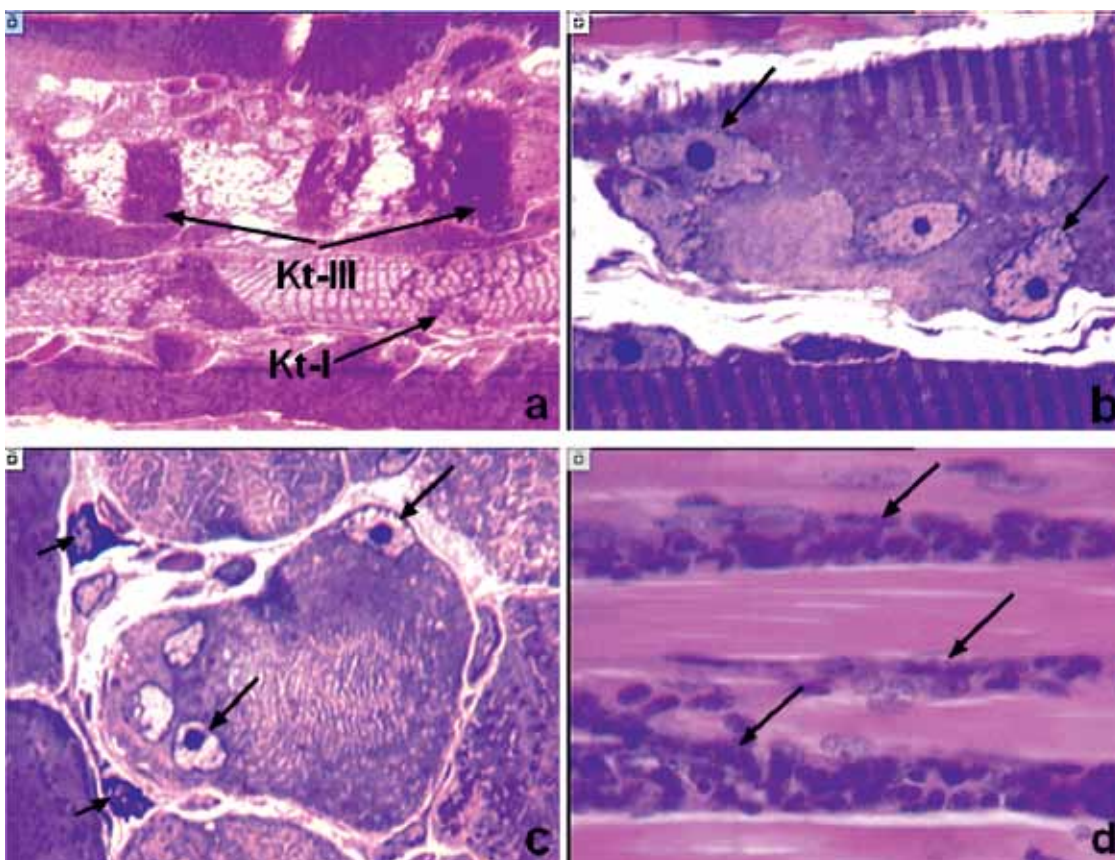


Рис. 4. Гистоструктура фрагментов полусухожильной (а, с) и полуперепончатой (б, д) мышц во II серии через 28 суток после операции: а – группа контрактурно изменённых волокон; б, с – участки мышечных волокон без истощения с множеством набухших светлых ядер (стрелки), лаброциты в эндомизии (короткие стрелки); д – мышечные волокна, подвергшиеся иммунной атаке – клеточная инфильтрация (стрелки). Ст-III, Ст-I – контрактуры волокон I-III степени. Полутонкие срезы, окраска по М.Онтелл, увеличение –1200х, д – парафиновый срез, увеличение –200х

Через 35 и 65 суток эксперимента в обеих мышцах I серии наблюдались описанные выше морфологические признаки репарационного гистогенеза скелетных мышц. Во II серии для ПСМ были характерны парные миобласты, в соединительнотканых прослойках лаброциты, фибробласты. В ППМ наблюдались множественные волокна с узлами пересокращений и растяжений и, как итог необратимых контрактур – части опустошённых трубок волокон с сохраненной лишь базальной мембраной (рис. 5, а), в саркоплазме дегенерирующих фрагментов волокон наблюдались скопления вакуолей (рис. 5, б).

На 215-е сутки опыта в I серии в обеих мышцах из 6 волокон лишь 1 было реактивно изменено, наблюдались парные миобласты, их цепочки. Во II серии для обеих мышц были характерны нормальные мышечные волокна, по периферии которых идентифицировались собственные веретеновидные ядра (рис. 6, а), немногочисленные обратимые (I-II степени) узлы пересокра-

щений волокон, адипоциты, фибробласты в межклеточном пространстве. В ППМ были отмечены ядра с глыбчатым хроматином, что является одним из признаков апоптоза ядра (рис. 6, б).

К 400 суткам в I серии гистологическая картина обеих мышц возвращалась к норме, волокна с повышенным числом ядер были немногочисленны, прослойки эндо- и перимизия минимальны. Во II серии для ПСМ были характерны мышечные волокна полигональных профилей относительно единообразных диаметров, чётко идентифицировались фенотипы волокон, что характерно для функционально активных и интактных мышц [4] (рис. 7, а). В ППМ полигональность профилей большинства волокон не восстанавливалась, слабо идентифицировались их фенотипы, что является свидетельством пребывания мышцы в фазе структурной реорганизации и, возможно, обуславливает неполное восстановление первоначального объёма мышцы (рис. 7, б).



Рис. 5. Гистоструктура фрагментов полуперепончатой мышцы II серии через 35 (а) и 65 (б) суток эксперимента: а – дегенерировавший фрагмент мышечного волокна (в центре) с сохраненной лишь базальной мембраной; б – многочисленные вакуоли в деструктивной части волокна (стрелки). Полутонкие срезы, окраска по М.Онтелл, увеличение –1200×

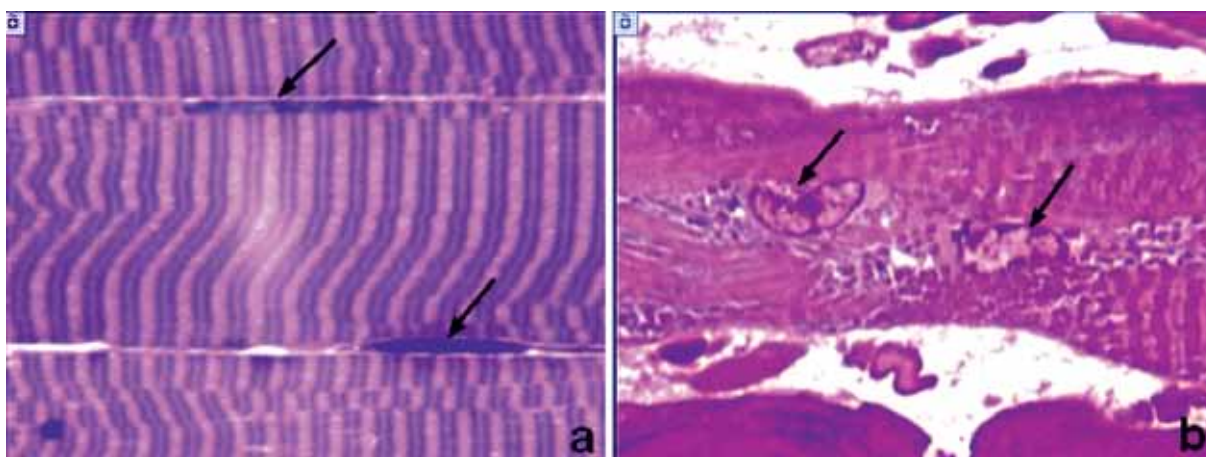


Рис. 6. Гистоструктура фрагментов полусухожильной (а) и полуперепончатой (б) мышц во II серии на 215 сутки опыта: а – веретеновидные собственные ядра мышечных волокон (стрелки), б – апоптозные ядра (стрелки). Полутонкие срезы, окраска по М.Онтелл, увеличение –1200×

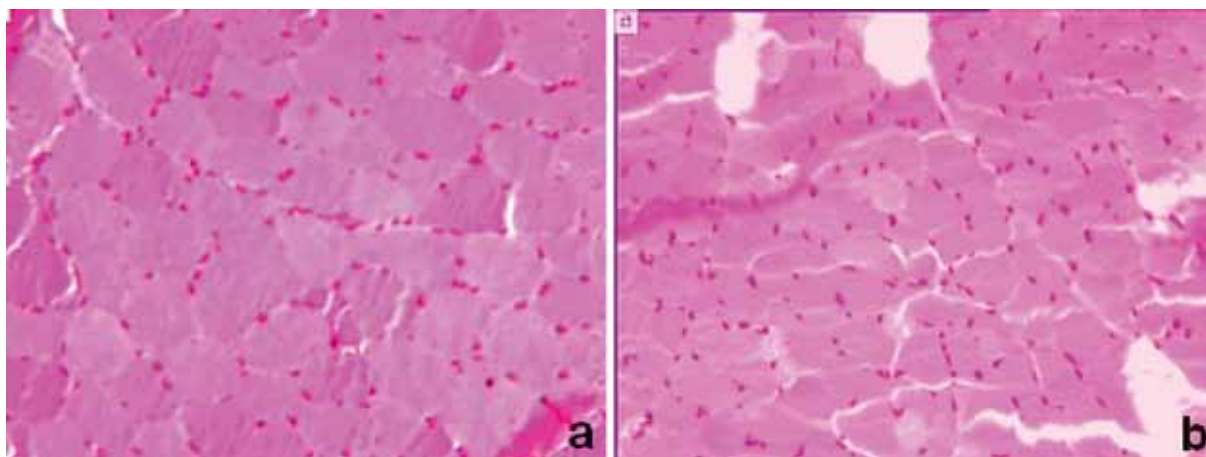


Рис. 7. Гистоструктура фрагментов полусухожильной (а) и полуперепончатой (б) мышц во II серии к 400 суткам эксперимента: а – мышечные волокна полигональных профилей, идентифицированы фенотипы; б – чаще округлые контуры волокон, слабо выражены их метаболические типы. Поперечные парафиновые срезы, окраска гематоксилином и эозином, увеличение –200×

Таким образом, восстановление седалищной кости после фрагментарного перелома оперативным либо консервативным методом сопровождается более выраженной травматизацией ППМ по сравнению с ПСМ. В отсутствие стабильной фиксации костных фрагментов и при их значительном смещении по окончании эксперимента ППМ не восстанавливается в прежнем объеме, в то время как ПСМ имеет тенденцию к своему восстановлению и по окончании опыта гистологическая картина мышцы приближена к интактной норме. Для успешной регенерации мышечной ткани необходимо напряжение мышцы, восстановление кровоснабже-

ния и сохранение нервно-мышечных связей, что было создано лишь в условиях чрескостного остеосинтеза в I серии опытов. Репозиция и стабильная фиксация отломков внешним устройством сопровождается умеренными деструктивными изменениями в обеих исследованных мышцах. В условиях консервативного лечения уже на ранних этапах исследования для мышц характерны гистологические признаки мышечной атрофии, проявляющейся в виде увеличения числа сарколеммальных ядер, жировой дегенерации пучков мышечных волокон, групповой атрофии волокон, усиленным фиброзом эндо- и перимизийного пространства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При восстановлении седалищной кости в условиях внешнего чрескостного остеосинтеза в полуперепончатой и полусухожильной мышцах преобладают процессы репаративной регенерации по типу реституции. В условиях консервативного лечения для полуперепончатой мышцы характерна замедленная динамика

процессов восстановления, обусловленная атрофией, вызванной смещением костного фрагмента, отсутствием напряжения мышцы и травматизацией седалищного нерва. Полученные результаты свидетельствуют в пользу фиксации переломов седалищной кости со смещением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов Р.К., Мурзабаев Х.Х., Одицова И.А. Экспериментально-гистологический анализ регенерации тканей // Морфология. 2002. Т. 121, № 2-3. С. 46.
Danilov R.K., Murzabaev Kh.Kh., Odintsova I.A. Eksperimental'no-gistologicheskii analiz regeneratsii tkanei [An experimental-and-histological analysis of tissue regeneration] // Morfologiya. 2002. T. 121, N 2-3. S. 46.
2. Оперативное лечение несвежих и застарелых двусторонних ротационно-нестабильных повреждений таза (обзор литературы) / А.Н. Гришук, М.Э. Пусева, Н.В. Тишков, В.Ю. Васильев // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. 2010. № 5 (75). С. 222-232.
Operativnoe lechenie nesvezhih i zastarelykh dvustoronnikh rotatsionno-nestabil'nykh povrezhdenii taza (obzor literatury) [Surgical treatment of non-fresh and neglected bilateral rotationally instable pelvic injuries] / A.N. Grishchuk, M.E. Puseva, N.V. Tishkov, V.Yu. Vasil'ev // Biul. VSNs SO RAMN. 2010. N 5 (75). S. 222-232.
3. Сайфутдинов М.С., Антонов Н. И., Сизова Т.В. Функциональное состояние мышц тазовых конечностей у собак в условиях экспериментальной модели перелома седалищной кости // Гений ортопедии. 2009. № 1. С. 11-16.
Saifutdinov M.S., Antonov N.I., Sizova T.V. Funktsional'noe sostoianie myshts tazovykh konechnostey u sobak v usloviakh eksperimental'noi modeli pereloma sedalishchnoi kosti [The functional state of canine pelvic limb muscles in the experimental model of ischial bone fracture] // Genij Ortop. 2009. N 1. S. 11-16.
4. Численно-размерный состав мышечных волокон передней большеберцовой мышцы при регенерации пересеченного седалищного нерва собак в условиях нейтрального и дистракционного остеосинтеза / Н.А. Щудло, Г.Н. Филимонова, С.В. Панасенко, О.А. Виноградова // Гений ортопедии. 2007. № 3. С. 22-26.
Chislennno-razmernyi sostav myshechnykh volokon perednei bol'shebertsovoi myshtsy pri regeneratsii peresechnnogo sedalishchnogo nerva sobak v usloviakh neutral'nogo i distraktsionnogo osteosinteza / N.A. Chichoudlo, G.N. Filimonova, S.V. Panasenoko, O.A. Vinogradova // Genij Ortop. 2007. N 3. S. 22-26.
5. Устройство для лечения переломов костей таза у мелких домашних животных : пат. 68286 Рос. Федерация. № 2007125027/22 ; заявл. 02.07.2007 ; опубл. 27.11.2007, Бюл. № 33. 1 с.
Patent 68286 RF. Ustroistvo dlia lecheniia perelomov kostei taza u melkikh domashnikh zhivotnykh [A device for treatment of pelvic bone fractures in small domestic animals]. N 2007125027/22; zaiavl. 02.07.2007; opubl. 27.11.2007, Biul. N 33. 1 s.
6. Analysis of muscle forces acting on fragments in pelvic fractures / E. Elabjer, V. Nikolic, A. Matejčić, M. Stancić, B. Kuzmanović Elabjer // Coll. Antropol. 2009. Vol. 33, No 4. P. 1095-1101.
7. Wootton J.R., Cross M.J., Holt K.W. Avulsion of the ischial apophysis. The case for open reduction and internal fixation // J. Bone Joint Surg. Br. 1990. Vol. 72, No 4. P. 625-627.
8. Ceretti M., Di Renzo S. A new evaluation system for early and successful conservative treatment for acute ischial tuberosity avulsion // Chin. J. Traumatol. 2013. Vol. 16, No 4. P. 254-256.
9. Diagnosis and management of posttraumatic piriformis syndrome: a case study / N. Mayrand, J. Fortin, M. Descarreaux, M.C. Normand // J. Manipulative Physiol. Ther. 2006. Vol. 29, No 6. P. 486-491.
10. Varsegova T.N., Antonov N.I. Experimental study of the etiology and pathogenesis of sciatic neuropathy under conditions of therapy for ischium fractures // Bull. Exp. Biol. Med. 2012. Vol. 152, No 6. P. 752-755.
11. Overgrowth of the ischial tuberosity complicating femoral bone and muscle atrophy: implications for a delayed complication of malunited apophyseal avulsion fracture / H. Takayanagi, H. Watanabe, T. Shinozaki, K. Takagishi // Am. J. Orthop. (Belle Mead NJ). 1998. Vol. 27, No 4. P. 308-312.
12. Oulsen T.K., Enggaard T.P. Avulsion fracture of the ischial tuberosity. A rare lesion whose early diagnosis and correct treatment may prevent late sequelae // Ugeskr. Laeger. 1995. Vol. 157, No 44. P. 6140-6141.

Рукопись поступила 24.09.2010.

Сведения об авторах:

1. Филимонова Галина Николаевна – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, лаборатория морфологии, старший научный сотрудник, к. б. н..
2. Антонов Николай Иванович – ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, лаборатория реконструктивного эндопротезирования и артроскопии, научный сотрудник, к. в. н.