

## МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОН НАИМЕНЬШЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ СУХОЖИЛИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО И ГЛУБОКОГО СГИБАТЕЛЕЙ ПАЛЬЦА КИСТИ У СПОРТИВНЫХ ЛОШАДЕЙ

Н.А. СЛЕСАРЕНКО<sup>1</sup>, Е.Н. БОРХУНОВА<sup>1</sup>, Т.В. ИПОПОЛИТОВА<sup>1</sup>, М. КОВАЧ<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Московская государственная академия  
ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»,  
<sup>2</sup> Клиника КСК «Новый век»)

*Тендиниты и тендовагиниты являются болезнями, очень широко распространенными среди спортивных лошадей. Они приводят к выраженному снижению работоспособности и не позволяют выявить истинный резвостной потенциал животных. Наиболее часто повреждаются сухожилия поверхностного и глубокого сгибателей пальца. Они имеют сложные структурно-функциональные взаимосвязи друг с другом, с сухожильными влагалищами, костными структурами. Это может определять хроническое течение болезней данных сухожилий с периодическими рецидивами и ремиссиями. Врачи не всегда учитывают факт сложных структурных и функциональных взаимосвязей сухожилий при лечении. Это затрудняет правильную реабилитацию лошадей, которых преждевременно, не дождавись восстановления сухожилий, включают в тренинг. Нами проведено комплексное исследование, направленное на выявление особенностей структурной организации сухожильно-связочной системы кисти спортивных лошадей, фрагмент которого представлен в данной статье. Секционный материал изучен с помощью комплекса методов: анатомического препарирования и описания, световой и поляризационной микроскопии, макро- и микроскопической морфометрии, реализованы биомеханические испытания сухожилий. На основании полученных данных удалось выявить места наименьшей устойчивости сухожилий поверхностного и глубокого сгибателей пальца. Ими являются области, которые предрасположены к повреждениям в результате биомеханических перегрузок при спортивной эксплуатации лошади. Для мест наименьшей устойчивости характерно уменьшение площади поперечного сечения сухожильного тяжа, наличие гиповаскулярной плотной соединительной ткани или включений хрящевой ткани. Планиметрические характеристики и особенности структурной организации ткани сухожилия определяют риск травмирования этих областей при дискоординации движений, спотыканиях. При повреждениях особенности нутритивного кровотока здесь могут замедлять течение репаративной регенерации. Места наименьшей устойчивости для сухожилия поверхностного сгибателя пальца определены в средней трети пясти, в области путового сустава и ветвей, которыми сухожилие закрепляется на 1 и 2 фаланге пальца, а для сухожилия глубокого сгибателя пальца – в средней трети пясти и дистальнее путового сустава.*

**Ключевые слова:** лошадь, сухожилие, поверхностный сгибатель пальца, глубокий сгибатель пальца, анатомия, микроморфология, биомеханика.

### Введение

Совершенствование классических и разработка новых методов диагностики и лечения патологий опорно-двигательного аппарата у лошадей остаётся одной из актуальных проблем ветеринарной медицины и конного спорта. Анализ данных доступной литературы и клинической практики свидетельствует, что среди поврежденных сухожильно-связочной системы конечностей у спортивных лошадей весьма

распространены тендиниты поверхностного и глубокого сгибателей пальца, в том числе в местах прикрепления к кости.

Хромота типа опирающейся конечности является симптомом многих повреждений в области дистального отдела конечности и не может быть патогномоничным дифференциально-диагностическим признаком. Так, она может быть вызвана не тендинитом, а энтезопатией или их сочетанием. Следует подчеркнуть, что клиническая картина тендинитов у лошадей достаточно подробно освещена в литературе [3, 4, 7, 9, 10, 12, 14, 16, 21, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 42], относительно энтезопатий имеются лишь единичные сведения [1, 22, 26, 28, 29].

Клиническое проявление энтезопатий сходно с таковым тендинита. Однако установить локализацию патологического процесса не всегда представляется возможным. Важно, что при энтезопатиях, в отличие от тендинитов, в патологический процесс вовлекается не только сухожилие, но и вовлекаются топографически сопряженные структуры (надкостница, костная ткань), входящие в состав костно-сухожильного соединения и представляющие собой сложный функциональный комплекс [1, 5, 6, 21, 30, 36, 39, 40, 45]. Исходя из этого, врач должен выбирать иную, чем при тендинитах, тактику лечебно-реабилитационных мероприятий.

Фундаментальные исследования по структурной организации системы сухожилий пальца лошади посвящены её классической анатомии, экзоанатомии сухожилий сгибателей пальца и их гистологическим и биомеханическим характеристикам [1, 2, 3, 5, 9–11, 20, 21, 23, 24, 34, 37, 38, 41, 42–45, 47, 48]. Вместе с тем, эти немногочисленные данные носят описательный характер, они фрагментарны и не систематизированы.

Из практики конного спорта хорошо известно, что травмы сухожилий возникают у здоровых интенсивно тренируемых рысаков обычно после резвого выступления, частых резвых выступлений или тренировки по «тяжелому» грунту без видимых внешних воздействий, то есть эндогенным путем. Согласно данным физиологических исследований [7], организм рысистой лошади в процессе тренинга находится в постоянном нервном и физическом напряжении, а при выступлениях в призах функционирует на уровне предела возможностей мобилизации энергии. Эндогенные травмы сухожилий на фоне перетренированности наиболее часто возникают у молодых 2–3-х летних рысаков. Местами наименьшей устойчивости у рысаков оказываются конкретные сухожилия, наиболее нагруженные в процессе статолокомоции: поверхностный и глубокий сгибатели пальца, межкостная III мышца и места фиксации ножек поверхностного сгибателя пальца и межкостной III мышцы.

Все вышеизложенное позволяет сформулировать предположение о двух вариантах возникновения тендопатий. С одной стороны, причиной тендинита или энтезопатии может стать неадекватная нагрузка на неподготовленное сухожилие или костно-сухожильное соединение. С другой стороны – длительное воздействие интенсивного тренинга, выступающего в роли биомеханического стрессора, может привести к необратимым структурно-метаболическим изменениям тканей. Следовательно, тендопатии могут быть одним из проявлений дезадаптации организма в целом и его соматических систем, в частности, к повышенным (нефизиологичным) биомеханическим требованиям в условиях тренинга. Эти факты диктуют необходимость разработки новых методических подходов к диагностике состояния сухожилий у спортивных лошадей.

Видовые особенности строения системы сухожилий пясти и пальца лошади связаны с наличием единственного III опорного луча и опорой на третью фалангу. Однопалость может определять два противоположных качества системы сухожилий. С одной стороны, она мощно развита, интегрирована со связочной системой

суставов пальца, а также с глубокой и поверхностной фасциями в единый сухожильно-связочный аппарат. С другой стороны, высокая специализация системы сухожилий определяет существенную механическую нагрузку на определенные сухожилия (поверхностный и глубокий сгибатели пальца, межкостная III мышца) и предрасполагает к их травмам. При этом в условиях повреждения именно однопалость является усугубляющим фактором, так как компенсация функции поврежденного пальца невозможна.

Известно, что сухожилия пальца лошади испытывают четыре типа механической нагрузки: растяжение, боковое растяжение, компрессию и боковую компрессию. Её степень и характер определяют особенности органного строения каждого сухожилия, при этом наиболее нагруженные сухожилия сгибателей пальца получают лучшее развитие по сравнению с таковыми разгибателей, испытывающих меньшую механическую нагрузку. Характер механического воздействия во многом зависит от особенностей костного рельефа. Он определяет варибельность строения сухожилий в зонах растяжения, бокового растяжения, компрессии и боковой компрессии, что необходимо учитывать при интерпретации результатов сонографических исследований, планировании лечения животных с тендинитами. Это связано с тем, что отдельные регионы сухожилий сгибателей пальца сформированы не плотной оформленной соединительной тканью, а фиброхрящевой, в связи с чем иначе визуализируются при УЗИ-исследовании и обладают иными репаративными потенциями.

### **Материал и методы исследования**

В исследовании использованы изолированные пальцы грудной конечности с фрагментом пястной кости и их сагиттальные распилы, образцы сухожилий поверхностного и глубокого пальцевых сгибателей 23-х лошадей рысистых пород в возрасте от 2 до 15 лет, из них 21 жеребец и 2 кобылы (3-х и 7-и лет). Аутопсийный материал получали при вскрытиях на кафедре анатомии и гистологии животных имени А.Ф. Климова ФГОУ ВО «МГАВМиБ – МВА им.К.И.Скрябина».

Для *анатомического препарирования* использовали изолированные кисти. Изучали как оригинальные препараты, так и сагиттальные распилы пальцевых фаланг.

*Макроскопическая морфометрия* применена для получения количественных характеристик сухожилий:

1) длины в области пясти и пальца (L)

2) размеры поперечного сечения в различных зонах сухожилий. На их основе рассчитывали площади соответствующих им поперечных сечений (S) с учетом аппроксимации их простыми геометрическими фигурами [8]. В связи с варибельностью формы и величины площади поперечного сечения сухожилия условно подразделяли на пояса.

*Гистологические и гистохимические исследования* проведены для выявления общих закономерностей и топических особенностей микроорганизации сухожилий. Из каждой зоны сухожилий пальца вырезали образцы размером 0,5 × 0,5–1 см. После 24-часовой промывки их обезвоживали в спиртах восходящих концентраций, заливали в парафин или целлоидин по общепринятой методике. Продольные и поперечные срезы окрашивали гематоксилином и эозином и по Ван-Гизон для выявления общей морфологической картины, селективное окрашивание на коллаген проводили пикросирусом красным, а также осуществляли фенольную реакцию, эластические волокна выявляли после окрашивания орсеином [11]. Окрашенные препараты изучали с помощью микроскопов Jenamed-2 и Polmu-A в проходящем и поляризованном свете; эти же препараты использовали для морфометрических исследований.

С помощью метода *микроскопической морфометрии* определяли ширину пучков коллагеновых волокон I, II и III порядков (на продольных срезах), размеры поперечного сечения пучков коллагеновых волокон II и III порядков (на поперечных срезах), что позволило вычислить площади их поперечных сечений после аппроксимации простыми геометрическими фигурами; количество капилляров в одном поле зрения при х 600 определяли на поперечных срезах; число синусоид на 540 мкм длины пучка коллагеновых волокон.

**Биомеханические испытания** сухожилий на растяжение выполняли на испытательных комплексах Zwick (Германия) и «Instron».

**Статистическую обработку** цифрового материала проводили согласно рекомендациям [13, 15].

### **Функционально-анатомические характеристики сухожилий поверхностного и глубокого сгибателей пальца**

Сухожилия поверхностного и глубокого сгибателей пальца функционируют в тесном единстве друг с другом, межкостным третьим мускулом и сухожилиями разгибателей. При этом они испытывают существенную нагрузку и задействованы не только в большинстве фаз движения, но и при статике. Сгибатели предотвращают пальмарную гиперэкстензию суставов, поддерживают их оптимальные углы и обеспечивают буферные свойства дистального амортизатора конечности – путового сустава.

Сухожилия поверхностного и глубокого пальцевых сгибателей в виде мощных тяжей расположены на пальмарной поверхности пясти и пальца. Они формируют единый комплекс, взаимосвязаны на своем протяжении и снабжены общим сухожильным влагалищем.

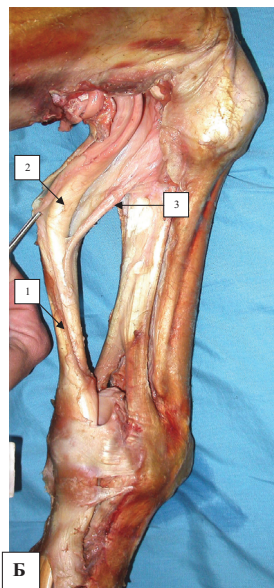
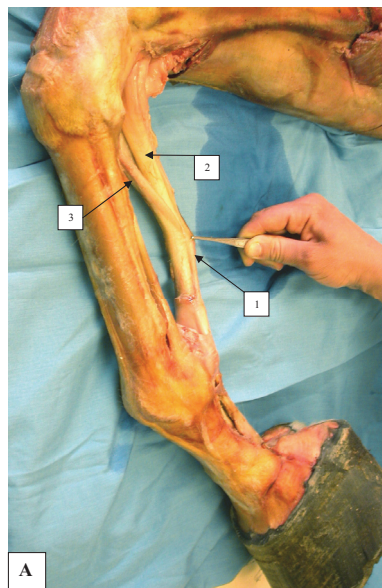
**Сухожилие поверхностного сгибателя пальца** – самое поверхностное, его перитенон тесно срастается с глубокой фасцией. В области пясти и до блока сесамовидных костей I фаланги пучки волокон сухожилия направлены параллельно, что соответствует испытываемой нагрузке (натяжению).

В области путового сустава сухожилия сгибателей подвержены компрессии и опасности смещения. Их топографо-анатомические отношения в этом регионе отличаются компактностью и прочной взаимосвязью.

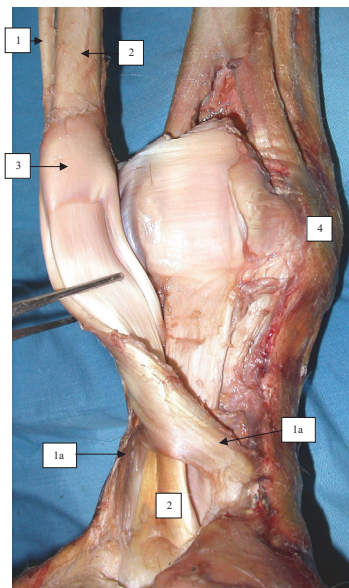
При этом сухожилие поверхностного сгибателя пальца здесь имеет плотную упаковку пучков, его боковые поверхности закруглены, сформированы фибрознохрящевой тканью и являются аваскулярными областями.

Сухожилие поверхностного сгибателя пальца охватывает сухожилие глубокого сгибателя пальца, так что для последнего формируется костно-сухожильный футляр. Более того, от внутренней поверхности сухожилия поверхностного сгибателя пальца отходит фибрознохрящевая проксимальная поперечная складка, охватывающая в виде кольца сухожилие глубокого сгибателя пальца. Тем самым в подвижном регионе путового сустава достигается стабилизация сухожилий сгибателей относительно продольной оси конечности.

Несмотря на плотную упаковку сухожилий, трибомеханические свойства внутри футляра не нарушаются. Перитенон сухожилия ПСП прочно срастается с кольцевой связкой и боковыми частями сесамовидных костей, как бы «притянут» к блоку. Вне зоны компрессии (область тела I фаланги) сухожилие поверхностного сгибателя пальца сохраняет связь с глубокой фасцией и отдает для позиционной стабилизации глубокого сгибателя пальца дистальную поперечную складку, анатомически оформленную в виде тонкой соединительнотканной пленки (пластины).



**Рис. 1.** Анатомические взаимосвязи между сухожилиями поверхностного (1) и глубокого (2) сгибателей пальца кисти лошади; 3 – добавочная головка сухожилия глубокого сгибателя пальца.  
А – медиальная поверхность кисти,  
Б – латеро-пальмарная поверхность кисти.  
Оригинальный макропрепарат

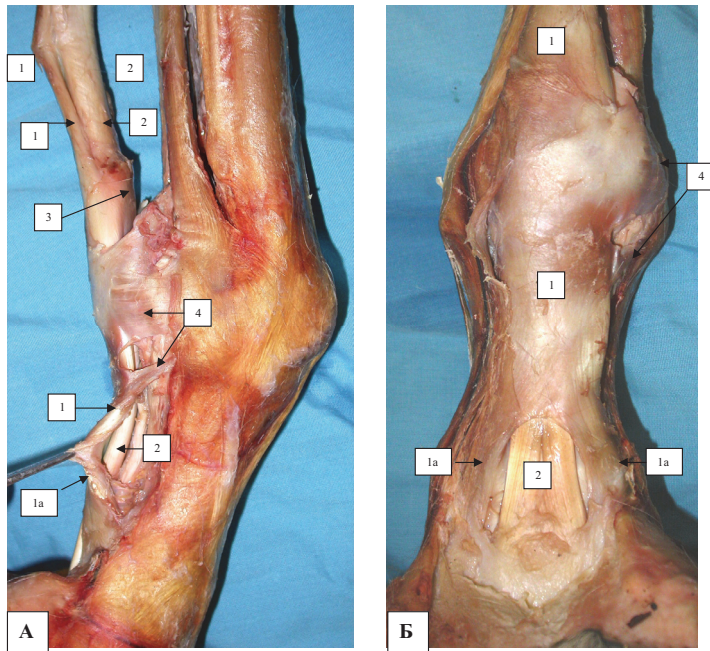


**Рис. 2.** Анатомические взаимосвязи между сухожилиями поверхностного (1) и глубокого (2) сгибателей пальца; 1а – ножки сухожилия поверхностного сгибателя пальца. 3 – проксимальная поперечная складка, 4 – блок сесамовидных костей I фаланги

От средней трети путовой кости и до места прикрепления сухожилие поверхностного сгибателя пальца испытывает боковое растяжение, что определяет особенности его закрепления. Так, от средней трети I фаланги пучки сухожилия дивергируют и образуют две сильные ветви, между которыми остается тонкая сухожильная пластинка с разнонаправленными пучками волокон (рис. 3). Сухожилие здесь также имеет тесные взаимосвязи с окружающими структурами: сухожильная пластинка плотно срастается с кольцевой связкой путового сустава, а частично волокна ветвей вливаются в пальмарные связки венечного сустава. Структурная связь с сухожилием глубокого сгибателя пальца осуществляется через общее пальцевое сухожильное влагалище; здесь выступает и хорошо пальпируется его дистальный дивертикул. Само сухожилие глубокого сгибателя пальца свободно проходит между ветвями поверхностного сгибателя пальца к месту своего прикрепления. За счет таких топографических отношений между сухожилиями сгибателей создается оптимальная трибомеханическая ситуация. Кроме того, особенности топографии региона позволяют дистальному участку сухожилия поверхностного сгибателя пальца вместе с кольцевой связкой путового сустава прижимать сухожилие глубокого сгибателя пальца к костному остову кисти, не препятствуя его скольжению, а также оказывать давление на стенки пальцевое сухожильное влагалище, участвуя в циркуляции синовии.

**Сухожилие глубокого сгибателя пальца** – очень мощный тяж с вариабельной формой поперечного сечения (рис. 7). Он следует рядом с сухожилием поверхностного сгибателя пальца и за счет конгруэнтности формы поперечного сечения образует с ним как бы единый тяж сгибателей. В проксимальной трети пясти глубокий сгибатель пальца получает добавочную сухожильную головку. Она не только увеличивает планиметрические

характеристики сухожилия, упрочая его, но и придает некоторую функциональную автономность за счет дополнительного натяжения (не за счет сокращения мышечного брюшка).



**Рис. 3.** Анатомические взаимосвязи между сухожилиями поверхностного (1) и глубокого (2) сгибателей пальца;

3 – проксимальная поперечная складка,

4 – кольцевые связки в области блока сесамовидных костей I фаланги.

А – латеральная поверхность; Б – пальмарная поверхность;

1а – ножки сухожилия поверхностного сгибателя пальца.

Оригинальный макропрепарат

Направление сухожильных пучков в области пясти продольное, что свидетельствует о влиянии на этот регион растягивающих нагрузок. В области путового сустава, где сухожилие глубокого сгибателя пальца заключено в костно-сухожильный футляр (см. выше), при дорсальной флексии путового сустава оно испытывает компрессию и боковую компрессию со стороны стенок футляра. В этих условиях сухожилие приобретает форму песочных часов, формируя мощное расширение в области блока сесамовидных костей. При этом в проксимальной части «песочных часов» пучки сухожилия дивергируют, а от середины сустава вновь конвергируют. Можно полагать, что это позволяет рассеивать возникающие при компрессии напряжения. В подвижном регионе путового сустава и первой фаланги позиционная стабилизация сухожилия глубокого сгибателя пальца осуществляется поперечными складками (дериваты поверхностного сгибателя пальца). Этому же способствует дистальная часть поверхностного сгибателя пальца: тонкая сухожильная пластинка, а также кольцевая связка путового сустава прочно прижимают сухожилие глубокого сгибателя пальца к кости.

В области I фаланги сухожилие глубокого сгибателя пальца находится в костно-фиброзном футляре и испытывает боковое давление. Его пучки следуют продольно и разделены срединной бороздой, в которой расположен мезотенон с сосудами. Следует обратить внимание на оптимальное срединное расположение сосудов брыжейки: при боковом сдавливании сухожилия глубокого сгибателя пальца компрессия, передающаяся на стенки сосудов, вызывает проталкивание крови.

В дистальной половине III фаланги пучки сухожилия веерообразно расходятся, что связано с его закреплением на сравнительно обширной поверхности сгибательной площадки копытной кости. В отличие от других поясов, здесь сухожилие глубокого сгибателя пальца имеет тесные структурные связи с окружающими структурами: оно образует непарную связку челночной кости и стенку челночной бурсы, а часть своих пучков посылает капсуле копытного сустава.

Таким образом, сухожилия сгибателей связаны в единый комплекс с помощью поперечных складок и общего сухожильного влагалища. Особенности их взаимозакрепления способствуют прочной фиксации сухожилий относительно продольной оси конечности при обеспечении надлежащих трибомеханических условий в полости пальцевого сухожильного влагалища.

### **Взаимосвязь планиметрических и прочностных характеристик сухожилий пальца**

Установление взаимосвязи между показателями площади поперечного сечения (S) и минимального разрушающего напряжения позволяет выявлять по планиметрическим и прочностным характеристикам места наименьшей устойчивости сухожилий.

Так, форма и величина площади поперечного сечения (S) сухожилий имеют регионарные отличия. В этой связи сухожилия разделены на пояса (рис. 4,5, табл. 1); в пределах пояса рассматриваемые параметры постоянны. В изучаемых сухожилиях площадь поперечного сечения максимальна в области путового сустава (область компрессии), минимальна в средней трети пясти (область растяжения). Этот факт можно связать с приспособлением сухожилия к регионарным особенностям нагружения (в частности, с влиянием элементов костного рельефа и закреплением сухожилия единым тяжем или двумя ножками).

Таблица 1

#### **Распределение площадей поперечного сечения по длине сухожилий пальца в зависимости от типа механической нагрузки**

Пояс сухожилия	Площадь поперечного сечения сухожилий, мм кв.		Тип механической нагрузки
	Поверхностного сгибателя пальца	Глубокого сгибателя пальца	
1	ножки-латеральная $50 \pm 2$ медиальная $156 \pm 6$	$268 \pm 12$	боковое растяжение
2	$253 \pm 10$	$201 \pm 16$	компрессия и растяжение
3	$147 \pm 3$	$182 \pm 10$	растяжение
4	$142 \pm 8$	$160 \pm 10$	растяжение
5	$128 \pm 5$	$180 \pm 18$	растяжение
6	$148 \pm 8$	$242 \pm 20$	растяжение

$P \leq 0.05$

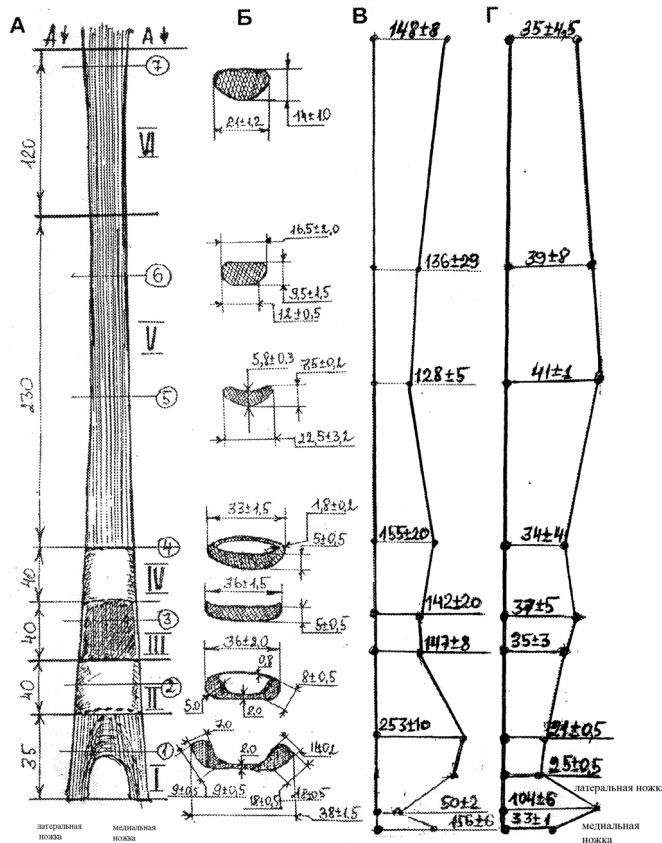
Прочностные характеристики сухожилий, определяемые нами по показателям **минимального разрушающего напряжения** (P, Н) и **удлинения при разрыве** (мм), отражают высокую прочность сухожилий сгибателей пальца (табл. 2).

**Величина минимального разрушающего напряжения и удлинения при разрыве в сухожилиях сгибателей пальца грудной конечности лошади**

Сухожилие	Минимальное разрушающее напряжение, Н	Удлинение при разрыве, мм
Поверхностного сгибателя пальца	$5200 \pm 6.7$	$12 \pm 1.2$
Глубокого сгибателя пальца	$4900 \pm 7.8$	$11 \pm 1.5$

$$P \leq 0.05$$

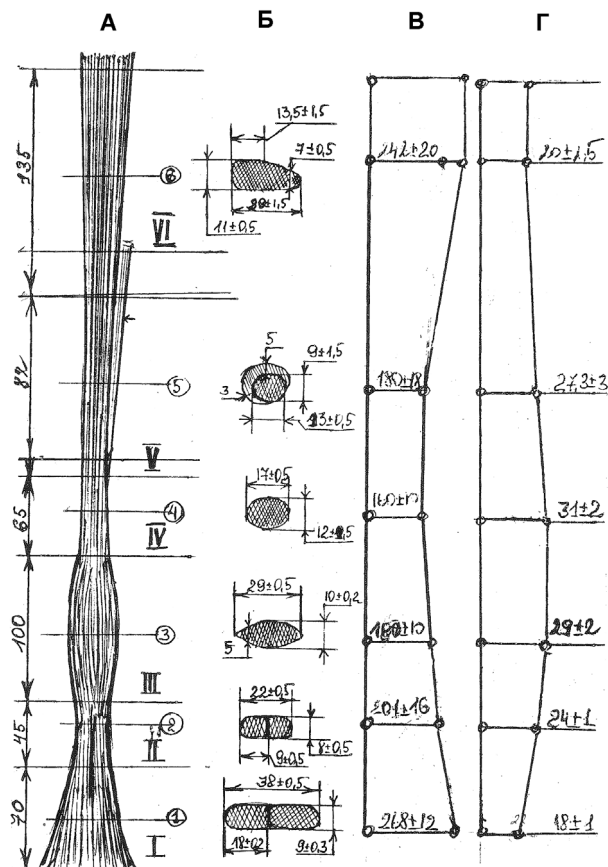
В сухожилии поверхностного сгибателя пальца величина площади поперечного сечения сухожилия ( $S$ ) по длине сухожилия неравномерна, что позволило подразделить его на 5 поясов (рис. 4).  $S$  максимальна в области путового сустава и путовой кости (зона компрессии), минимальна в средней трети пясти (зона растяжения). Изменение величины  $S$  происходит резко (табл. 1). Очевидно, что регионы с минимальной площадью поперечного сечения являются зонами риска, предрасположенными к возникновению микротравм при функциональных перегрузках.



**Рис. 4.** Распределение площадей поперечного сечения (мм<sup>2</sup>) и разрушающих напряжений (Н) по длине сухожилия поверхностного сгибателя пальца  
 А – подразделение сухожилия на пояса, Б – типичные поперечные сечения,  
 В – график распределения площадей поперечного сечения по длине сухожилия,  
 Г – график распределения разрушающего напряжения по длине сухожилия



Сухожилие глубокого сгибателя пальца подразделено на 6 поясов (рис. 5). Величина  $S$  максимальна в нем в зоне путового сустава (зона компрессии и боковой компрессии) и в проксимальной трети пясти (зона растяжения), минимальна в области путовой кости (зона боковой компрессии) и в средней трети пясти (зона растяжения). Изменение величины  $S$  происходит плавно, и в целом сухожилие представляет собой очень мощный тяж с овальной или округлой формой поперечного сечения.



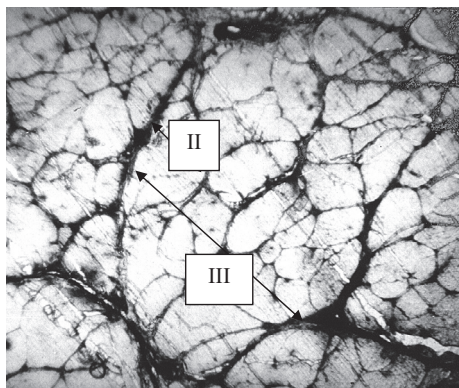
**Рис. 5.** Распределение площадей поперечного сечения ( $\text{мм}^2$ ) и разрушающих напряжений ( $\text{H}$ ) по длине сухожилия глубокого сгибателя пальца  
 А – подразделение сухожилия на пояса, Б – типичные поперечные сечения,  
 В – график распределения площадей поперечного сечения по длине сухожилия,  
 Г – график распределения разрушающего напряжения по длине сухожилия

Следует подчеркнуть, что локализация поясов с минимальной площадью поперечного сечения коррелирует с обычной локализацией тендинитов. В этой связи данные пояса сухожилий можно рассматривать как естественные области повышенной концентрации напряжений, которые в условиях перегрузки являются местами наименьшей устойчивости сухожилий.

### Особенности микроорганизации сухожилий поверхностного и глубокого сгибателей пальца

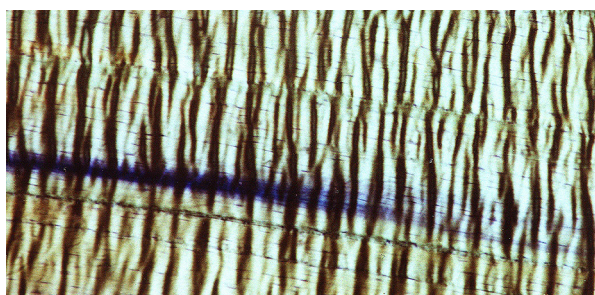
В структуре изучаемых сухожилий преобладает типичная для данного органа плотная оформленная соединительная ткань, имеющая пучковое строение. Особенности организации сосудистого русла позволяют выявить в ней **функциональные**

**единицы (ФЕ)**, то есть участок межклеточного вещества с сухожильными клетками, окруженный кольцевым артериоло-венулярным анастомозом. По этому признаку ФЕ является сухожильный пучок III порядка (рис. 6), связанный с сосудистым модулем. Каждая ФЕ имеет четкую фибро-, цито- и ангиоархитектонику, которые определяют ее внутреннюю структурную организацию. Вся система ФЕ ткани сухожилия создает внутреннюю структуру сухожилия как органа.



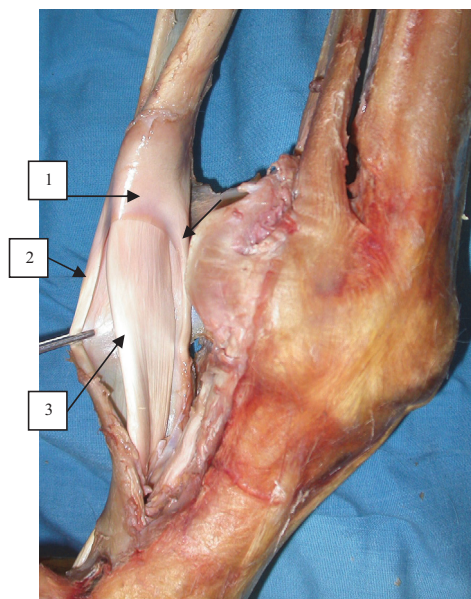
**Рис. 6.** Функциональная единица ткани сухожилия.  
Пучки коллагеновых волокон II и III порядков.  
Гематоксилин и эозин, об.10, ок.10

На продольном срезе видно, что пучки коллагеновых волокон сухожилий лошади имеют волнистую конфигурацию, что соответствует общему принципу их организации у млекопитающих [22, 23, 32, 41, 42]. Не подлежит сомнению, что и функционирование изучаемых сухожилий подчинено общим закономерностям [20]. При этом в ткани сухожилий разгибателей при натяжении выпрямление синусоид и возвращение их к исходному состоянию происходит, очевидно, без каких-либо особенностей и способствует предотвращению дисторзий.



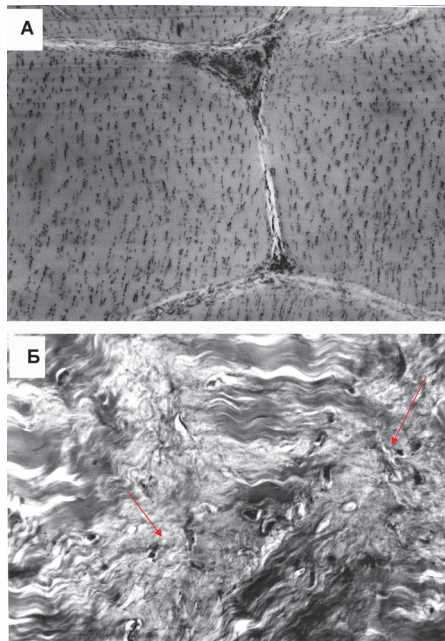
**Рис. 7.** Плотная оформленная соединительная ткань сухожилия.  
Пучки коллагеновых волокон с волнистой конфигурацией.  
Железный гематоксилин, поляризованный свет, об.10, ок.10

Вместе с этим, в сухожилиях поверхностного и глубокого сгибателей пальца нами обнаружены аваскулярные участки, сформированные фибрознохрящевой тканью. Они расположены на боковых поверхностях сухожилий обоих сгибателей в области путового сустава, формируют поперечную складку. Можно полагать, что при травмировании этих областей репаративная регенерация будет протекать пролонгировано, в соответствии с особенностями восстановительного потенциала хрящевой ткани. Более того, в этих регионах велик риск возникновения повторных травм.



**Рис. 8.** Области сухожилий поверхностного и глубокого сгибателей пальца кисти, сформированные фиброзным хрящом:

- 1 – поперечная складка,
- 2 – боковые части сухожилия поверхностного;
- 3 – глубокого сгибателей пальца



**Рис. 9.** Регионы ткани сухожилия, гипотетически предрасположенные к микротравмам:

А – регион с плотной упаковкой пучков коллагеновых волокон.

Гематоксилин и эозин, ок.10, об.10

Б – хрящевые включения в ткани сухожилия поверхностного сгибателя пальца (стрелки).

Гематоксилин и эозин, ок.20, об.10

Кроме того, в наиболее нагруженных регионах эндотенон, расположенный между пучками коллагеновых волокон сухожилия, тонок и с трудом визуализируется. Повышение плотности упаковки пучков коллагеновых волокон является структурным выражением ответа ткани на тренировочные нагрузки. Вместе с тем, подобного рода фиброархитектоника может приводить к компрессии кровеносных сосудов, снижению нутритивного кровотока и очаговой ишемии сухожилия. На этом фоне с большой вероятностью может происходить дезадаптация ткани к функциональной нагрузке с развитием дистрофических изменений и возникновением микротравм. Подтверждением этого предположения служат случаи обнаружения у рысистых лошадей в возрасте 4-х–7-ми лет очаговых и диффузных скоплений тенобластов, макрофагов в очагах деструкции пучков коллагеновых волокон.

### **Зоны риска травмирования сухожилия поверхностного сгибателя пальца**

Анализ динамики планиметрических показателей сухожильного тяжа поверхностного сгибателя пальца выявил наличие трех поясов, характеризующихся снижением величин площади поперечного сечения: области средней трети пясти, путового сустава и ножек.

В средней трети пясти сухожилие испытывает *растягивающие нагрузки*, вследствие чего отличается высокой плотностью упаковки пучков коллагеновых волокон, способной инициировать компрессию капилляров. При дисторзиях это может приводить к нарушению трофического обеспечения ткани и возникновению локусов

дистрофических изменений. Анатомическая связь с сухожилием глубокого сгибателя в средней трети пясти посредством паратенона свидетельствует о возможности развития паратенонита и сочетанного повреждения сухожилий обоих сгибателей.

В области путового сустава сухожилие поверхностного сгибателя пальца испытывает *компрессию*. Выявленные в этом регионе включения хрящевой ткани и гиповаскулярные регионы при микроповреждениях создают условия для неполной регенерации и замещения сухожильной ткани хрящом. Сухожилие поверхностного сгибателя пальца в области путового сустава имеет тесную структурную связь с пальцевым сухожильным влагалищем, и, кроме того, его тяж охватывает сухожилие глубокого сгибателя пальца. Такая взаимосвязь определяет сочетанное течение тендинитов и тендовагинитов, резкое нарушение кровообращения в области пальца и трибомеханической ситуации в пальцевом сухожильном влагалище. Важно подчеркнуть, что в хрящевых зонах поверхностного сгибателя пальца выявлены оригинальные комбинации артериол и венул с периваскулярными соединительнотканными футлярами, создающие механизм стимуляции органного кровотока. Видимо, нарушение кровообращения в области пальца, возникающее при тендинитах, связано и с нарушением работы этого механизма.

Ветви сухожилия поверхностного сгибателя пальца закрепляются в области I и II фаланг и испытывают растяжение. Они хорошо васкуляризованы, имеют плотную упаковку пучков коллагеновых волокон. При дискоординациях движений здесь возможна перегрузка латеральной и/или медиальной ветви сухожилия. Наличие хрящевых включений в ткани при микроповреждениях может осложнять процесс регенерации. Кроме того, костно-сухожильные соединения с I и II фалангами пальца и ветвей сухожилия могут определять сочетанное течение тендинитов и энтезопатий.

### **Зоны риска травмирования сухожилия глубокого сгибателя пальца**

Величина S сухожильного тяжа достоверно уменьшается в средней трети пясти и в зоне, расположенной дистальнее путового сустава (пояс 2).

В средней трети пясти сухожилие испытывает растягивающую нагрузку. Вследствие функциональной обремененности оно отличается плотной упаковкой пучков коллагеновых волокон и предрасположено к компрессии капилляров. При возникновении дисторзий, микронадрывов это может провоцировать гипоксию ткани и замедленную, неполную регенерацию. Исходя из того, что в средней трети пясти (пояс 5) в сухожилие вплетена добавочная сухожильная головка, существует опасность вовлечения её в воспалительный процесс при тендините глубокого сгибателя пальца.

Дистальнее путового сустава сухожилие глубокого сгибателя пальца испытывает боковую компрессию. Оно хорошо васкуляризовано, снабжено брыжейкой. Пучки коллагеновых волокон здесь плотно упакованы, однако признаков компрессии капилляров не обнаружено. Выявленные структурные особенности региона отражают его адаптацию к воздействию данного типа механической нагрузки. Сухожилие связано с пальцевым сухожильным влагалищем, что может определять развитие тендовагинитов.

Несмотря на то, что величина S в других поясах ГПС равномерна, среди них имеются области, которые можно расценить как зоны риска повреждения.

Пояс 3, расположенный в области путового сустава, подвергается компрессии. Он имеет значительную величину площади поперечного сечения, охвачен поперечной складкой сухожилия поверхностного сгибателя пальца, а его тяж содержит хрящевые включения. Выявленные структурные особенности могут определять вовлечение глубокого сгибателя пальца в воспалительный процесс при тендините

поверхностного сгибателя, а наличие хрящевых включений может приводить к неполной регенерации ткани глубокого сгибателя.

Пояс 1 испытывает боковое растяжение и имеет большую величину *S*. Пояс 1 связан с двумя нагруженными регионами: челночным блоком и III фалангой. Сухожилие глубокого сгибателя пальца формирует непарную связку челночной кости и при подотрохлеитах может вовлекаться в воспаление. Кроме того, сухожилие глубокого сгибателя пальца образует костно-сухожильное соединение с III фалангой, что может приводить к развитию энтезопатий при перегрузках или при работе лошади на неровном твердом грунте.

### Заключение

Результаты проведенного исследования позволили разработать алгоритм оценки зон наименьшей устойчивости сухожилий, предрасположенных к травмированию, в области кисти у спортивных лошадей. Он основан на выявлении корреляций морфологических, планиметрических и биомеханических показателей.

Согласно полученным данным, такие зоны отличаются сочетанием структурных признаков, которые обуславливают пониженную устойчивость к действию перегрузок, а в условиях повреждения могут приводить к неполной регенерации повреждённых тканей.

### Библиографический список

1. *Борхунова Е.Н.* Морфофункциональные особенности сухожилий и костно-сухожильных соединений пальца грудной конечности у рысистых лошадей // Дисс. канд. биол. наук., М.: МГАВМиБ, 2000, 225 с.
2. *Воронин Г.Н.* Особенности регенерации ткани сухожилий // Арх.анат., гист. и эмбр. – 1954. – т. XXXI. – № 2. – С. 18–23.
3. *Гусихина В.И.* О камбиальных элементах сухожилий // Арх. анат., гист. и эмбр. – 1970. – т. LIX. – № 7. – С. 77–83.
4. *Гусихина В.И.* Образование хряща и кости в регенерирующем сухожилии // Арх.анат., гист. и эмбр. – 1972. – т. LXII. – № 6. – С. 102–106.
5. *Долго-Сабуров Б.А.* Роль мышц в морфогении скелета. К вопросу о морфологии рельефа костей и местах начала и прикрепления мышц: Изв-я Науч. Ин-та им. П.Ф. Лесгафта. – 1930. – Т. XVI. – Вып. 1 и 2. – С. 123–155.
6. *Ефимов А.П.* Формирование приспособительных конструкций в отделах придавливания сухожилий // Арх. анат., гист. и эмбр. – 1979. – Т. LXXVII. – № 12. – С. 74–77.
7. *Карлсен Г.Г.* Тренинг и испытания рысаков. – М.: Колос, 1975. – 255 с.
8. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике. М.: Наука, 1977. – 832 с.
9. *Кревер С.Н.* Подковывание и болезни копыт. – М., Сельхозгиз, 1954. – 336 с.
10. *Лаврищева Г.И., Оноприенко Г.А.* Морфологические и клинические аспекты репаративной регенерации опорных органов и тканей. – М.: Медицина, 1996. – 208 с.
11. Микроскопическая техника: Руководство для врачей и лаборантов / Под ред. Д.С. Саркисова и Ю.Л. Петрова. – М.: Медицина, 1996. – 544 с.
12. *Омельяненко Н.П.* Структурно-функциональная организация волокнистого остова ахиллова сухожилия человека // Арх.анат., гист. и эмбр. – 1983. – т. LXXXIV. – № 2. – С. 69–77.
13. *Пустыльник Е.И.* Статистические методы анализа и обработки наблюдений. – М., 1968. – 288 с.

14. Рудько П.Д. Топография, строение и функции мышц и соединительно-тканых образований лошади. – М.: Сельхозгиз, 1962.
15. Румицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М: Наука, 1971. – 192 с.
16. Чернух А.М., Александров П.Н, Алексеев О.В. Микроциркуляция. – М.: Медицина, 1975. – 450 с.
17. Шакалов К.И. Болезни конечностей лошади. – М.: Сельхозгиз, 1952.
18. Шакалов К.И. Травматизм животных, его профилактика и лечение. – Л. – Колос, 1972.
19. Шакалов К.И. Хирургические болезни сельскохозяйственных животных. – Л.: Колос, 1987.
20. Бэр Э., Хинтнер А., Фридман Б. Взаимосвязь между ультраструктурой и механическими свойствами в коллагене сухожилия – высокоупорядоченном макромолекулярном композите // Механика полимеров. – 1975. – № 6. – С. 1051–1060.
21. Badi M.H. Calcification and ossification of fibrocartilage in the attachment of the patellar ligament in the rat // J. Anat. – 1972. – v.112. – P. 415–421.
22. Benjamin M., Evans E.J., Copp L. The histology of tendon attachments to bone in man // J. Anat. – 1986. – v.149. – P. 89–100.
23. Biomechanical properties of spinal ligaments and a histological study of the supraspinal ligament in traction / Chazal J., Tanguy A., Bourges M. et al. // J. Bio-mech. – 1985. – Vol. 18. – P. 167–176.
24. Cell communication within tendon / Ralphs J.R., Mcneilly C.M., Hayes A.J. at al. [Abstr.] Summer Meet. Anat. Soc. Gr. Brit. and Irel.(Belfast, 18–20 Juli, 1995) // J. Anat. – 1996. – Vol. 188. – P. 226.
25. Cribb A.M., Scott J.E. Tendon response to tensile stress: An ultrastructural investigation of collagen: Proteoglycan interaction in stressed tendon: Symp. Carbohydrates Cell Interact.during Winter Meet. Anat. Soc. Gr. Brit. and Irel. Jointly with Anat. Ces. (Southampton, 14–17 Dec., 1994 // J. Anat. – 1995. – Vol. 187. – P. 423–428.
26. Denoix J. – M. Examen radiographique de l'articulation interphalangienne proximale // P.V.E. – 1990. – No 3. – P. 59–72.
27. Denoix J. – M., Azevedo C., Perrot P. L'examen echographique des tendons chez le cheval. Bilan de l'annee 1989 // P.V.E. – 1990 – No 3. – P. 73–78.
28. Denoix J. – M. Les tests de mobilization du membre thoracique dans le diagnostic des boiteries chez le cheval // P.V.E. – 1992. – v.24. – No 2. – P. 113–123.
29. Denoix J. – M. Apport des techniques recentes dans le diagnostic des affections locomotrices chez le cheval // Le Point Veterinaire. – 1993. – v.155. – No 25 special 20 ans. – P. 211–215 (571–575).
30. Development of the human wrist joint ligaments / Merita-Velasco J.A., Garsia-Garsia J.D., Espin-Ferrej, Sanchez Montesinos Indolecio // Anat. Rec. – 1996. – v.245. – No 1. – P. 114–121.
31. Dulac O. Affections tendineuses du cheval. Contusions, plaies et sections, luxations, flaccidite, retractions, ruptures, desinsertions, tendinites // P.V.E. – 1987. – v. XIX. – No 3. – P. 37–43.
32. Elliott D.H. Structure and function of mammalian tendon // Biol.Rev. – 1965. – Vol. 40. – P. 392–421.
33. Images echographiques des lesions du muscle interosseux III (Ligaments suspenseur du boulet) / Denoix J. – M., Perrot P., Bousseau B., Scicluna C. // P.V.E. – 1991. – v. 23. – No 4. – P. 23–33.
34. L'examen echographique du paturon chez le cheval / Denoix J. – M., Lefrancois V., Crevier N., Perrot P., Bousseau B. // P.V.E. – 1993. – v.25. – No 1. – P. 19–27.

35. *Lepage O.M., Cote N., Marcoux M.* Tendinite chronique chez le cheval: approche chirurgicales // P.V.E. – 1994. – v.26. – No 2. – P. 91–96.
36. Licht- und elektronenmikroskopische Befunde an den Canales sesamoidales des Strahlbeines bei der Podotrochlose des Pferdes / Drommer W., Dos Reis A.C.F., Hertsch B., Damsch S. // Pferdeheilkunde. – 1992. – v.8. – No 1. – P. 15–21.
37. Radiographie des membres chez le poulain de 0 a 6 mois – Images normales et pieges anatomiques. V Pied et paturon. / Crevier N., Denoix J. – M., Collobert C., Perrot P. // Pratique Veterinaire Equine. – 1994. – v.26. – No 1. – P. 31–39.
38. Mechanical properties of pathological equine superficial digital flexor tendons // Crevier-Denoix N., Collobert C., Pourcelot P. et al. // Equine.Vet.J. – 1997. – v.23. – P. 23–26.
39. *Merrilees M.J., Flint M.H.* Ultrastructural study of tension and pressure zones in a rabbit flexor tendon // Am.J. Anant. – 1980. – Vol. 157. – P. 87–106.
40. *Messner K.* Postnatal Development of the Cruciate Ligament Insertions in the Rat Knee. // Acta Anat. – 1997. – Vol. 160. – P. 261–268.
41. Microanatomy of tendons and ligaments / Crevier-Denoix N., Collobert C., Bernard N. et al. // Proceed Congres AVEF. – 1995. – P. 1–13.
42. On the Ultrastructure of Mammalian Tendon / Dale W.C., Baer E., Keller A., Kohn R.R. / Experientia. – 1972. – Vol. 28. – P. 1293–1295.
43. Radiographie des membres chez le poulain de 0 a 6 mois – Images normales et pieges anatomiques. VI Boulet / Crevier N., Denoix J. – M., Collobert C., Perrot P. // P. V. E. – 1994. – v.26. – No 2. – P. 109–120.
44. Rasterelektronenmikroskopische Befunde an Strahlbein und tiefer Beugesehne bei der Podotrochlose des Pferdes / Drommer W., Damsch S., Winkelmeier S., Hertsch B. und Kaup F. – J. // Aus “Deutsche Tierarztliche Wochenschrift”, 99, Jahrgang, Heft Nr. 6/1992, Seiten 235–241.
45. *Rufai A., Ralphs J.R., Benjamin M.* Structure and Histopathology of the Insertional Region of the Human Achilles Tendon // J. Bone and Joint Surg. – 1995. – v.13. – P. 585–593.
46. Segmental variations of in vitro mechanical properties in equine superficial digital flexor tendons / Crevier N., Pourcelot P., Denoix J. – M. et al. // AJVR. – 1996. – v.57. – No 8. – P. 1111–1117.
47. *Smith J.W.* Blood Supply of Tendons // Am.J.Surg. – 1965. – Vol. 109. – P. 272–276.
48. *Wei X., Messner K.* The postnatal development of the insertions of the medial collateral ligament in the rat knee // Anat. Embryol. – 1996. – Vol. 195. – P. 53–59.

## MORPHOLOGICAL AND BIOMECHANICAL DESCRIPTION OF LOWEST STABILITY ZONES OF SUPERFICIAL AND DEEP TENDONS OF MANUS DIGIT FLEXORS IN SPORTING HORSES

N.A. SLESARENKO<sup>1</sup>, YE.N. BORKHUNOVA<sup>1</sup>, T.V. IPPOLITOVA<sup>1</sup>, M. KOVACH<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Skriabin, <sup>2</sup>Horse Sport Facilities “Noviy Vek”)

*Tendinitis and tendovaginitis are very widespread diseases among sporting horses. They result in the expressed decrease in working capacity and do not allow to implement the true playfulness of a horse. Tendons of superficial and deep flexors are most often injured. They feature*

difficult structurally functional interrelations with each other, as well as tendinous vaginas and bone structures. Their injuries can affect the chronic disease course of the considered tendons with periodic relapses and remissions. Doctors sometimes fail to consider the fact of complex interrelations of tendons when prescribing treatment. This complicates the correct rehabilitation of horses who are prematurely involved in training activities. The authors have conducted a research to identify some features of the structural organization of tendinous and copular system of a manus in sporting horses, the fragment of which is presented in this paper. Section material has been studied by using a set of methods: anatomic preparation and description, light and polarizing microscopy, macro- and microscopic morphometry, and biomechanical tests. Based on the results obtained, the authors have determined the lowest stability zones of the tendons of superficial and deep digit flexors. These are areas which are predisposed to injuries in case of biomechanical stresses. Reduction of cross-sectional area of a tendinous chord, the presence of hypovascular dense connecting tissue or inclusions of cartilaginous tissue is rather characteristic of the lowest stability zones. Planimetric features of the structural organization of tendon tissue determine the risk of traumatizing these areas in case of disordinated movement and stumbles. In case of injuries, the specific features of a nutritive blood flow can slow down reparative regeneration there. The lowest stability zones of superficial flexor tendons of digits have been determined in a middle third part of metacarpus, in the areas of a joint phalanx and branches fixing the tendon on the first and second phalanx of a digit. The lowest stability zones for the deep flexor tendon of digits have been determined in a middle third of metacarpus and distally from the joint.

**Key words:** horse, tendon, superficial flexor of a digit, deep flexor of a digit, anatomy, micro-morphology, biomechanics.

## References

1. Borkhunova Ye.N. Morfofunktsional'nyye osobennosti sukhozhiy i kostno-sukhozhiy'nykh soyedineniy pal'tsa grudnoy konechnosti u rysistykh loshadey [Morphofunctional features of tendons and bone and tendinous connections of chest extremities of trotter horses] // PhD (Bio) thesis, M.: MGAVMiB, 2000: 225. (In Russian)
2. Voronin G.N. Osobennosti regeneratsii tkani sukhozhiy [Features of tendon tissue regeneration] // Arkh.anat., gist. i embr. – 1954; XXXI; 2: 18–23. (In Russian)
3. Gusikhina V.I. O kambial'nykh elementakh sukhozhiy // Arkh. anat., gist. i embr. – 1970; LIX; 7: 77–83. (In Russian)
4. Gusikhina V.I. Obrazovaniye khryashcha i kosti v regeneriruyushchem sukhozhiy [Cartilage and bone formation in the regenerating tendon] // Arkh.anat., gist. i embr. – 1972; LXII; 6: 102–106. (In Russian)
5. Dolgo-Saburov B.A. Rol' myshts v morfogenii skeleta. K voprosu o morfologii rel'yefa kostey i mestakh nachala i prikrepleniya myshts [Role of muscles in a skeleton morphogeny. To a question of relief morphology of bones and places of the muscle beginning and attachment places]: Izv-ya Nauch. In-ta im. P.F. Lesgafta. – 1930; XVI; 1 and 2: 123–155. (In Russian)
6. Yefimov A.P. Formirovaniye prisposobitel'nykh konstruktsiy v otdelakh pri-davlivaniya sukhozhiy [Formation of adaptive structures in places of tendon squeezing] // Arkh. anat., gist. i embr. – 1979; LXXVII; 12: 74–77. (In Russian)
7. Karlsen G.G. Trening i ispytaniya rysakov [Training and testing of trotters]. – M.: Kolos, 1975: 255. (In Russian)
8. Korn G., Korn T. Spravochnik po matematike [Reference book on mathematics]. – M.: Nauka, 1977: 832. (In Russian)
9. Krever S.N. Podkovyvaniye i boleznii kopyt [Forging and hoof diseases]. – M., Sel'khozgiz, 1954: 336. (In Russian)



10. *Lavrishcheva G.I., Onopriyenko G.A.* Morfologicheskiye i klinicheskiye aspekty reparativnoy regeneratsii opornykh organov i tkaney [Morphological and clinical aspects of reparative regeneration of basic bodies and tissues]. – M.: Meditsina, 1996: 208. (In Russian)
11. *Mikroskopicheskaya tekhnika: Rukovodstvo dlya vrachey i laborantov* [Microscopic equipment: a reference book for doctors and laboratory assistants] / Ed. by D.S. Sarkisov and Yu.L. Petrova. – M.: Meditsina, 1996: 544. (In Russian)
12. *Omel'yanenko N.P.* Strukturno-funktsional'naya organizatsiya voloknistogo ostova akhillova sukhozhiya cheloveka [Structural-and-functional organization of a fibrous skeleton of an Achilles tendon of the human body] // *Arkh. anat., gist. i embr.* – 1983; LXXXIV; 2: 69–77. (In Russian)
13. *Pustyl'nik Ye.I.* Statisticheskiye metody analiza i obrabotki nablyudeniy [Statistical methods of analyzing and processing observations]. – M., 1968: 288. (In Russian)
14. *Rud'ko P.D.* Topografiya, stroyeniye i funktsii myshts i soyedinitel'no-tkannykh obrazovaniy loshadi [Topography, structure, and functions of muscles and connecting tissue formations of a horse]. – M.: Sel'khozgiz, 1962. (In Russian)
15. *Rumshiskiy L.Z.* Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov eksperimenta [Mathematical processing of experimental results]. – M.: Nauka, 1971: 192. (In Russian)
16. *Chernukh A.M., Aleksandrov P.N., Alekseyev O.V.* Mikrotsirkulyatsiya [Microcirculation]. – M.: Meditsina, 1975: 450. (In Russian)
17. *Shakalov K.I.* Bolezni konechnostey loshadi [Diseases of horse extremities]. – M.: Sel'khozgiz, 1952. (In Russian)
18. *Shakalov K.I.* Travmatizm zhivotnykh, yego profilaktika i lecheniye [Injuries of animals, their prevention and treatment]. – L. – Kolos, 1972. (In Russian)
19. *Shakalov K.I.* Khirurgicheskiye bolezni sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Surgical diseases of farm animals]. – L.: Kolos, 1987. (In Russian)
20. *Ber E., Khintner A., Fridman B.* Vzaimosvyaz' mezhdru ul'trastrukturoy i mekhanicheskimi svoystvami v kollagene sukhozhiya – vysokouporjadochennom makromolekulyarnom kompozite [Interrelation between ultrastructure and mechanical properties in tendon collagen as a high-ordered macromolecular composite] // *Mekhanika polimerov.* – 1975; 6: 1051–1060. (In Russian)
21. *Badi M.H.* Calcification and ossification of fibrocartilage in the attachment of the patellar ligament in the rat. *J. Anat.* 1972; 112: 415–421. (In English)
22. *Benjamin M., Evans E.J., Copp L.* The histology of tendon attachments to bone in man. *J. Anat.* 1986; 149: 89–100. (In English)
23. Biomechanical properties of spinal ligaments and a histological study of the supraspinal ligament in traction / Chazal J., Tanguy A., Bourges M. et al. *J. Bio-mech.* 1985; 18 (3): 167–176. (In English)
24. Cell communication within tendon / Ralphs J.R., Mcneilly C.M., Hayes A.J. et al. [Abstr.] Summer Meet. Anat. Soc. Gr. Brit. and Irel.(Belfast, 18–20 Juli, 1995) *J. Anat.* 1996.; 188 (1): 226. (In English)
25. *Cribb A.M., Scott J.E.* Tendon response to tensile stress: An ultrastructural investigation of collagen: Proteoglycan interaction in stressed tendon: Symp. Carbohydrates Cell Interact.during Winter Meet. Anat. Soc. Gr. Brit. and Irel. Jointly with Anat. Ces. (Southampton, 14–17 Dec., 1994. *J. Anat.* 1995; 187 (2): 423–428. (In English)
26. *Denoix J.* – M. Examen radiographique de l'articulation interphalangienne proximale. *P.V.E.* 1990; 3: 59–72. (In English)
27. *Denoix J.* – M., *Azevedo C., Perrot P.* L'examen echographique des tendons chez le heval. Bilan de l'annee 1989. *P.V.E.* 1990; 3: 73–78. (In English)
28. *Denoix J.* – M. Les tests de mobilization du member thoracique dans le diagnostic des boiteries chez le cheval. *P.V.E.* 1992; 24 (2): 113–123. (In English)

29. *Denoix J.* – M. Apport des techniques recentes dans le diagnostic des affections losomotrices chez le cheval. *Le Point Veterinaire*. 1993; 155; 25 special 20 ans: 211–215. (In English)
30. Development of the human wrist joint ligaments / *Merita-Velasco J.A., Garcia-Garcia J.D., Espin-Ferrej, Sanchez Montesinos Indolecio*. *Anat. Rec.* 1996; 245 (1): 114–121. (In English)
31. *Dulac O.* Affections tendineuses du cheval. Contusions, plaies et sections, luxations, flaccidite, retractions, ruptures, desinsertions, tendinites. *P.V.E.* 1987; XIX (3): 37–43. (In English)
32. *Elliott D.H.* Structure and function of mammalian tendon. *Biol.Rev.*1965; 40: 392–421. (In English)
33. Images echographiques des lesions du muscle interosseux III (Ligaments suspenseur du boulet) / *Denoix J. – M., Perrot P., Bousseau B., Scicluna C.P.V.E.* 1991; 23 (4): 23–33. (In English)
34. L'examen echographique du paturon chez le cheval / *Denoix J. – M., Lefrancois V., Crevier N., Perrot P., Bousseau B.P.V.E.* 1993; 25 (1): 19–27. (In English)
35. *Lepage O.M., Cote N., Marcoux M.* Tendinite chronique chez le cheval: approche chirurgicales. *P.V.E.* 1994; 26 (2): 91–96. (In English)
36. Licht- und elektronenmikroskopische Befunde an den Canales sesamoidales des Strahlbeines bei der Podotrochlose des Pferdes / *Drommer W., Dos Reis A.C.F., Hertsch B., Damsch S.* *Pferdeheilkunde*.1992; 8 (1): 15–21. (In English)
37. Radiographie des membres chez le poulain de 0 a 6 mois – Images normales et pieges anatomiques. V Pied et paturon. / *Crevier N., Denoix J. – M., Collobert C., Perrot P.* *Pratique Veterinaire Equine*. 1994; 26 (1): 31–39. (In English)
38. Mechanical properties of pathological equine superficial digital flexor tendons / *Crevier-Denoix N., Collobert C., Pourcelot P. et al.* *Equine.Vet.J.*1997; 23: 23–26. (In English)
39. *Merrilees M.J., Flint M.H.* Ultrastructural study of tension and pressure zones in a rabbit flexor tendon. *Am.J. Anant.* 1980; 157: 87–106. (In English)
40. *Messner K.* Postnatal Development of the Cruciate Ligament Insertions in the Rat Knee. *Acta Anat.* 1997; 160: 261–268. (In English)
41. Microanatomy of tendons and ligaments / *Crevier-Denoix N., Collobert C., Bernard N. et al.* *Proceed Congres AVEF*. 1995: 1–13. (In English)
42. On the Ultrastructure of Mammalian Tendon / *Dale W.C., Baer E., Keller A., Kohn R.R.* *Experientia*. 1972; 28: 1293–1295. (In English)
43. Radiographie des membres chez le poulain de 0 a 6 mois – Images normales et pieges anatomiques. VI Boulet / *Crevier N., Denoix J. – M., Collobert C., Perrot P.P. V. E.* 1994; 26 (2): 109–120. (In English)
44. Rasterelektronenmikroskopische Befunde an Strahlbein und tiefer Beugesehne bei der Podotrochlose des Pferdes / *Drommer W., Damsch S., Winkelmeier S., Hertsch B. und Kaup F. – J.* Aus “*Deutsche Tierarztliche Wochenschrift*”, 99, Jahrgang, Heft Nr. 6/1992, Seiten. 235–241. (In English)
45. *Rufai A., Ralphs J.R., Benjamin M.* Structure and Histopathology of the Insertional Region of the Human Achilles Tendon. *J. Bone and Joint Surg.* 1995; 13: 585–593. (In English)
46. Segmental variations of in vitro mechanical properties in equine superficial digital flexor tendons / *Crevier N., Pourcelot P., Denoix J. – M. et al.* *AJVR*.1996; 57(8): 1111–1117. (In English)
47. *Smith J.W.* Blood Supply of Tendons. *Am.J. Surg.* 1965; 109: 272–276. (In English)
48. *Wei X., Messner K.* The postnatal development of the insertions of the medial collateral ligament in the rat knee. *Anat. Embryol.* 1996; 195: 53–59. (In English)

**Слесаренко Наталья Анатольевна**, д.б.н., профессор, заведующая кафедрой анатомии и гистологии им. проф. А.Ф. Климова ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», 109472 Россия, г. Москва, ул.Академика Скрябина, дом 23, тел.: 8 (495) 377-71-16; e-mail: slesarenko2009@yandex.ru

**Борхунова Елена Николаевна**, д.б.н., доцент, профессор кафедры анатомии и гистологии им. проф. А.Ф. Климова ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», 109472 Россия, г. Москва, ул.Академика Скрябина, дом 23, тел.: 8 (495) 377-71-26, 8 (916) 717-57-15; e-mail: borhunova@mail.ru.

**Ипполитова Татьяна Владимировна**, д.в.н., профессор, заведующая кафедрой физиологии, фармакологии и токсикологии им. А.Н. Голикова и И.Е. Мозгова ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»; 109472 Россия, г. Москва, ул.Академика Скрябина, дом 23, тел.: 8 (495) 377-67-45; e-mail: ippolitova01@mail.ru,

Ковач Миломир, д.в.н., профессор, главный врач ветеринарной клиники КСК «Новый век», Московская область, Красногорский район, поселок Николо-Урюпино, КСК «Новый Век», e-mail: drkovacmilomir@hotmail.de

**Nataliya A. Slesarenko**, DSc (Bio), Professor, Head of the Department of Anatomy and Histology named after Prof. A.F. Klimov; Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – K.I. Skriabin MVA; 109472 Russia, Moscow, Akademika Skriabina Str., 23. phone: +7 (495) 377-71-16; e-mail: slesarenko2009@yandex.ru

**Yelena N. Borkhunova**, DSc (Bio), Associate Professor, Professor of the Department of Anatomy and Histology named after Prof. A.F. Klimov; Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – K.I. Skriabin MVA; 109472 Russia, Moscow, Akademika Skriabina Str., 23. phone: +7 (495) 377-71-26, +7 (916) 717-57-15; e-mail: borhunova@mail.ru

**Tatiana V. Ippolitova**, DSc (Vet); Professor, Head of the Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology named after A.N. Golikov and I.E. Mozgov; Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – K.I. Skriabin MVA; 109472 Russia, Moscow, Akademika Skriabina Str., 23. phone: +7 (495) 377-67-45; e-mail: ippolitova01@mail.ru,

**Milomir Kovach**, DSc (Vet), Professor, Chief Physician, Veterinary Clinic of Horse Sport Facilities “Noviy Vek”, Moscow region, Krasnogorsk district, Nikolo-Uryupino, Horse Sport Facilities “Noviy Vek”; e-mail: drkovacmilomir@hotmail.de