

© Н. А. Слесаренко, Е. О. Широкова, 2015
УДК 611.018.3:599.742.1

Н. А. Слесаренко, Е. О. Широкова

СТРОЕНИЕ ПАПАТЕЛЛЯРНЫХ ХРЯЩЕЙ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА ПСОВЫХ

Кафедра анатомии и гистологии животных им. А. Ф. Климова (зав. — проф. Н. А. Слесаренко), Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина

Целью исследования было установление общих закономерностей и особенностей строения парапателлярных структур коленного сустава у представителей семейства псовых: собак заводского разведения — кавказской овчарки (n=15), среднеазиатской овчарки (n=14), пуделя (n=9), тойтерьера (n=13), йоркширского терьера (n=14), а также степного волка (n=17) и лисицы (n=7) из естественных биоценозов. Проведены тонкое анатомическое препарирование и макроскопическая оценка исследуемых структур и светооптический анализ серийных гистологических срезов, окрашенных гематоксилином — эозином и пикрофуксином — фуксилином. Сравнительный анализ строения парапателлярных хрящей позволил установить как общие закономерности, так и породоспецифические признаки их строения, обусловленные влиянием биомеханики двигательного поведения животных. У всех исследуемых псовых окологлазничные хрящи сформированы фиброзной хрящевой тканью с преобладанием волокнистых структур над клеточным компонентом и подразделяются на 3 зоны — поверхностную, среднюю и глубокую. Особенности фиброархитектоники коллагеновых пучков в каждой из них соответствуют характеру испытываемой биомеханической нагрузки. Проведенные микроморфологические исследования свидетельствуют, что парапателлярные хрящи могут выступать в роли компенсаторных приспособлений, нивелирующих функциональные перегрузки четырехглавой мышцы бедра в фазе разгибания коленного сустава.

Ключевые слова: коленный сустав, коленная чашка, парапателлярные хрящи, четырехглавая мышца

Изучение строения суставов, обладающих большой подвижностью, с целью выяснения возможных факторов риска их повреждений является одной из актуальных проблем в артрологии человека и животных. Особое значение в этом отношении имеет коленный сустав, отличающийся сложностью конструкции и подвергающийся повышенным функциональным нагрузкам [1, 4–7]. Одним из наиболее распространенных повреждений коленного сустава у собак является вывих коленной чашки (надколенника), медиальный или латеральный, который может возникать спонтанно, без явного травмирующего воздействия. Известно, что к данной патологии склонны в основном мелкие и карликовые породы собак — тойпудель, йоркширский терьер, тойтерьер, померанский шпиц и другие [3, 11], тогда как у крупных пород животных вывихи коленной чашки — явление довольно редкое. У мелких пород собак вывихи, чаще всего, медиальные, одно- или двусторонние, в то время как у крупных пород, таких как среднеазиатская и кавказская овчарка, лабрадор, могут встречаться латеральные вывихи, и они, как правило, сопряжены с травмой или вальгусной антеторсией [9, 11, 13]. Поскольку существенных различий в анатоми-

ческой организации коленного сустава у разных пород собак не описано, полагают, что основными предпосылками вывиха являются генетические или врожденные аномалии суставных поверхностей и костного рельефа, такие как гипоплазия мыщелков и уплощение гребней блока бедренной кости для коленной чашки [3, 9, 11]. У карликовых пород собак эти аномалии часто сочетаются с варусной или вальгусной деформацией, иногда с болезнью Легга—Кальве—Пертеса (асептический некроз головки бедренной кости).

Однако нельзя исключить и того, что у представителей семейства псовых существуют некоторые особенности строения коленного сустава или параартикулярных тканей, которые в обычной ветеринарной практике не учитывают. Во всяком случае, в литературе отсутствуют сведения о тех конституциональных анатомических предпосылках, которые могли бы способствовать возникновению или развитию этой артропатии. Одной из таких особенностей являются, в частности, симметричные парапателлярные хрящи (ППХ), которые не выявляются при рентгенологическом исследовании, но которые можно обнаружить при макромикроскопическом препарировании. Такие хрящи известны у лошадей и крупного рогатого

Сведения об авторах:

Слесаренко Наталья Анатольевна, Широкова Елена Олеговна, кафедра анатомии и гистологии животных им. А. Ф. Климова, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина, 109472, Москва, ул. Акад. Скрябина, 23

скота [1, 2, 4]; некоторые авторы упоминают о них при описании анатомии собаки [1, 5, 7]. Цель настоящей работы — сравнительный анатомо-гистологический анализ ППХ у некоторых представителей семейства псовых.

Материал и методы. Исследования были выполнены на базе кафедры анатомии и гистологии животных им. проф. А.Ф.Климова Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И.Скрябина на аутопсийном материале, взятом от 65 особей собак заводского разведения: кавказская овчарка (n=15), среднеазиатская овчарка (n=14), пудель (n=9), тойтерьер (n=13), йоркширский терьер (n=14), отличающихся соматическими признаками, динамическим стереотипом и механизмом статолокомоторного акта, который, как известно, определяет распределение статодинамической нагрузки на костные компоненты сустава. В качестве объектов сравнения были исследованы также лисица (n=7) и степной волк (n=17), анатомию которого традиционно рассматривают в качестве некоторой «природной нормы» для семейства псовых. Изучали животных обоего пола и различного возраста.

Использовали комплексный подход, включающий макромикроскопическое препарирование, моделирование возможной биомеханики области сочленения и проводили гистологическое исследование свежееизвлеченных образцов ППХ. Материал фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина и после стандартной обработки заливали в парафин — воск. Серийные срезы толщиной 5–10 мкм изготавливали

на универсальном автоматизированном микротоме НМ-360, окрашивали гематоксилином — эозином, и пикрофуксин — фукселином и изучали при помощи светового микроскопа «Nikon» (Япония).

Результаты исследования. В области дистального прикрепления четырехглавая мышца бедра у собак формирует общее сухожилие, которое в форме пласта охватывает и заключает в себе коленную чашку, оставляя свободной ее суставную поверхность. Латерально и медиально от коленной чашки на уровне нижней ее трети, на расстоянии нескольких миллиметров от краев, в толще сухожилия четырехглавой мышцы у крупных пород собак — среднеазиатской овчарки, кавказской овчарки, а также у лисицы и волка выявляются плотные округлые образования — ППХ (рис. 1).

Их форма приближается к овалу, причем у псовых из природных популяций (степной волк, лисица) овальная форма более правильная. Размеры ППХ (диаметры овала, толщина) варьируют в зависимости от вида, породы и размеров животного. В общем, максимальная длина (большой диаметр) ППХ составляет около $\frac{1}{3}$ длины коленной чашки. Моделирование флексорно-экстензорных движений в коленном суставе показало, что эти образования располагаются в участках максимального растяжения и компрессии, соответственно, и перемещаются вместе с латеральными и медиальными зонами сухожилия по наружным «склонам» гребней суставного блока дистального эпифиза бедренной кости. При сокращении *m. quadriceps*, т.е. при максимальном разгибании голени, хрящи, перемещаясь вдоль «склона», несколько поднимаются к гребню, не достигая, однако, его вершины. У изученных нами мелких пород собак ППХ отсутствуют.

Как показало гистологическое исследование, ППХ образованы фиброзной хрящевой тканью с преобладанием волокнистого компонента. Их поверхности прочно связаны с окружающей тканью сухожилия посредством многочисленных пучков коллагеновых волокон. В толще самого ППХ распределение пучков коллагеновых волокон, их выраженность и доля объема, которую они занимают, существенно варьируют. Условно можно выделить 3 зоны, которые без резких границ переходят друг в друга. Эти зоны различаются соотношением волокнистого компонента и основного вещества, размерами и ориентацией пучков коллагеновых волокон и количеством хондроцитов.

Так, например, у лисицы в ППХ можно уверенно выделить 3 зоны — поверхностную (фронтальную), среднюю (промежуточную) и глубо-

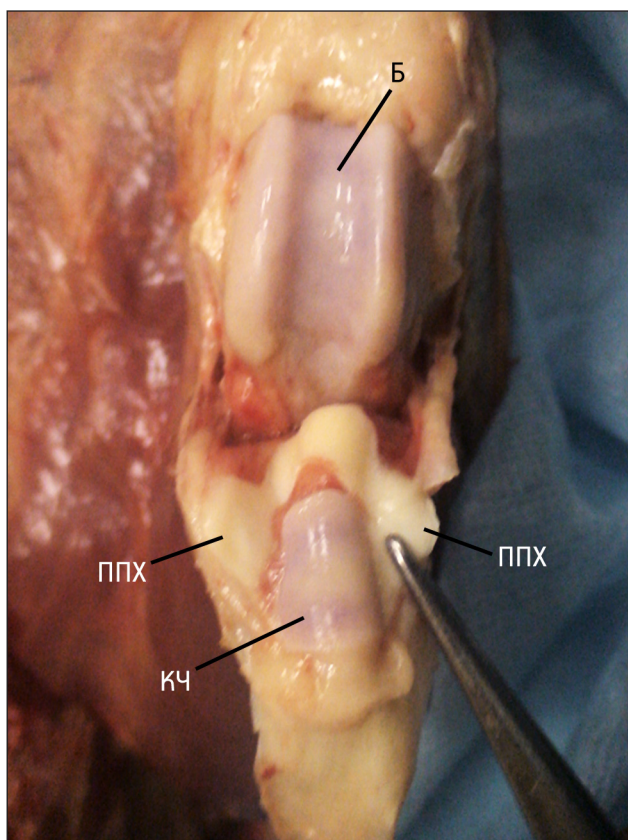


Рис. 1. Строение коленного сустава 9-месячной среднеазиатской овчарки.

ППХ — парapatellarный хрящ; КЧ — коленная чашка;
Б — блок дистального эпифиза бедренной кости

кую (каудальную), которая обращена к бедренной кости. Эти зоны различаются соотношением волокнистого компонента и основного вещества, заключающего в себе хрящевые клетки. В поверхностной зоне преобладает основное вещество матрикса, а пучки коллагеновых волокон тонкие и некомпактные (рис. 2, а).

В наиболее поверхностных слоях этой зоны коллагеновые волокна ориентированы, преимущественно, тангенциально по отношению к поверхности. Между их пучками в матриксе расположены веретенообразные или несколько уплощенные одиночные клетки — хондробласты. В более глубоких участках этой зоны ориентация пучков коллагеновых волокон менее упорядочена, а хондроциты принимают округлую форму. Практически то же строение ППХ прослежи-

вается у волка. Поверхностная зона здесь более тонкая, мелкие одиночные или объединенные в лакунах попарно хондробласты окружены территориальным матриксом без отчетливо выраженных фибриллярных структур. Тонкие пучки коллагеновых волокон в интертерриториальном матриксе также расположены, преимущественно, тангенциально по отношению к фронтальной поверхности. Подобная организация хрящевой ткани характерна и для ППХ собак крупных пород — среднеазиатской и кавказской овчарки. Если ориентироваться на особенности фиброархитектоники пучков коллагеновых волокон в этой зоне, можно предположить, что в поверхностных отделах ППХ, расположенных непосредственно под сухожилием, должны доминировать нагрузки, преимущественно, компрессионного характера.

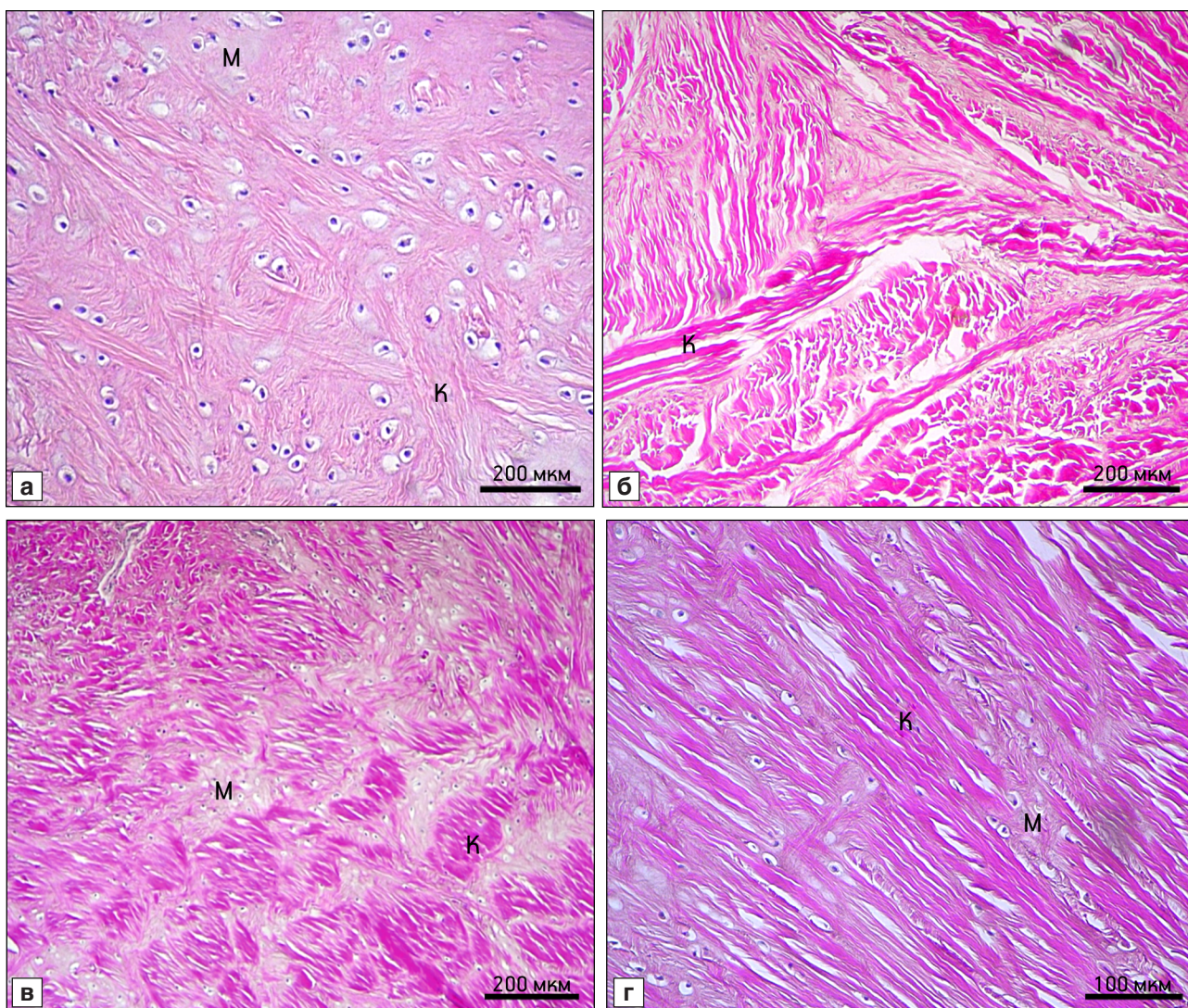


Рис. 2. Строение парapatellarного хряща (ППХ) у представителей семейства псовых.

а — поверхностная зона ППХ у 2-летней лисицы; рыхлые пучки коллагеновых волокон и хондробласты; б — поверхностный слой средней зоны ППХ у 11-месячного волка; в — фиброархитектоника пучков коллагеновых волокон в глубоком слое средней зоны ППХ у 11-месячного волка; г — параллельная ориентация пучков коллагеновых волокон в глубокой зоне ППХ у 3-летней среднеазиатской овчарки. К — коллагеновые волокна; М — матрикс. Окраска: а, б, г — гематоксилін—эозин; в — пикрофуксин—фукселін

Наиболее развитой и толстой является средняя зона ППХ. У лисицы ее толщина варьирует. Строение хряща в этой зоне неоднородно. Микрорегионы хряща, содержащие, преимущественно, толстые пучки коллагеновых волокон, ориентированных под различными углами друг к другу, чередуются с участками, где пучки более тонкие, а превалирует основное вещество, в которое заключены одиночные хондроциты, реже, изогенные группы.

Еще более сложная структура выявляется в средней зоне ППХ у волка. Эта зона имеет неоднородное строение, в ней прослеживается слоистость. В слое хряща, прилежащем к поверхностной зоне, находятся мощные и плотно расположенные пучки коллагеновых волокон, которые перекрещиваются в различных направлениях (см. рис. 2, б).

Подобная организация, по нашему мнению, может свидетельствовать о превалировании амортизирующих свойств. Более крупные, чем в поверхностной зоне, хондроциты окружены территориальным матриксом и расположены в лакунах поодиночке или парами.

Более глубокий слой средней зоны ППХ у волка является самым мощным и толстым. В нем участки хрящевой ткани, содержащие толстые пучки коллагеновых волокон, разделяются прослойками хряща, в которых довольно много основного вещества, а пучки коллагеновых волокон тоньше. Хондроциты, расположенные между пучками коллагеновых волокон, крупные, окружены значительным количеством территориального матрикса. Еще глубже можно выделить слой хряща, в котором толстые пучки коллагеновых волокон под разными углами чередуются с тонкими, расположенными в обширных участках территориального матрикса, окружающего эозинофильные хондроциты (см. рис. 2, в). В средней зоне ППХ у изученных крупных пород собак преобладают участки, в которых сравнительно толстые пучки коллагеновых волокон перекрещиваются под различными углами. Такие участки иногда чередуются с микрорегионами, в которых превалирует матрикс с немногочисленными тонкими пучками коллагеновых волокон.

Для глубокой зоны ППХ у собак и волка характерно регулярное чередование параллельно направленных пучков коллагеновых волокон с относительно узкими прослойками основного вещества, окружающего округлые, довольно крупные хондроциты (см. рис. 2, г). Такая фиброархитектоника может свидетельствовать о воздействии на эту зону преимущественно растягивающих нагрузок. У волка отчетливо видно, что

наиболее глубокие, лежащие ближе к каудальной поверхности хряща пучки коллагеновых волокон вплетаются в ткань сухожилия, которая непосредственно соседствует с капсулой сустава. В некоторых участках микрососуды капсулы проникают в ткань сухожилия и достигают пучков коллагеновых волокон глубокой зоны ППХ. Глубокая зона хряща у волка существенно уступает по толщине средней зоне, что, в общем, характерно и для собак. У лисицы же толщина глубокой зоны примерно равна толщине средней, а направление мощных пучков коллагеновых волокон неупорядоченное. Прослойки хряща с тонкими пучками коллагеновых волокон встречаются и здесь. По мере приближения к поверхности хондроциты уплощаются, приобретая веретеновидную форму. Подобного рода фиброархитектоника отражает, по-видимому, воздействия комплексных, растягивающих и компрессионных нагрузок.

Ни на фронтальной, ни на каудальной поверхностях ППХ мы не смогли выделить структуры, которые можно рассматривать как надхрящницу. Поверхности хрящей были тесно связаны с окружающим сухожилием многочисленными пучками коллагеновых волокон, которые приходится пересекать при микроанатомическом препарировании ППХ. Камбиальные элементы хрящевой ткани представлены, по-видимому, уплощенными хондробластами, локализующимися непосредственно у поверхностей.

Обсуждение полученных данных. ППХ у некоторых животных располагаются рядом с коленной чашкой и тесно, анатомически и функционально связаны с сухожилием четырехглавой мышцы. Существующие анатомические описания ППХ [1, 8, 10] обычно не включают обсуждения их возможного биомеханического смысла. Гистологического анализа строения этих хрящей мы вообще не нашли. Хрящи локализируются в толще общего сухожильного пласта *m. quadriceps* и, по-существу, являются сесамовидными хрящами. Можно полагать, что, перемещаясь вместе с сухожилием по «склонам» блока бедренной кости, ППХ ограничивают боковые, латеральные и медиальные смещения сухожилия и, тем самым, уменьшают возможность вывиха коленной чашки при резком или максимальном сокращении мышцы. Отсутствие ППХ у мелких пород собак, для которых такие вывихи являются частым явлением [3, 9, 12], подтверждает это заключение, особенно, если принять во внимание, что у таких пород собак этот признак часто сочетается с менее глубоким блоком дистального эпифиза бедренной кости. Кроме того, по аналогии с сесамовидными костями, например, с той же

коленной чашкой, можно предполагать, что наличие ППХ в толще сухожилия должно изменять угол прикрепления его периферических отделов к большеберцовой кости, облегчая, тем самым, разгибание голени.

Определенную функциональную интерпретацию допускают также результаты гистологического исследования ППХ. Они образованы типичным волокнистым хрящом с явным преобладанием фиброзного компонента. Особенности фиброархитектоники и наличие участков, богатых и бедных коллагеновыми волокнами, отражают различия в распределении динамических нагрузок в толще самого хряща. Его поверхностная (фронтальная) зона должна, по нашему мнению, испытывать преимущественно компрессионные нагрузки, возникающие вследствие давления утолщенного сухожилия сокращающейся мышцы. Эти компрессионные усилия могут существенно ослабляться в средней зоне, имеющей малоупорядоченную ориентацию пучков коллагеновых волокон, разделенных участками основного вещества. Продольная ориентация мощных пучков коллагеновых волокон в глубокой зоне ППХ свидетельствует о преобладании здесь растягивающих усилий, обеспечивающих перемещение хрящей вдоль боковых «склонов» блока бедренной кости. В совокупности распределение векторов сил, возникающих при сокращении мышцы, приводит к тому, что ее сухожилие перемещает ППХ вдоль «склонов» блока, несколько прижимая их к поверхности кости.

ЛИТЕРАТУРА

- Абельянц Г.С. Коленный сустав некоторых домашних животных: Автореф. дис. ... канд. вет. наук. Киев, 1949.
- Касьяненко В.Г. Опыт функционального анализа аппарата движения и опоры некоторых млекопитающих // Труды V Всес. съезда анатомов, гистологов и эмбриологов. Л.: Медгиз, 1951. С. 373–376.
- Качалин М.Д., Тимофеев С.В. Особенности методов лечения травм коленного сустава у собак // Ветеринарный доктор. 2012. № 5. С. 22–24.
- Мельник К.П., Клыков В.И. Локомоторный аппарат млекопитающих: Вопросы морфологии и биомеханики скелета. Киев: Наук. думка, 1991.
- Слесаренко Н.А., Торба А.И. Морфофункциональные особенности коленного сустава у собак. Актуальные проблемы ветеринарной хирургии // Вестн. Воронежского ГАУ. 1997. С. 116.
- Слесаренко Н.А., Широкова Е.О. Морфофункциональная характеристика фиксирующего аппарата коленного сустава у собак в постнатальном онтогенезе // Морфология. 2010. Т. 137, вып. 4. С. 174–175.
- Сустав: Морфология, клиника, диагностика, лечение / Под ред. В.Н.Павловой, Г.Г.Павлова, Н.А.Шостак, Л.И.Слуцкого. М.: Медицинское информационное агентство, 2011.
- Торба А.И. Морфофункциональная характеристика компонентов коленного сустава у собак в норме и в условиях хирургической коррекции повреждений связочного аппарата (экспериментально-морфологическое исследование): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2003.
- Ширер П. Статистические данные об ортопедических болезнях // Ветеринарный фокус. 2011. Т. 21, № 2. С. 23–25.
- Эль-Махди Т.О. Морфофункциональная характеристика компонентов коленного сустава у лисицы в условиях промышленного звероводства: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1991.
- Brown C.H., Hecker A.T., Hipp J.A. et al. The biomechanics of Interference screw fixation of patellar tendon anterior cruciate ligament grafts // Am. J. Sports Med. 1993. Vol. 21, № 6. P. 880–886.
- LaFond E., Breur G.J., Austin C.C. Breed susceptibility for developmental orthopedic diseases in dogs // J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 2002. Vol. 38. P. 467–477.
- Steinkamp L.A., Dilligham M.F., Markel M.D. et al. Biomechanical considerations in patellofemoral joint reabillations // Am. J. Sports Med. 1993. Vol. 21, № 3. P. 438–444.

Поступила в редакцию 24.10.2014

Получена после доработки 20.01.2015

STRUCTURE OF PARAPATELLAR CARTILAGES IN CANIDS

N.A.Slesarenko, Ye.O.Shirokov

The aim of the study was to establish general patterns and morphological characteristics of the parapatellar structures of the knee joint in canids: dogs of factory breeding — Caucasian shepherd dog (n=15), Central Asian shepherd dog (n=14), poodle (n=9), the toy Terrier (n=13), Yorkshire Terrier (n=14) and Steppenwolf (n=17) and foxes (n=7) obtained from natural biocenoses. Subtle anatomical dissection was conducted and macroscopic evaluation of the structures was performed together with light microscopic analysis of serial histological sections stained with hematoxylin–eosin and picrofuchsin–fuchselin. Comparative analysis of the parapatellar cartilages allowed to establish both common regularities and breed-specific signs of their structure, that resulted from the impact of biomechanics of the locomotor behavior of the animals. In all the investigated canids parapatellar cartilages were formed by fibrous cartilaginous tissue with a predominance of fibrous structures over the cellular component and they could be divided into 3 zones — superficial, medial and deep. The peculiarities of the fibroarchitectonics of collagen bundles in each of them correspond to the nature of the pattern of biomechanical loads applied. Micromorphological studies performed show that parapatellar cartilages can act as compensatory devices, leveling functional overload of the quadriceps femoris in the extension phase of the knee joint.

Key words: *knee, kneecap, parapatellar cartilage, the quadriceps muscle*

A.F.Klimov Department of Animal Anatomy and Histology, K.I.Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology