

УДК [591.471.374:591.474:599.742.1-001-089.227.8]-092.9

## ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЛОКНИСТОГО ОСТОВА СУХОЖИЛИЯ ДЛИННОГО РАЗГИБАТЕЛЯ ПАЛЬЦЕВ СТОПЫ СОБАК ПРИ УДЛИНЕНИИ ГОЛЕНИ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЧРЕСКОСТНОГО ДИСТРАКЦИОННОГО ОСТЕОСИНТЕЗА

**Горбач Е.Н.**

*ФГБУ РНЦ ВТО имени акад. Г.А. Илизарова» Минздравоуразвития России, Курган, e-mail: gorbach.e@mail.ru*

Выявление морфологических характеристик сухожилия длинного разгибателя пальцев стопы может иметь ключевое значение при выяснении риска его травмирования в условиях удлинения голени с различным суточным темпом и дробностью. Цель исследования – изучить особенности гистоструктурных изменений волокнистого остова сухожилия длинного разгибателя пальцев стопы собак при удлинении голени методом чрескостного distractionного остеосинтеза с суточным темпом 1 мм за 4 приема в ручном режиме и 3 мм за 120 приемов с использованием автоматического привода. В опыте участвовало 56 взрослых беспородных собак. Методами световой и сканирующей электронной микроскопии и морфометрии выявлено, что независимо от условий эксперимента структуры волокнистого остова рыхлой и плотной оформленной соединительных тканей сухожилия в условиях дозированной distractionции приобретают ориентированную по вектору воздействия растягивающих усилий направленность, проявляя локальные признаки перерастяжения. Репаративно-деструктивным изменениям наиболее подвержены коллагеновые и эластические волокна сухожилия в условиях удлинения конечности с повышенным (3 мм) суточным темпом. Это обстоятельство следует учитывать при выборе способа удлинения конечности.

**Ключевые слова:** сухожилие длинного разгибателя пальцев стопы, чрескостный distractionный остеосинтез, коллагеновые волокна, эластические волокна, фибриллогенез, волокнистый остов

## DESCRIPTION OF THE FIBRILLAR FRAMEWORK OF THE TENDON OF CANINE FOOT DIGITAL LONG EXTENSOR FOR LEG LENGTHENING UNDER DIFFERENT CONDITIONS OF TRANSOSSEOUS DISTRACTION OSTEOSYNTHESIS

**Gorbach E.N.**

*Federal State Budgetary Institution The Russian Ilizarov Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopaedics» of the RF Ministry of Healthcare and Social Development, Kurgan, e-mail: gorbach.e@mail.ru*

The reveal of the morphological characteristics of the tendon of foot digital long extensor may have a key role in determination of its injury risk during leg lengthening using different daily rate and division. Aim of the work is to study the features of histostructural changes in the fibrillar framework of the tendon of the canine foot digital long extensor under leg lengthening by transosseous distraction osteosynthesis technique by 1 mm a day for 4 times manually, as well as by 3 mm for 120 times automatically. 56 adult mongrel dogs took part in the experiment. When using the techniques of light and scanning electron microscopy and morphometry the structures of the tendon fibrillar framework of made-out loose and dense connective tissues under graduated distraction have been revealed, regardless of experimental conditions, to acquire the orientation along the vector of influencing distraction forces, showing local signs of overstraining. The tendon collagen and elastic fibers are the most subjected to reparative-and-destructive changes during limb lengthening with the increased (3 mm) daily rate. This should be taken into account when selecting a technique of limb lengthening.

**Keywords:** the tendon of foot digital long extensor, transosseous distraction osteosynthesis, collagen fibers, elastic fibers, fibrillogenesis, fibrillar framework

Изучение закономерностей структурной организации сухожильно-связочной системы опорно-двигательного аппарата у животных, а также адаптивных морфологических перестроек в ней является одной из актуальных проблем морфологии и ветеринарной медицины [7, 8]. Несмотря на имеющиеся фундаментальные разработки в данном направлении [1, 5], многие аспекты этой проблемы, в частности, у собак, до настоящего времени являются еще не полностью раскрытыми.

Так, сведения, касающиеся функциональной анатомии сухожилий плюсневого сустава у собак, единичны [8, 9]. В частности, отсутствуют данные о микромор-

фологии сухожилий длинного разгибателя пальцев, не раскрыты структурно-биомеханические механизмы, лежащие в основе высокой адаптивной пластичности сухожильной ткани как в норме, так и в различных биомеханических условиях. Длинный разгибатель пальцев (*m. extensor digitalis longus*) играет важную роль в организации стато-локомоторной функции тазовой конечности собаки [6, 9].

Изучение гистогенеза сухожилий мышц конечности, удлиняемой методом чрескостного distractionного остеосинтеза, представляет интерес как для ортопедической практики (успешность коррекции укорочений конечности зависит в том числе и от

состояния ее мышечно-сухожильного комплекса [4]), так и в теоретическом аспекте (исследования, посвященные морфогенезу соединительной ткани сухожилий в данных условиях, несмотря на многолетний научный опыт, единичны [2] и требуют дальнейшего изучения). Выявление морфологических характеристик сухожилия длинного разгибателя пальцев стопы у собак может иметь ключевое значение при выяснении риска его травмирования в условиях удлинения голени с различным суточным темпом и дробностью.

Биомеханические свойства сухожилий (их прочность и эластичность) зависят от соотношения и гистоструктурных характеристик коллагеновых и эластических волокон, формирующих волокнистый каркас сухожилия [3, 10, 13].

**Цель исследования** – изучить особенности гистоструктурных изменений волокнистого остова сухожилия длинного разгибателя пальцев собак при удлинении голени методом чрескостного дистракционного остеосинтеза с суточным темпом 1 мм за 4 приема в ручном режиме и 3 мм за 120 приемов с использованием автоматического привода.

#### Материал и методы исследования

Материалом исследования послужило сухожилие длинного разгибателя пальцев 56 взрослых беспородных собак, которым на голень накладывали аппарат Илизарова, осуществляли флексионную остеоклазию берцовых костей и через 5 суток после операции начинали удлинение сегмента конечности путем дозированного разведения опор аппарата, фиксирующего проксимальные и дистальные отломки: в I серии – в ручном режиме (суточный темп удлинения – 1 мм за 4 приема), во II – при помощи автоматического привода (суточный темп удлинения – 3 мм за 120 приемов). Величина удлинения голени в обеих сериях составляла  $15,6 \pm 0,4\%$  от исходных размеров. Животных выводили из опыта в середине и по окончании периода дистракции, 30 суток фиксации, 30 и 90 суток после снятия аппарата. Уход, оперативные вмешательства, эвтаназию животных осуществляли в соответствии с требованиями «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей». В качестве контроля исследовали сухожилие 6 интактных собак. Материал фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина, дегидратировали и заливали в парафин. Гистологические срезы окрашивали орсеином по Тенцеру–Унну, гематоксилином и эозином, пикрофуксином по Ван–Гизону. Световую микроскопию гистологических препаратов выполняли на большом исследовательском фотомикроскопе фирмы «Ортоп» (Германия).

Для осуществления морфометрических исследований сухожилий выполняли ввод изображений в память компьютера на аппаратно-программном комплексе «ДиаМорф» (Россия). На оцифрованных изображениях гистологических препаратов определяли объемную плотность ( $V_{1\beta}$ ) эластических волокон (ЭВ), измеряли толщину пучков I порядка и оценивали извитость ( $k_{is}$ )

коллагеновых волокон в пучках I порядка, используя программу-анализатор изображений «ВидеоТесТ-Морфология 4.0» (Россия). Статистическую обработку количественных данных проводили, используя пакет анализа данных приложения «Microsoft Excel». Для каждого момента данных определяли параметры описательной статистики. Достоверность отличия средних значений оценивали при помощи двухвыборочного t-теста с различными дисперсиями.

Часть фрагментов сухожилия после этапов фиксации и дегидратации заливали в камфен (3,3-диметил-2-метиленибцикло-[1,2,2]-гептан), после возгонки которого высушенные препараты напыляли серебром в ионном напылителе ИВ-6 и исследовали при помощи сканирующего электронного микроскопа JSM-840.

#### Результаты исследования и их обсуждение

К середине периода дистракции в обеих сериях отмечено утолщение эпи- и перитендиния за счет развившегося отека тканей, более выраженного во II серии. В I серии эксперимента выявлялась небольшая доля деструктивно измененных эластических волокон. Значения толщины пучков I порядка в I серии незначительно уменьшались, во II – увеличивались (рис. 1). Содержание эластических волокон в данный период в I серии эксперимента достоверно уменьшалось, тогда как во II серии оставалось без изменений.

К окончанию периода дистракции эпи- и перитендиний были утолщены в обеих сериях за счет активизации процесса фибрилlogenеза, вызванного дозированным механическим растяжением тканей [2]. У всех экспериментальных животных в этот период собственно сухожильные пучки 1–3 порядков становились визуально тоньше, чем у интактных собак. В I экспериментальной серии толщина пучков I порядка была существенно меньше, чем во II и контроле. Во II серии встречались единичные участки с разрывами как отдельных коллагеновых волокон, так и пучков I порядка. Участки разрывов заполнялись рыхлой волокнистой соединительной тканью, спаивая концы сухожильных волокон. В серии с ручным режимом удлинения толщина пучков продолжала достоверно уменьшаться, в серии с повышенным темпом автоматического удлинения отмечалось лишь незначительное уменьшение данного показателя, что было вдвое выше, чем в I серии (рис. 1).

Коллагеновые волокна в этот период становились мелкоизвитыми, а некоторые участки, наоборот, утрачивали извитость. В серии с ручным режимом дистракции сглаживание извитости волокон было выражено в большей степени. Встречались зоны разволокнения сухожильных пучков, где коллагеновые волокна располагались менее компактно, чем в контроле.

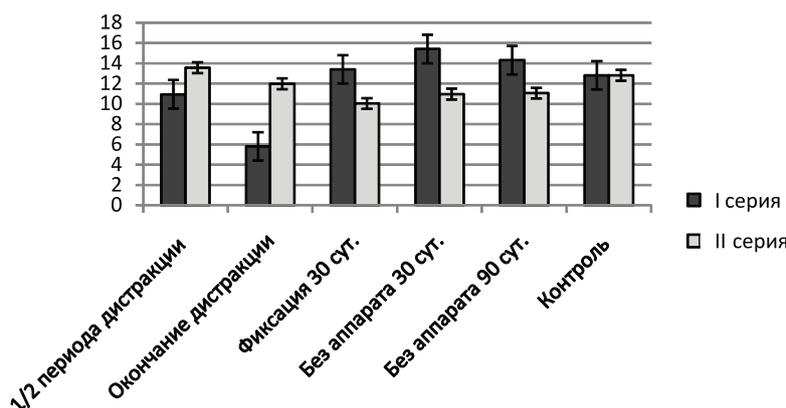


Рис. 1. Динамика толщины пучков I порядка в сухожилии длинного разгибателя пальцев при удлинении голени с суточным темпом 1 мм за 4 приема (I серия) и 3 мм за 120 приемов (II серия)

При анализе показателей коэффициента извитости в обеих сериях максимальные его значения, связанные со спрямлением

коллагеновых волокон, соответствовали периоду distraction, а в I серии сохранялись и в течение периода фиксации (таблица).

Величина коэффициента извитости ( $k_{isy}$ ) коллагеновых волокон в пучках I порядка сухожилия длинного разгибателя стопы при удлинении голени с суточным темпом 1 мм за 4 приема (I серия) и 3 мм за 120 приемов (II серия)

Этапы эксперимента	$k_{isy}$ (y. e.)	
	I серия	II серия
1/2 периода distraction	$0,98 \pm 0,0017^* +++$	$0,98 \pm 0,001^* +++$
Окончание периода distraction	$0,981 \pm 0,002^* ++ \cdot$	$0,975 \pm 0,007^* ++ \cdot$
Фиксация 30 суток	$0,984 \pm 0,003^* ++ \cdot$	$0,97 \pm 0,008^* ++ \cdot$
Без аппарата 30 суток	$0,978 \pm 0,003^* +++ \cdot$	$0,97 \pm 0,001^* +++ \cdot$
Без аппарата 90 суток	$0,97 \pm 0,002^{**} ++ \cdot$	$0,968 \pm 0,002^{***} ++ \cdot$
Контроль	$0,96 \pm 0,017$	

**Примечания:**

По сравнению с интактными животными (контролем): \* –  $p \leq 0,01$ ; \*\* –  $p \leq 0,05$ ; \*\*\*  $p \geq 0,05$ .

По сравнению со значениями другой серии: + –  $p \leq 0,01$ ; ++ –  $p \leq 0,05$ ; +++  $p \geq 0,05$ . По сравнению с данными предыдущего периода эксперимента: –  $p \leq 0,01$ ; · –  $p \leq 0,05$ ; · –  $p \geq 0,05$ .

К окончанию периода distraction более густая сеть эластических волокон обнаруживалась в оболочках сухожильных пучков, представленных рыхлой волокнистой соединительной тканью (в эпи-, пери- и эндотендинии).

К окончанию периода фиксации конечности в аппарате пучки коллагеновых волокон в обеих сериях имели волнообразную извитость. Лишь иногда на препаратах выявляли локальные участки с менее выраженной извитостью коллагеновых волокон. Во II серии по периферии отдельных пучков более крупного порядка обнаруживали надстраивающиеся участки с новообразованной сухожильной тканью тонкопучкового или волокнистого строения, что ранее наблюдали и при других видах механической нагрузки [11].

Эластические волокна имели преимущественно цилиндрическую форму. Выделялись более интенсивно окрашенные утолщенные волокна и слабо окрашенные тонкие сети новообразованных эластических волокон. В обеих сериях в небольших количествах встречались их поврежденные формы, некоторые волокна были клубочковообразно закручены. В I серии в этот период отмечали активный неоэластогенез, что подтверждалось значительным увеличением показателя VviЭВ (рис. 2). В серии с повышенным темпом в условиях автоматической distraction этот показатель снижался, что свидетельствовало о разряженности эластического остова у животных данной серии в результате деструкции части волокон [14].

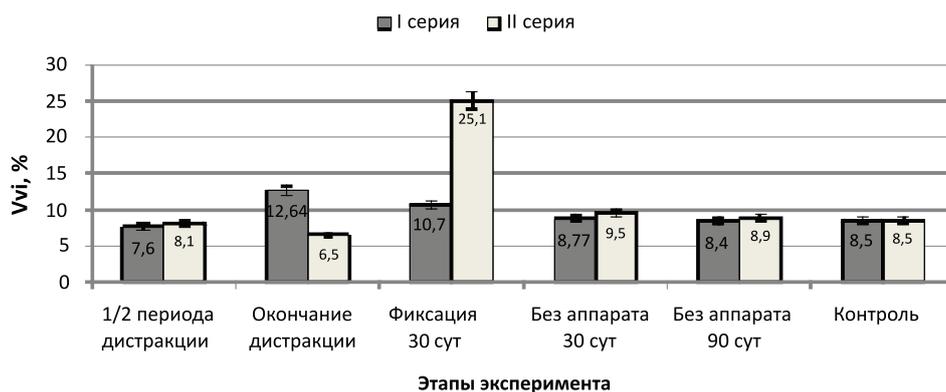


Рис. 2. Динамика объемной плотности эластических волокон в эпитегии сухожилия длинного разгибателя пальцев при удлинении голени с суточным темпом 1 мм за 4 приема (I серия) и 3 мм за 120 приемов (II серия)

У животных I серии отмечали утолщенные пучки 1 порядка. У животных II серии толщина пучков практически не изменялась по сравнению с предыдущим периодом, но увеличивалась по сравнению с контролем, что мы связываем с компенсаторной реакцией на удлинение в виде усиления биосинтетических процессов в первом случае и развитием разгибательной контрактуры и перерастяжением сухожильной части длинного разгибателя – во втором.

Эластические волокна в эпитегии обеих серий в данный период эксперимента располагались равномерно, имели в основном цилиндрическую форму. Единичные волокна были спиралевидно закручены. Тонкие новообразованные волокна формировали нежную сеть. В собственно сухожильных пучках эластические волокна имели продольную ориентацию. Тонкие эластические волокна располагались по ходу пучков коллагеновых волокон. В перитегии встречались как неизмененные цилиндрические, так и новообразованные (в виде нежной паутинообразной сети) формы эластических волокон. Процесс эластогенеза в данный период был наиболее выражен во II серии.

По данным компьютерной морфометрии через 30 суток фиксации в эпитегии сухожилия животных I серии содержание эластических волокон незначительно уменьшалось по сравнению с предыдущим периодом (в 1,2 раза) и в 1,3 раза было увеличено относительно показателей животных контрольной группы. Во II серии происходило скачкообразное по сравнению с предыдущим периодом (в 3,6 раза) увеличение  $Vvi_{ЭВ}$ , что превышало контрольные значения в 2,95 раза и свидетельствовало о пике неэластогенеза в этот период.

Через месяц после демонтажа аппарата сохранялось незначительное утолщение

эпи- и перитегии. В этих структурах отмечали картины органотипической перестройки фибриллярного остова. В пучках первого и второго порядков сухожилий в обеих сериях эксперимента обнаруживали участки разволокнения, наиболее часто встречающиеся во II серии. В период после снятия аппарата в обеих сериях значения  $k_{исв}$  были еще достоверно ниже нормы (см. таблицу). В обеих сериях сохранялась динамика повышения показателей толщины пучков. Однако в I серии они были достоверно выше, а во II – достоверно ниже контрольных значений. При оценке эластического каркаса отмечали более густую сеть эластических волокон с преобладанием их новообразованных форм во II экспериментальной серии. У животных I серии гистологическая картина в этот период была приближена к норме. Значения  $Vvi_{ЭВ}$  не имели достоверных отличий от аналогичных значений в контроле, во II серии превышали их в 1,2 раза.

Через 3 месяца после снятия аппарата структура волокнистого остова сухожилия длинного разгибателя пальцев у всех животных была приближена к норме. Изменение толщины пучков 1 порядка имело тенденцию к восстановлению, содержание эластических волокон и показатели  $k_{исв}$  в обеих сериях соответствовали таковым в норме.

Проведенное гистоморфометрическое исследование структур волокнистого остова сухожилия длинного разгибателя пальцев в условиях удлинения голени методом чрескостного остеосинтеза показало зависимость структурных изменений тканей сухожилия от пролонгированности воздействия растягивающей нагрузки. К середине периода distraction при сокращении времени растяжения за счет увеличения темпа в условиях высокодетальной дистрак-

ции у животных II серии изменения были наиболее выражены на уровне рыхлой волокнистой соединительной ткани эпи- и перитендиния, что обусловлено реакцией на травму (нарушенная целостность кости) и высокой скоростью разведения костных отломков. При этом реакция компонентов плотной оформленной соединительной ткани собственно сухожильных пучков в этот период была менее выражена. Увеличение толщины коллагеновых пучков I порядка во II серии мы связываем с характерными для этого периода наличием воспалительного процесса и тканевого отека. В I серии к середине периода дистракции нами выявлены изменения и в плотной оформленной соединительной ткани, формирующей пучки сухожилий, что, возможно, связано с низкой дробностью, и, следовательно, большей травматичностью тканевых компонентов.

Окончание периода дистракции характеризовалось адаптивными изменениями волокнистого каркаса сухожилия. Достаточно продолжительное воздействие растягивающих усилий способствовало более выраженному сглаживанию волнистости коллагеновых волокон и уменьшению толщины сухожильных пучков I порядка в I серии.

К окончанию периода фиксации у всех животных наблюдали уменьшение объемной плотности эластических волокон, увеличение толщины пучков по сравнению с периодом дистракции, что можно расценивать как начало органотипической перестройки. Во II серии в рыхлой волокнистой соединительной ткани преобладали процессы синтеза межклеточного матрикса, о чем свидетельствовал пик неогенеза эластических волокон. В плотной оформленной соединительной ткани присутствовали признаки перерастяжения структурных компонентов – продолжающееся истончение пучков коллагеновых волокон I порядка. Перерастяжение создавалось эквинусным положением стопы, наблюдаемым в данный период у всех животных II серии.

После демонтажа аппарата в обеих сериях прослеживалась динамика постепенного стремления исследуемых величин к контрольным значениям. В обеих сериях наблюдаемые изменения имели обратимый характер, более пролонгированный во II серии.

### Заключение

На основании выявленных адаптационно-пластических возможностей тканей сухожилия длинного разгибателя пальцев в различных условиях удлинения установлено, что независимо от темпа и дробности, структуры волокнистого остова рыхлой

и плотной оформленной соединительных тканей, сухожилия в условиях дозированной дистракции приобретают направленность, ориентированную по вектору воздействия растягивающих усилий, проявляя локальные признаки перерастяжения. Репаративно-деструктивным изменениям наиболее подвержены коллагеновые и эластические волокна сухожилия в условиях удлинения конечности с повышенным (3 мм) суточным темпом. Это обстоятельство следует учитывать при выборе способа удлинения конечности.

### Список литературы

1. Амосова Н.Р. Регенерация сухожилий при различных экспериментальных условиях // *Арх. анат., гист. и эмбр.* – 1958. – Т. XXXV. – № 6. – С. 90–100.
2. Горбач Е.Н. Гистохимическая характеристика матрикса ахиллова сухожилия взрослых беспородных собак при удлинении конечности методом чрескостного дистрационного остеосинтеза // *Современные проблемы науки и образования.* – 2012. – № 2. – <http://www.science-education.ru/102-r5820>
3. Грицок А.А. Ахиллово сухожилие / А.А. Грицок, А.П. Середа – М.: Изд-во «Российская академия естественных наук (РАЕН)», 2010. – 313 с.
4. Кочутина Л.Н. Гистогенетические особенности регенерации скелетной мышцы при дистрационном остеосинтезе по Г.А. Илизарову / Л.Н. Кочутина, И.П. Кудрявцева // *Гений ортопедии.* – 1996. – № 2–3. – С. 135–136.
5. Малофеев Ю.М. Характеристика некоторых мышц таза конечности маралов в связи с мясной продуктивностью / Ю.М. Малофеев, А.В. Полтев // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета.* – Барнаул, 2009. – № 2 (52). – С. 40–42.
6. Неттов Г.Г. Лечение поврежденных разгибателей пальца / Г.Г. Неттов, Р.Д. Сафин // *Казанский медицинский журнал.* – 2002. – № 5. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/lechenie-povrezhdeniy-razgibateley-paltsev> (дата обращения: 18.10.2012).
7. Слесаренко Н.А. Морфофункциональная возрастная характеристика сухожильной ткани у собак / Н.А. Слесаренко, И.М. Заболотная // *Материалы IX международного конгресса по проблемам ветеринарной медицины мелких домашних животных.* – Москва: ЗАО «Издательский дом». – 2001. – С. 287–288.
8. Слесаренко Н.А. Морфофункциональные характеристики сухожилий и костно-сухожильных соединений пальца у рысистых лошадей: учебное пособие / Н.А. Слесаренко, Е.Н. Борхунова, В.Г. Алекперова – СПб.: Изд-во «Лань», 2005. – 96 с.
9. Слесаренко Н.А. *Анатомия собаки.* Ч. 1. – М: Колос, 2000. – С. 72–76.
10. Тендология – учение о форме и строении сухожилий // *Актуальные проблемы морфологии: сборник научных трудов под ред. профессора Н.С. Горбунова.* – Красноярск, 2003. – С. 49–51.
11. Benjamin M. The histology of tendon attachments to bone in man / M. Benjamin, E. J. Evans, L.Copp // *J. Anat.* – 1986. – Vol. 149, № 6 – P. 89–100.
12. Frowen P. Variations in the quantity on uncalcified fibrocartilage et the insertions of the extrinsic calf muscles in the foot / P. Frowen, M. Benjamin // *J. Anat.* – 1995. – Vol. 186. – P. 417–421.
13. Microanatomy of tendons and ligaments / Crevier-Denoix N., Collobert C., Bernard N. et al. // *Proceed. Congres AVEF.* – 1995. – P. 1–13.

14. Pimentel S.B. Cellular aspects of elastogenesis in the elastic tendon of the chicken wing/ S.B.Pimentel, H.F.Carvalho // Cell Biol Int. – 2003. – Vol. 27, № 7. – P. 579–586.

### References

1. Amosova N.R. Regeneracija suhozilij pri razlichnyh jeksperimental'nyh uslovijah. Arh. anat., gist. i jembr, 1958, T. XXXV, no. 6. pp. 90–100.

2. Gorbach E.N. Gistohimicheskaja karakteristika matriksa ahillova suhozilija vzroslyh besporodnyh sobak pri udlinenii konechnosti metodom chreskostnogo distrakcionnogo osteosinteza. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija, 2012, no 2. <http://www.science-education.ru/102-r5820>

3. Gricjuk A.A., Sereida A.P. Ahillovo suhozilie. M: Izdvo «Rossijskaja akademija estestvennyh nauk (RAEN)», 2010. 313 p.

4. Kochutina L.N., Kudrjavceva I.P. Gistogeneticheskie osobennosti regeneracii skeletnoj myshcy pri distrakcionnom osteosinteze po G.A. Ilizarovu. Genij ortopedii, 1996, no 2. P. 135–136.

5. Malofeev Ju.M., Poltev A.V. Karakteristika nekotoryh myshc tazovoj konechnosti maralov v svjazi s mjasnoj produktivnost'ju. Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, Barnaul, 2009. no 2 (52). pp. 40–42.

6. Nettov G.G., Safin R.D. Lechenie povrezhdenij razgibatelej pal'cev. Kazanskij medicinskij zhurnal, 2002, no. 5. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/lechenie-povrezhdeniy-razgibatelej-paltsev> (data obravenija: 18.10.2012)

7. Slesarenko H.A., Zabolotnaja I.M. Morfofunkcional'naja vozrastnaja karakteristika suhozil'noj tkani u sobak. Materialy IX mezhdunarodnogo kongressa po problemam veterinarnoj mediciny melkih domashnih zhivotnyh. Moskva: ZAO «Izdatel'skij dom», 2001. pp. 287 – 288.

8. Slesarenko N.A., Borhunova E.N., Alekperova V.G. Morfofunkcional'nye karakteristiki suhozilij i kostno-

suhozil'nyh soedinenij pal'ca u rysistyh loshadej: Uchebnoe posobie. SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2005. 96 p.

9. Slesarenko N.A. Anatomija sobaki. Ch 1. M: Kolos, 2000. pp. 72–76.

10. Tendologija – učenje o forme i stroenii suhozilij // Aktual'nye problemy morfologii: sbornik nauchnyh trudov pod red. professora N.S. Gorbunova. Krasnojarsk, 2003. pp. 49–51.

11. Benjamin M. The histology of tendon attachments to bone in man / M. Benjamin, E. J. Evans, L. Copp // J. Anat. 1986. Vol. 149, no. 6 pp. 89–100.

12. Frowen P. Variations in the quantity on uncalcified fibrocartilage et the insertions of the extrinsic calf muscles in the foot / P. Frowen, M. Benjamin // J. Anat. 1995. Vol. 186. pp. 417–421.

13. Microanatomy of tendons and ligaments / Crevier-Denoix N., Collobert C., Bernard N. et al. // Proceed. Congres AVEF. 1995. pp. 1–13.

14. Pimentel S.B. Cellular aspects of elastogenesis in the elastic tendon of the chicken wing/ S.B. Pimentel, H.F. Carvalho // Cell Biol Int. 2003. Vol. 27, no. 7. pp. 579–586.

### Рецензенты:

Ирьянов Ю.М., д.б.н., профессор, заведующий лабораторией морфологии ФГБУ РНЦ ВТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздравсоцразвития России, г. Курган;

Краснов В.В., д.б.н., ведущий научный сотрудник научной клинико-экспериментальной лаборатории патологии осевого скелета и нейрохирургии ФГБУ РНЦ ВТО им. акад. Г.А. Илизарова» Минздравсоцразвития России, г. Курган.

Работа поступила в редакцию 28.11.1012.