

2. Butko M. P., Tiganov V. S., Frolov V. S. Use of anolyte ANK for disinfection of vehicles and containers used for transportation of livestock freight. *Rossijskij zhurnal Problemy veterinarnoj sanitarii, gigieny i ehkologii*. 2010. No 2 (4). pp. 8 [in Russian]

3. Butko M. P., Popov P. A., Lemyaseva S. V., Onishchenko D. A. The disinfecting activity of the drug «Anolyte ANK-super» for veterinary-sanitary treatment of vehicles. *Rossijskij zhurnal Problemy veterinarnoj sanitarii, gigieny i ehkologii*. 2017. No 2 (22). pp. 31-36 [in Russian]

4. Sidorova K. A., Kozlova S. V., Cheremenina N. A. et al. Hygienic bases of nutrition GAU Severnogo Zaural'ya. Tyumen. 2018 [in Russian]

5. Sidorova K. A., Cheremenina N. A., Kozlova S. V., Krivolapova O. S. Veterinary-sanitary assessment of poultry meat sold in city market. Proc. of All-Russian Sci. Conf. "Integration of science and practice for the development of the Agro-industrial complex". Tyumen. 2017. pp. 328-333 [in Russian]

6. Tarukin E. M. Refrigerated trucks. *Vestnik NGIEHI*. 2012. No 6 (13). pp. 68-82 [in Russian]

7. Shutej A. Yu. Features of the transport of food products by road. Proc. of the Int. Sci. and Pract. Conf. "Actual problems of

science and technology through the eyes of young scientists". 2016. pp. 576-581 [in Russian]

8. *Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti pishchevoj produktsii» № TR TS 021/2011: sait Evrazijskoj ehkonomicheskoy komissii*. – 2012 [Technical Regulations of the Customs Union "On Food Products Safety" No. TP TC 021/2011: website of the Eurasian Economic Commission. – 2012]. URL: <http://www.tsouz.ru/KTS/KTS33/Pages/default.aspx>. [in Russian]

9. *Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti myasa i myasnoj produktsii» TR TS 034/2013: sait Evrazijskoj ehkonomicheskoy komissii*. – 2012 [Technical regulations of the Customs Union «On the safety of meat and meat products» TR CU 034/2013: the site of the Eurasian Economic Commission. - 2012]. URL: <http://www.tsouz.ru/KTS/KTS33/Pages/default.aspx>. [in Russian]

10. *Sanitarnye Pravila 2.3.6.1066-01 «Sanitarno-ehpidemiologicheskie trebovaniya k organizaciyam trgovli i oborotu v nih prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevyh produktov»* [Sanitary Rules 2.3.6.1066-01 «Sanitary and epidemiological requirements for organizations of trade and the turnover of food raw materials and food products in them»]. URL: <https://www.garant.ru> [in Russian]

УДК 619:611.018.3:636

DOI: 10.34655/bgsha.2019.55.2.011

М. В. Лазарева, О. В. Распутина

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИНОВИАЛЬНОЙ СРЕДЫ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Ключевые слова: сустав, синовиальная жидкость, синовиальная оболочка, суставной хрящ, гиалуроновая кислота, хондроциты, синовиоциты.

Проанализированы закономерности структурной организации сустава как комплекса компонентов, таких как синовиальная оболочка, синовиальная жидкость и суставной хрящ. Отражены основные функции синовиальной среды, особенности синовиальной оболочки, ее трехслойное строение. Отмечены видовые и возрастные особенности строения синовиальной оболочки. По данным разных авторов описан биохимический состав синовиальной жидкости, показано ее значительное сходство с плазмой крови. Проанализирована суммарная концентрация белка и соотношение различных белков в синовиальной жидкости. Отмечена закономерность в концентрации общего белка в синовии суставов грудных и тазовых конечностей лошади, свиньи и крупного рогатого скота. Отмечено, что белковый компонент и гиалуроновая кислота совместно обеспечивают

механические свойства синовию. На примере жеребят показана возрастная динамика активности кислой и щелочной фосфатазы. Оценены физико-химические свойства синовиальной жидкости: объем, цвет и прозрачность (мутность), вязкость, муциновый сгусток, pH, оптическая плотность. Охарактеризован клеточный состав синовиальной жидкости, процентное соотношение клеток лежит в основе построения синовиоцитограммы. Проанализированы особенности суставного хряща, обусловленные закономерностями становления в системе скелетных образований организма и особой ролью в функционировании суставов. Освещен вопрос о зональной дифференцировке суставного хряща. Отмечена толщина хряща; численная плотность хондроцитов, характеризующая численный состав хондроцитов поверхностной зоны, промежуточной зоны, глубокой зоны; объемная плотность хондроцитов, характеризующая степень дифференцировки клеток по зонам хряща у разных видов животных (крупный рогатый скот, кролик, собака).

M. Lazareva, O. Rasputina

COMPARATIVE CHARACTERISTIC'S OF THE SYNOVIAL MEDIUM OF MAMMALS

Keywords: joint, synovial fluid, synovial membrane, arthroidal cartilage, hyaluronic acid, chondrocytes, synoviocytes

Patterns of structural organization of the joint as a complex of components, such as the synovial membrane, synovial fluid and articular cartilage are analyzed. The main functions of the synovial environment, the features of the synovial membrane, its three-layer structure are discussed. Specific and age-related features of the structure of the synovial membrane are noted. According to various authors, the biochemical composition of synovial fluid is described, its significant similarity with blood plasma is shown. The total protein concentration and the ratio of various proteins in the synovial fluid are analyzed. The regularity in the concentration of total protein in the synovial joints of the thoracic and pelvic limbs of a horse, pig, and cattle is noted. It is found that the protein component and hyaluronic acid together provide the mechanical properties of synovium. At the example of foals, the age dynamics of acid and alkaline phosphatase activity is shown. The physicochemical properties of synovial fluid were evaluated: volume, color and transparency (turbidity), viscosity, mucin clot, pH, optical density. The cellular composition of the synovial fluid is characterized, the percentage ratio of the cells underlies the construction of the synoviocytogram. The features of arthroidal cartilage are analyzed, which are determined by the laws of building skeletal formations in the system and a special role in the functioning of the joints. The question of the zonal differentiation of arthroidal cartilage is discussed. The thickness of the cartilage is marked; the numerical density of chondrocytes, which characterizes the numerical composition of chondrocytes of the surface, intermediate and deep zones; the bulk density of chondrocytes, which characterizes the degree of cell differentiation by cartilage zones in different animal species (cattle, rabbit, dog).

Лазарева Марина Викторовна, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры акушерства, анатомии и гистологии; e-mail: lazareva_mv@nsau.edu.ru

Marina V. Lazareva, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor at the Chair of Obstetrics, Anatomy and Histology; e-mail: lazareva_mv@nsau.edu.ru

Распутина Ольга Викторовна, доктор ветеринарных наук, доцент, профессор кафедры акушерства, анатомии и гистологии; e-mail: rasputinaov@mail.ru

Olga V. Rasputina, Doctor of Veterinary Science, Associate Professor, Professor of the Chair of Obstetrics, Anatomy and Histology; e-mail: rasputinaov@mail.ru

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160

FSBEI HE "Novosibirsk State Agricultural University", 160, Dobrolubova ul., Novosibirsk, Russia

Дикая природа создает особые условия для выживания млекопитающих. Животные вынуждены спасаться от врагов, преследовать жертву в норах, ловить рыбу в водоемах, при необходимости преодолевать значительные пространства во время стихийных бедствий и во время охоты и т.д. Невозможность быстро и маневренно совершать движения влечет за собой гибель отдельных особей, популяций и даже видов животных. Этим факторам подчинена механика движения млекопитающих, что влечет за собой особенности морфологии суставов.

Для ветеринарных врачей важно знание особенностей морфологии суставов, это позволяет лучше понять этиологию болезней суставов и своевременно проводить лечение, так как любые нарушения в работе суставов вызывают отставание от стада, истощение и выбраковку [13].

Представляет значительный теоретический и практический интерес исследование особенностей строения суставов животных и для ученых. Например, инженер биомеханика движения интересуется в связи с моделированием новых технических конструкций, а морфологам понимание процессов эволюции органов движения позволяет с новых позиций подходить к рассмотрению естественной системы отдельных групп животных.

По данным В. Н. Павловой [18] и других авторов [19,25,28], сустав – это многокомпонентная система, содержащая опорные костные контактирующие друг с другом элементы, фиксированные связками, покрытые в местах контакта суставным хрящом и изолированные от внешней среды суставной капсулой (*capsulaarticularis*). Капсула состоит из волокнистой соединительной ткани. В ней различают наружную *фиброзную оболочку (membranafibrosa)* и внутреннюю – *синовиальную оболочку (membranasynovialis)*. Синовиальная оболочка ограничивает щелевидное пространство – *суставную полость (cavumarticularis)*, заполненную *синовиальной жидкостью (synovia)* [18].

Существование сустава как органа обеспечивает комплекс компонентов, таких как синовиальная оболочка, ее производное – синовиальная жидкость и суставной хрящ, которые объединены понятием «синовиальная среда суставов». Единство происхождения компонентов синовиальной среды суставов подтверждено морфологическими исследованиями В. Н. Павловой [18], А. М. Зайдман [7] и в результате изучения биологии и эмбриональных и стволовых клеток [19]. Л. С. Пинчук и др. [19] отметили, что на ранних стадиях эмбрионального развития зачаток сустава представлен морфологически однородными пролиферирующими (размножающимися) клетками мезенхимального происхождения. Дифференцирование этих клеток по месту расположения и назначению дает начало всем соединительнотканым компонентам конечностей, в том числе элементам суставов.

О. В. Распутиной, П. М. Митрофановым [20] отмечены основные функции синовиальной среды суставов. Синтетическая функция состоит в том, что синовиальная среда продуцирует гиалуроновую кислоту, ферменты, коллаген, эластин, ретикулин, протеогликаны, гликопротеины и др. Проприоцептивная функция синовиальной среды заключается в понимании положения сустава, степени натяжения сухожилий и т.д. Также синовиальная среда участвует в системе иммунологической защиты, процессах регенерации и обмену веществ с сосудистым руслом, обеспечивает прочность, эластичность и подвижность морфологических структур сустава.

Целью исследования является изучение морфологических особенностей синовиальной среды млекопитающих.

Объекты и методы исследований. Методом исследования является изучение научных трудов по данной теме, материалами послужила литература, посвященная изучению строения суставов у млекопитающих. Объектами являются различные виды животных и человек.

Результаты исследований и их обсуждение. Особенности строения

синовиальной оболочки. Синовиальная оболочка представляет собой пласт соединительной ткани, который расположен внутри фиброзной капсулы, ограничивающей суставную полость. Состоит из клеток и основного вещества. В нем расположены кровеносные и лимфатические сосуды, нервные волокна и окончания.

Матрикс синовиальной оболочки представлен коллагеновыми волокнами и эластическими сетями, которые формируют волокнистый каркас. В петлях каркаса находятся основное вещество и клетки. Для синовиальной оболочки характерно наличие трех слоев: двухколлагено-эластических комплексов – поверхностного и глубокого и обращенного в полость сустава покровного слоя.

Покровный слой преимущественно состоит из синовиальных клеток трех типов: синовиоциты типа А – макрофагальные синовиоциты; синовиоциты типа В – синовиальные фибробласты; синовиоциты типа С – промежуточные синовиоциты. Между синовиальными клетками находится основное вещество, представленное ретикулиновыми волокнами и аморфным веществом белково-полисахаридной природы [5, 18, 25]. Синовиоциты располагаются на разных уровнях по отношению к поверхности синовиальной оболочки, т.к. базальная мембрана отсутствует, и основное вещество наряду с синовиоцитами ограничивает суставную полость.

Пучки коллагеновых волокон и петли эластических сетей поверхностного коллагено-эластического комплекса располагаются строго упорядоченно и ориентированы в направлении длинной оси сустава. Это обеспечивает возможность растяжения и смещения синовиальной оболочки вслед за костными компонентами сустава при локомоции. Волокнистые компоненты глубокого коллагено-эластического комплекса также упорядочены, ориентированы в определенном направлении, но всегда перпендикулярны к волокнам поверхностного коллагено-эластического комплекса. Это обеспечивает растяжение и смещение оболочки при

вращательных движениях в суставе [18]. Основное вещество и клеточные элементы глубокого и поверхностного слоев имеют один и тот же состав и характер.

Рельеф синовиальной оболочки у млекопитающих был изучен В. Н. Павловой [18] и О. В. Распутиной, П. М. Митрофановым [20]. Выявлена неоднородность синовиальной оболочки, характеризующаяся складчатостью и наличием синовиальных ворсин, количество которых определяется видовыми и возрастными особенностями.

В. Ш. Вагаповой с соавторами [5] получены сведения, касающиеся морфологических основ транссиновиального обмена. Ими выявлены участки истончения синовиальной мембраны овальной и округлой форм – «люки». «Люки» характерны для тех участков синовиальной мембраны, которые ограничивают места скопления в полости сустава синовиальной жидкости и обеспечивают процессы транссиновиального обмена. В области «люков» располагаются кровеносные и лимфатические капилляры, посткапиллярные вены.

В. Ш. Вагаповой и др. [5] доказано также наличие в суставах единой внутренней оболочки. Известно, что синовиальная мембрана выстилает изнутри суставную капсулу и внутрисуставные связки. С суставной капсулы она переходит на суставные концы костей, образуя переходную зону. Постепенно изменяясь, синовиальная мембрана продолжается через переходную зону на суставные хрящи в виде хондральной мембраны. Таким образом, в противовес общепринятому мнению, полость суставов, как и все замкнутые полости (брюшина, плевральная, перикардальная), выстлана единой внутренней оболочкой, состоящей из трех частей: синовиальной и хондральной мембран и переходной между ними зоны.

О. В. Распутиной, П. М. Митрофановым [20] доказано характерное наличие складчатой, ворсинчатой, бороздчатой (волнистой) и гладкой поверхностей синовиальной оболочки скакательных и запястных суставов телят постнатального пе-

риода. Поверхностная зона суставного хряща телят постнатального периода, как и взрослого человека, имеет неровный рельеф. Хондроциты располагаются преимущественно диффузно, не формируя характерных изогенных групп.

Синовиальная оболочка богато васкуляризирована. Формирование синовиальной оболочки суставов тесно связано с развитием ее сосудистого русла [7,11,18]. Кровеносные сосуды синовиальной оболочки проникают в нее со стороны капсулы сустава и пронизывают всю ее толщину. В синовиальной оболочке выделяют две сети кровеносных сосудов – поверхностную, собственно синовиальную и глубокую – субсиновиальную. Разветвленная сеть лимфатических капилляров и посткапиллярных лимфатических коллекторов располагается под покровным слоем в более глубоких слоях синовиальной оболочки. По площади лимфатические сосуды во много раз превышают кровеносные [5, 17, 25]. Иннервация синовиальной оболочки осуществляется от смешанных спинномозговых нервов, несущих в себе симпатические проводники. Афферентная иннервация представлена инкапсулированными и свободными окончаниями, симпатическая иннервация характерна для стенок сосудов синовиальной оболочки и для матрикса сосудистого ложа.

Таким образом, важным аспектом является взаимодействие синовиальной оболочки и синовиальной жидкости, обусловленное особенностями структур микроциркуляторного русла синовиальной оболочки.

Биохимическая характеристика синовиальной жидкости. Синовиальная жидкость (синовия) – биологическая жидкость, заполняющая полость суставов. Термин «синовия» ввел в артрологию древнегреческий врач, реформатор античной медицины Гиппократ (400-е годы до н. э.). Под синовией он имел в виду суставную жидкость, т. е. слизистое содержимое сустава.

Синовиальная жидкость является одной из структур триады – суставной хрящ,

синовиальная оболочка, синовиальная жидкость, организующей внутрисуставное пространство [18]. Синовиальная жидкость содержится в суставе в незначительном количестве, обеспечивая уменьшение трения контактных поверхностей костей, покрытых хрящом, тем самым предохраняя их от стирания. Она выполняет трофическую функцию сустава и является транспортной средой, перемещающей продукты износа из суставной полости в лимфатическое русло. Содержит клеточные элементы, ферменты и иммунокомпетентные агенты, которые подавляют жизнедеятельность чужеродных клеток и веществ, проникших в сустав. Поэтому структурные параметры синовиальной жидкости служат одним из показателей для суждения о нормальном или патологическом состоянии суставов и о заболеваниях соединительной ткани [19].

Изучению состава синовиальной жидкости посвящено большое количество работ [18, 21]. Синовиальная жидкость по своему химическому составу имеет значительное сходство с плазмой крови. Ее основу составляет трансудат (фильтрат) крови, который поступает через стенки капилляров в синовиальную оболочку.

По данным В. Н. Павловой [18], содержание воды в синовии составляет 94-95%, твердых веществ – 5-6%. Однако суммарная концентрация белка и соотношение различных белков в синовиальной жидкости отличаются от такового в плазме крови. Содержание общего белка в синовии составляет 25 г/л, т.е. в 3 раза ниже, чем в плазме крови (65 г/л), что объясняют барьерными свойствами синовиальной оболочки, непроницаемой для белковых молекул с относительной молекулярной массой более 160000 [18]. Синовия взрослого крупного рогатого скота содержит в среднем 0,63 г% (6,3 г/л) белка, а в синовии лошадей его содержится в среднем 1,27 г% (12,7 г/л) [12].

По результатам исследований А. Г. Березкина [3], количество общего белка в синовии суставов конечностей копытных не одинаково как в гомологичных суставах разных видов животных, так и в

разных суставах особей одного вида животных. Им отмечена закономерность в концентрации общего белка в синовии суставов грудных и тазовых конечностей: в синовии суставов тазовых конечностей концентрация белка меньше, чем в синовии гомодинамных суставов грудных конечностей. Количество общего белка в синовиальной жидкости запястного сустава лошади Пржевальского составило 3,20, тарзального сустава – 3,13 г%, у свиньи домашней – 3,20 и тарзального – 3,88 г% соответственно. Это объясняется функциональными особенностями грудных и тазовых конечностей. При движении животного, особенно при беге и прыжках, тазовые конечности активно отталкивают тело от грунта, а грудные принимают на себя тяжесть тела и перемещают его вперед. И при активном отталкивании тела, и при тушении резких толчков суставы испытывают большую нагрузку, однако характер ее различен, как различен он в разных суставах одной и той же конечности. У быка домашнего количество общего белка в синовии запястного сустава составляет 3,08, тарзального – 2,27 г%, что объясняется более низким уровнем обменных процессов в тарзальном суставе в связи с меньшей его функциональной активностью.

При электрофоретическом разделении белков выявляются те же основные фракции белков, что и в сыворотке крови, но количественные соотношения между фракциями отличаются от таковых сыворотки крови. В синовиальной жидкости относительное содержание альбумина значительно выше, а всех глобулинов – значительно ниже. Это объясняется попаданием белков в синовию путем диффузии через синовиальную оболочку. В большем количестве через мембрану проникают белки с относительно небольшими молекулами (альбумин). В меньшей степени мембрана проницаема для более крупных молекул. Этим объясняется полное отсутствие в синовиальной жидкости фибриногена. По данным В. Н. Павловой [18], количество альбумина в синовиальной жидкости суставов человека со-

ставляет 67, в крови – 52%. Количество глобулина в синовиальной жидкости – 33, в крови – 48%.

По данным А. Г. Березкина [3], нормальная синовия тарзального сустава лошади Пржевальского содержит альбуминов 46,7, α -глобулинов – 8,5, β -глобулинов – 15,5, γ -глобулинов – 29,6%. У быка домашнего содержание альбуминов составляет 40,3, α -глобулинов – 14,7, β -глобулинов – 13,1, γ -глобулинов – 32,6%. Это говорит о том, что в синовии гомологичных суставов у диких животных альбуминов больше, чем у домашних. Это связано с большей физической нагрузкой на суставы у диких животных.

Основным компонентом синовии, обеспечивающим смазочную функцию, является белок лубрицин (от лат. *lubrico* – делать скользким) [31, 32]. Лубрицин секретируется в синовию синовиальными фибробластами (синовиоциты типа В); его концентрация в синовии достигает 30 пг/мл. Из синовии лубрицин адсорбируется поверхностью суставных хрящей [30]. Роль лубрицина в суставах не ограничивается его смазочной функцией. Он не только облегчает скольжение хрящевых поверхностей, но и предотвращает их износ, вызываемый трением, придает синовии определенную эластичность, способствующую рассеиванию энергетической нагрузки, которая ложится на суставы при движениях, обеспечивая хондропротекторную функцию [33].

Важным отличием синовии от плазмы крови является присутствие в ней протеогликана – гиалуроновой кислоты (ГУК). ГУК является специфическим протеогликаном синовиальной жидкости, обеспечивающим вязкоупругие свойства синовии. В синовиальной жидкости здорового сустава человека ее содержится около 2,45–3,97 г/л. В настоящее время известно, что гиалуроновая кислота контролирует такие процессы, как репаративная регенерация тканей, клеточная дифференцировка, морфогенез, ангиогенез и воспаление. Гиалуроновая кислота связывает воду в соединительной ткани, что является од-

ной из важных ее функций. В результате межклеточное вещество приобретает характер желеобразного матрикса, поддерживающего клетки. Связывая коллагеновые волокна, белки, клетки и другие компоненты межклеточного вещества в единую систему, гиалуроновая кислота создает «буферный объем», который определяет прочность и упругость механических тканей, помогает им преодолевать временное физическое воздействие [2, 26].

Таким образом, и белковый компонент, и гиалуроновая кислота совместно обеспечивают механические свойства синови.

В составе синовиальной жидкости присутствуют такие ингредиенты как ферменты. Многие авторы [18, 21] отмечают, что ферментный состав синови значительно сходен с составом плазмы крови.

Известно, что кислая и щелочная фосфатазы играют важную роль в функциях клеточных мембран, обеспечивают нормальное течение обменных процессов в органах и системах организма. Активность фермента отражает скорость процессов роста тканей и кости, поэтому при интерпретации данных следует учитывать, что активность щелочной фосфатазы у молодняка значительно превышает нормы взрослых.

По данным А. А. Замазий, Р. В. Передера [8], в синовиальной жидкости наблюдается картина возрастной динамики активности кислой фосфатазы. Так, если у жеребят в возрасте от одной недели до одного месяца активность этого фермента наивысшая и колеблется в пределах от $5,86 \pm 0,13$ до $6,08 \pm 0,45$ нмоль/с·л, то с возрастом у животных отмечено ее снижение, и к 9 месяцам она составляет $3,00 \pm 0,31$, в 12 месяцев всего $0,50 \pm 0,05$, а у 15-месячных активность фермента снижается еще больше и составляет $0,26 \pm 0,05$ нмоль/с·л. К 24 месяцам активность кислой фосфатазы синовиальной жидкости повышается и составляет $1,32 \pm 0,09$ нмоль/с·л, но все же остается в 4,44 раза ниже ($P > 0,001$), чем у недельных животных.

В исследованиях А.В. Издепского [9] активность щелочной фосфатазы в синовиальной жидкости колеблется от $67,0 \pm 4,0$ у одномесячных жеребят до $72,3 \pm 4,9$ нмоль/с·л в годовалом возрасте с последующим ее снижением у старших возрастных групп. Активность же кислой фосфатазы с возрастом животных имеет обратную тенденцию. Она колебалась от 0,8 до $1,87 \pm 0,2$ нмоль/с·л соответственно увеличению возраста.

Биохимический состав синови зависит не только от вида и возраста животного, но также и от условий его содержания, кормления и эксплуатации.

Физико-химическая характеристика синовиальной жидкости. Наиболее часто оцениваются следующие физико-химические свойства синовиальной жидкости: объем, цвет и прозрачность (мутность), вязкость, муциновый сгусток, рН, оптическая плотность [1, 16, 25].

Синовиальная жидкость абсолютно прозрачна. Помутнение обычно обусловлено увеличением числа клеточных элементов, наличием кристаллов или микроорганизмов. У крупного рогатого скота и собак она бесцветная, у лошадей соломенно-желтого цвета. В нормальных условиях синови содержится немного. Наибольшая масса ее скапливается в боковых отделах суставной полости и выворотах. Количество синови, которое можно извлечь шприцем из нормального подвижного сустава человека, составляет 1-3 мл. Суставы крупных млекопитающих – лошадей, быков, свиней содержат большее количество синовиальной жидкости [18]. По данным А. М. Зайдман [7], количество синови у крупного рогатого скота, которое можно извлечь шприцем, приблизительно 12 см^3 .

Тест образования сгустка муцина – качественный показатель содержания гиалуроновой кислоты в синовиальной жидкости. В оценке характера муцинового сгустка приняты следующие градации: плотный, плотноватый, рыхлый, рыхлый распадающийся, сгусток не образуется. Наличие рыхлого муцинового сгустка указывает на высокую местную воспали-

тельную реакцию. Связано это с тем, что цепочки гиалуроновой кислоты в синовиальной жидкости становятся короче, вследствие чего снижается ее вязкость [1, 16, 25].

Синовиальная жидкость отличается от других жидких сред организма выраженной вязкостью. К свежей синовиальной жидкости, только что полученной путем пункции сустава, применяют термин «тягучесть». В более строгих физических терминах эти особенности синовиальной жидкости описывают как свойство неньютоновской жидкости и свойство тиксотропии. Неньютоновская жидкость – это жидкость, вязкость которой зависит от изменений скорости ее течения. Тиксотропия (от греч. *thixis* – прикосновение, *trope* – изменение) – зависимость вязкости жидкости от механических воздействий. Вязкость тиксотропной жидкости при постоянной температуре увеличивается постепенно, с течением времени, при постоянном воздействии, например, при одной и той же скорости течения. Вместе с тем, тиксотропная жидкость способна постепенно восстанавливать разрушенную механическим воздействием исходную структуру (вязкость) [19].

У животных во время двигательной активности синовиальная жидкость становится более вязкой и густой, в ней содержится больше муцина, белковых веществ, чем у животных, находившихся в покое. В экспериментах на лошадях установлено [3, 4, 14], что объем синовиальной жидкости существенно увеличивается после двигательной нагрузки на сустав. Увеличение составляло 15% от исходного объема и сохранялось более часа. Через два часа объем синовиальной жидкости возвратился к исходному уровню.

Реакция синовиальной жидкости щелочная (7,2-7,8 у млекопитающих) [18].

Клеточный состав синовиальной жидкости. Синовиальная жидкость в нормальном суставе млекопитающих и человека содержит лейкоциты (моноциты, лимфоциты, нейтрофилы) и синовиальные покровные клетки – синовиоциты. Число клеток в норме в 1 см³ синовиальной жидкости человека колеблется от 13

до 200, у животных – до 200 и более [18]. В норме синовиальная жидкость человека содержит: синовиоциты – 34,2-37,8; гистиоциты – 8,9-12,5; лимфоциты – 37,4-42,6; моноциты – 1,8-3,2; нейтрофилы – 1,2-2,0 и неклассифицированные клетки – 8,3-10,1% [28]. Клетки синовиальной оболочки и крови. По данным наблюдений, – одни из них жизнеспособны, другие – в состоянии распада, что говорит о том, что они находятся на различных стадиях жизненного цикла [18].

Для характеристики клеточного состава синовиальной жидкости важным критерием является классификация клеток. В. Н. Павлова с соавторами [25] предложили следующую классификацию клеток синовиальной жидкости.

Первый класс – синовиоциты, клетки покровного слоя синовиальной оболочки. Их разделяют на два основных типа, между которыми имеются промежуточные варианты:

- А-клетки – макрофагоподобные. Функция этих клеток связана с поглощением (резорбцией) компонентов синовиальной жидкости;

- В-клетки – фибробластоподобные. Они образуют компоненты матрикса и секретируют ряд веществ (протеогликаны и гиалуроновую кислоту) в синовиальную жидкость.

Второй класс – макрофаги, обеспечивают освобождение полости сустава от продуктов жизнедеятельности, поддерживая гомеостаз полости сустава.

Третий класс – моноциты. Процентное содержание невелико (1,8-3,2%), но они постоянно присутствуют как в нормальной, так и патологической синовиальной жидкости.

Четвертый класс – лимфоциты, морфологически аналогичные лимфоцитам крови. По данным В. Н. Лузина [12], содержание лимфоцитов в синовиальной жидкости коленного сустава собак составляет 56%.

Пятый класс – плазматические клетки. В норме они единичны. Увеличение их количества в синовиальной жидкости свидетельствует об иммунологических сдвигах в организме.

Шестой класс – нейтрофилы. Их присутствие в синовиальной жидкости свидетельствует о патологическом процессе в суставах.

Седьмой класс – неклассифицируемые клетки. Их содержание составляет 7-8% от общего числа клеток.

Процентное соотношение этих клеток лежит в основе построения синовиоцитогаммы. По данным А. Г. Березкина [4], исследовавшего 500 суставов различных млекопитающих, среди клеток синовиальной жидкости нейтрофильных гранулоцитов содержится в среднем 6,0, лимфоцитов – 49,0, моноцитов – 38,0, макрофагов – 6,0 и ацетофильных гранулоцитов – 0,77%. По данным К. А. Надеина [26], цитологический состав синовиальной жидкости клинически здоровых животных крупного рогатого скота представлен синовиоцитами – $72,6 \pm 2,9$; гистиоцитами – $3,0 \pm 0,1$; лимфоцитами – $18,4 \pm 2,4$; моноцитами – $2,3 \pm 0,1$; нейтрофилами $3,7 \pm 0,8\%$. А по данным О. В. Распутиной, П. М. Митрофанова [20], синовиоцитогамма скакательных суставов здоровых 60-дневного возраста телят представлена синовиоцитами – $51,68 \pm 1,5$, гистиоцитами – $12,56 \pm 0,67$, лимфоцитами – $25,14 \pm 2,04$, моноцитами – $2,4 \pm 0,1$, нейтрофилами – $2,8 \pm 0,09$ и неклассифицированными клетками – $5,5 \pm 0,21\%$.

В морфологическом составе синовиальной жидкости есть определенные возрастные колебания. В синовиальной жидкости у лошадей всех возрастных групп основную массу составляют клетки крови (лимфоциты, нейтрофилы, моноциты) и значительно меньше клеток других тканей. Так, в недельном возрасте количество лимфоцитов в синовиальной жидкости составляет $80,33 \pm 0,58\%$, тогда как в крови $34,33 \pm 0,58\%$ лимфоцитов. К 6-месячному возрасту количество данных клеток в синовиальной жидкости увеличивается до $91,3 \pm 0,67$, а к 24-месячному уменьшается до $75,83 \pm 0,75\%$ ($P < 0,001$). В крови также отмечена тенденция к повышению количества лимфоцитов до $56,05 \pm 0,59\%$ у животных 12-месячного возраста. В дальнейшем в синовиальной жидкости идет их

снижение до уровня $47,18 \pm 0,56\%$.

Количество нейтрофилов в синовиальной жидкости в недельном возрасте составляет $10,33 \pm 0,58\%$ (в крови $61,33 \pm 0,58\%$). К 6-месячному возрасту отмечено уменьшение числа этих клеток как в синовиальной жидкости (в 2,79 раза по сравнению с животными недельного возраста, $P > 0,001$), так и в крови (в 1,89 раза, $P > 0,001$). С возрастом у животных количество нейтрофилов постепенно увеличивается и к 24 месяцам в крови и в синовиальной жидкости их уровень достигает $41,83 \pm 0,56$ и $12,50 \pm 2,07\%$ соответственно.

Моноциты у жеребят недельного возраста составляют $5,67 \pm 0,58\%$ от всех клеток синовиальной жидкости, а к 6 месяцам их количество снижается до $2,70 \pm 0,67\%$, но к 2 годам число их снова увеличивается и составляет $6,17 \pm 0,75\%$.

На долю синовиоцитов приходится в разные периоды от $1,33 \pm 0,58$ до $1,17 \pm 0,75\%$ от общего числа клеток [8].

Изменение количественного соотношения клеток синовиальной жидкости не является специфическим, однако оно позволяет дифференцировать воспалительный и невоспалительный процессы, а также судить о степени воспаления. О воспалительных изменениях свидетельствуют увеличение содержания нейтрофилов (50–93%) и низкое содержание лимфоцитов (0–8%). При обнаружении значительного количества лимфоцитов (свыше 28%) и низкого содержания нейтрофилов (до 10%), от 15 до 55% гистиоцитов можно предположить иммунный характер заболевания. Количество лимфоцитов повышается и при токсико-аллергических, вирусных, туберкулезных поражениях синовиальной оболочки [27]. Кроме того, характерными для ревматоидного артрита являются клетки-рогоциты. Это микро- и макрофаги с зернистыми включениями в цитоплазме и содержащие ревматоидный фактор и иммуноглобулины. Эти клетки напоминают ягоды винограда, особенно в нативной неокрашенной жидкости. Количество их при ревматоидных артритах составляет 40%, при других – 1-9%, в ин-

тактном суставе рогоциты отсутствуют [7].

Суставной хрящ. Суставной хрящ является третьим компонентом синовиальной среды, одним из главных структурных компонентов, определяющих биомеханические потенции любого сочленения. Он имеет свои особенности, обусловленные закономерностями становления в системе скелетных образований организма и особой ролью в функционировании суставов [10, 18, 22, 23]. Суставной хрящ является гиалиновым и выполняет ряд функций: уменьшает силы контактного давления при физиологических нагрузках на сочленяющиеся кости, защищает их от износа и уменьшает трение в суставе [7, 18].

В суставном хряще на уровне световой микроскопии описывают однородный стекловидный межклеточный матрикс и погруженные в него клетки – хондроциты.

Одна из главных черт функциональной морфологии суставного хряща – это полярность. Об этом свидетельствует, во-первых, промежуточное, барьерное положение хряща между костью и синовиальной жидкостью, во-вторых – противоположное положение двух обращенных друг к другу хрящевых пластов на сочленовных поверхностях костей и существенные различия в их строении.

В литературе широко освещен вопрос о зональной дифференцировке суставного хряща. В толще суставного хряща многие авторы [10, 22, 24, 29] различают три основные зоны: поверхностную – собственно суставную, среднюю – зону пролиферации и глубокую – зону гипертрофии и кальцификации.

Самым наружным слоем является бесклеточная пластинка (*lamina splendens*), в которой выявляются многочисленные коллагеновые волокна и отсутствуют протеогликаны [18, 7]. Она функционирует как основа для формирования протекторной пленки синовии. Матрикс поверхностной зоны состоит из тесно прилегающих друг к другу пучков коллагеновых волокон, которые ориентированы тангенциально (по касательной), что

обеспечивает равномерное распределение внешнего давления по поверхности хрящевого покрытия.

Матрикс промежуточной (основной) зоны образован разнонаправленными коллагеновыми волокнами, которые обеспечивают рассеивание, смягчение силы давления, а клетки при этом защищены каркасом околклеточных корзин. Образования из коллагеновых волокон напоминают корзиночки, окружающие клетки, обеспечивают им механическую защиту при сдавливании хряща.

Переходным слоем между хрящом и костью является базальная (глубокая) зона. Она представлена радиальной зоной и зоной кальцификации. Матрикс базальной зоны состоит из радиальных пучков коллагеновых волокон, непосредственно связанных с подлежащей костью, со стороны которой в зону проникают кровеносные капилляры. В глубокой зоне хрящевые клетки расположены в виде небольших изогенных групп, всегда ориентированных вертикальными колонками и являющихся по существу нижними участками изогенных групп средней зоны [29]. Кроме того, колонки хондроцитов в этой зоне сосредоточены между мощными радиальными пучками межтерриториального матрикса, функция которых связана с процессами кальцификации [6]. Такая архитектура обеспечивает прочность ткани на растяжение [7].

Основной источник питания в зрелом суставном хряще – синовиальная жидкость. Обмен ткани замедлен – в 10 раз меньше, чем в других видах соединительной ткани [7]. Большая механическая нагрузка на хрящ несовместима с васкуляризацией (сосудистым обеспечением). Обмен в таком хряще осуществляется благодаря перемещению воды между компонентами матрикса. Она содержит все необходимые хрящам метаболиты. Поэтому в них резко замедлены как анаболические, так и катаболические процессы.

Структурно ткань делится на три компонента: клетки, основное вещество и волокнистый каркас. Отличительной чертой зрелого суставного хряща является

низкое соотношение клеток и основного вещества. У крупного рогатого скота, например, оно составляет в среднем 1 : 250 [7]. Средняя плотность хондроцитов у взрослых животных постоянна для определенного сустава и колеблется от 14 тыс. до 190 тыс. на 1 мм³. В головке бедра зрелых кроликов, по данным А. М. Зайдман [7], она равна 43-48 тыс. на 1 мм³. Хондроциты распределены в ткани неравномерно, но закономерно. Основная их масса (71%) расположена в наружных отделах.

При количественной оценке параметров суставного хряща наружного мышелка бедра собак на органном, тканевом и клеточном уровнях структурной организации исследователи Т. А. Ступина и М. М. Щудло [24] выявили, что толщина хряща составляет 475,5±1,3 мкм. Численная плотность хондроцитов (NA – число структур в единице площади среза, с размерностью мкм⁻²), характеризующая численный состав хондроцитов поверхностной зоны – 8,20±0,99, промежуточной зоны – 4,40±0,64, глубокой зоны – 5,70±0,75. Объемная плотность хондроцитов, характеризующая степень дифференцировки клеток по зонам хряща, составляет 6,1% в поверхностной зоне, 8,75 – в промежуточной и 12,26% – в глубокой зоне.

По данным Н. А. Слесаренко, Е. О. Широковой [23], изучавших структурно-функциональные особенности коленного сустава у представителей семейства псовых, поверхностная зона толщиной 150±11,3 мкм характеризуется преобладанием аморфного вещества и наличием единичных тонких пучков коллагеновых волокон. Самой мощной (359±12,5 мкм) является средняя зона, которая характеризуется мозаичной структурой – регионы хряща с толстыми пучками коллагеновых волокон, ориентированные под углом друг к другу, чередуются с регионами хряща с тонкими пучками волокон, которые обогащены основным веществом. Глубокая зона хряща массивна по толщине (341±10,5 мкм) и характеризуется неупорядоченным расположением мощных пуч-

ков коллагеновых волокон.

Основное вещество (межклеточный матрикс) суставного хряща синтезируется клетками. Основные компоненты межклеточного хрящевого матрикса – коллаген II типа, агрекан, гиалуроновая кислота и вода. Кроме них в матриксе находятся малые протеогликаны, коллагены VI, IX, XI типов, связывающий белок, другие неколлагеновые белки (фибронектин, анкорин, хрящевой олигомерный белок, хондроадгерин), разнообразные ростовые факторы. Эндоскелет хрящевого матрикса образован фибриллярной сетью, которая состоит из коллагенов II, IX и XI типов и придает хрящу прочность.

Закключение. Синовиальная полость любого сустава является уникальным местом в организме, определяющим функциональное состояние сустава. Таким образом, проведенные исследования позволили прийти к следующим **выводам**:

1. Синовиальная оболочка, суставной хрящ и синовиальная жидкость, взаимосвязанные между собой и функционирующие совместно, обозначены В. Н. Павловой [18] как синовиальная среда сустава.

2. Синовиальная оболочка суставов является производным специфической дифференцировки мезенхимы, продуцирует и секретирует гиалуроновую кислоту и ферменты, участвует в системе иммунологической защиты. Волокнистые компоненты обеспечивают прочность и эластичность синовиальной оболочки, возможность смещения ее и растяжения при локомоциях.

3. Синовиальная жидкость содержит клетки и экстрацеллюлярную жидкую субстанцию, которая по своим биохимическим и физическим показателям имеет сходство с плазмой крови, но отличается от нее меньшим содержанием белков и присутствием гиалуроновой кислоты. Вышеперечисленные характеристики синовиальной жидкости определяют ее основные функции: локомоторную, метаболическую, трофическую и барьерную.

4. Суставной хрящ – одна из разновидностей гиалиновых хрящей скелета. Морфологические слагаемые гиалиново-

го хряща – хондроциты и матрикс. Хондроциты продуцируют и секретируют коллаген, ретикулин, эластин, гликопротеины. Матрикс обеспечивает упруго-вязкие свойства, прочность, эластичность в условиях больших механических нагрузок при локомоциях.

Это подтверждает единство происхождения и функционирования компонентов сустава, таких как синовиальная оболочка, синовиальная жидкость и суставной хрящ.

Библиографический список

1. Базарный В. В. Синовиальная жидкость. Клинико-диагностическое значение лабораторного анализа. – Екатеринбург, 1999. – 62 с.
2. Белова С. В. Функционально-метаболические особенности гиалуроната натрия в организме млекопитающих // Успехи физиологических наук. – 2011. – № 4. – С. 89-96.
3. Березкин А. Г. О количестве белка и его фракций в синовии некоторых копытных // Вестник зоологии. – 1971. – № 2. – С. 12-17.
4. Березкин А. Г. Синовиальная жидкость суставов конечностей млекопитающих. – Киев: Наук. думка, 1987. – 164 с.
5. Вагапова В. Ш. Части внутренней оболочки суставов // Морфология. – 2000. – № 3. – С. 29.
6. Жаров А. В., Илиеш В. Д. Патоморфологические и гистохимические изменения суставов у молочных коров при патологии обмена веществ // Актуальные проблемы ветеринарной хирургии: Мат-лы междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 80-летию со дня рождения д-ра вет. наук, проф. Авророва Владимира Николаевича / Воронеж. гос. аграр. ун-т им. К.Д. Глинки. – Воронеж, 1997. – С. 18-19.
7. Зайдман А. М. Структура, функция и метаболизм хрящевой и костной тканей животных: лекция. – Новосибирск: НСХИ, 1990. – 64 с.
8. Замазий А. А., Передера Р. В. Изменение клеточного состава и некоторых ферментов в синовиальной жидкости у лошадей с возрастом // Коневодство и конный спорт. – 2002. – № 3. – С. 25-26.
9. Издепский А. В. Возрастная динамика некоторых биохимических показателей крови и синовиальной жидкости у лошадей // Вет. медицина. – 2010. – № 93. – С. 182-185.
10. Изменение структуры суставного хряща и течения вторичного остеоартроза у собак на фоне лечения препаратом Хионат / С. А. Ягников, Я. А. Кулешова, М. М. Захарова [и др.] // С.-х. биология. – 2005. – № 6. – С. 92-95.
11. Кабак С. Л., Фещенко С. П., Аниськова Е. П. Костно-суставная система: морфологические и биохимические аспекты формирования. – Минск: Наука и техника, 1990. – 181 с.
12. Лузин В. Н. Материалы к синовиоцитограмме коленных суставов человека и животных в норме и при некоторых патологических состояниях: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Ярославль, 1969. – 20 с.
13. Малофеев Ю. М., Чебаков С. Н., Майдорова Л. В. Характеристика суставов грудной конечности у маралов // Вестник Алтайского ГАУ. – 2009. – № 6. – С. 50-53.
14. Манзий С. Ф., Ковтун М. Ф. Зоологический аспект учения об уровнях построения движений позвоночных // Вестник зоологии. – 1973. – № 5. – С. 3-10.
15. Надеин К. А. Цитологический состав синовиальной жидкости при нарушении кровоснабжения синовиальных сумок у коров с хроническим воспалением // Естественные науки. – 2011. – № 4. – С. 110-114.
16. Нетяга С. В., Дубровин Г. М., Нетяга А. А. Роль цитологического исследования синовиальной жидкости в диагностике дегенеративно-дистрофических изменений суставов // Человек и его здоровье. – 2005. – № 1. – С. 45-49.
17. Нурбулатова Л. Г., Вагапова В. Ш. Строение стенок синовиальных сумок коленного сустава // Медицинский вестник Башкортостана. – 2010. – № 3. – С. 104-107.
18. Павлова В. Н. Синовиальная среда суставов. – М.: Медицина, 1980. – 268 с.
19. Пинчук Л. С., Чернякова Ю. М., Ермаков С. Ф. Трибофизика синовиальной жидкости. – Минск: Беларус. наука, 2010. – 382 с.
20. Распутина О. В., Митрофанов П. М. Морфологические особенности синовиальной среды суставов у телят // Вестник НГАУ. – 2012. – № 3. – С. 80-86.
21. Синяченко О. В. Современные аспекты анализа синовиальной жидкости // Украинский ревматологический журнал. – 2008. – № 2. – С. 30-39.
22. Слесаренко Н. А. Метаболические свойства суставного хряща // Ортопедия,

травматология и протезирование. – 1994. – № 4. – С. 90.

23. Слесаренко Н. А., Широкова Е. О. Сравнительная структурная организация парапателлярной хрящевой ткани у представителей семейства псовых // Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные. – 2014. – № 6. – С. 6-8.

24. Ступина Т. А., Щудло М. М. Способ количественной оценки состояния суставного хряща на разных уровнях структурной организации // Гений ортопедии. – 2009. – № 1. – С. 55-57.

25. Сустав: Морфология, клиника, диагностика, лечение / В. Н. Павлова, Г. Г. Павлов, Н. А. Шостак [и др.]. – М.: Мед. информ. агентство, 2011. – 552 с.

26. Химическая модификация гиалуроновой кислоты и ее применение в медицине / Н. Н. Сигаева, С. В. Колесов, П. В. Назаров [и др.] // Вестник Башкирского университета. – 2012. – № 3. – С. 1220-1242.

27. Ходюкова А. Б., Батуревич Л. В. Лабораторное исследование синовиальной жидкости // Медицинские новости. – 2012. – № 4. – С. 24-28.

28. Чернякова Ю. М., Пинчук Л. С. Синовиальный сустав как умный узел трения // Трение и износ. – 2007. – Т. 28. – № 4. – С. 410-417.

29. Шилько С. В., Ермаков С. Ф. Роль жидкой фазы и пористой структуры хряща в формировании биомеханических свойств суставов. Ч. 1 // Российский журнал биомеханики. – 2008. – № 2. – С. 31-39.

30. The secreted glycoprotein lubricin protects cartilage surfaces and inhibits synovial cell overgrowth / D. K. Rhee, J. Marcelino, M. Baker [et al.] // The Journal Clinical Investigation. – 2005. – Vol. 115 (3) – P. 622-631.

31. Schmidt T. A., Plaas A. H., Sandy J. D. Disulfide-bonded multimers of proteoglycan 4 PRG4 are present in normal synovial fluids // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects. – 2009. – Vol. 1790, Issue 5. – P. 375-384.

32. The molecular structure and lubricating activity of lubricin isolated from bovine and human synovial fluids / D. A. Swann, F. H. Silver, H. S. Slayter [et al.] // Biochem J. – 1985. – Vol. 225 (1) — P. 195-201.

33. The role of lubricin in the mechanical behavior of synovial fluid / G. D. Jay, J. R. Torres, M. L. Warman [et al.] // Proceedings of the National Academy Sciences of the U S A. – 2007. – Vol. 104 (15) – P. 6194-6199.

1. Bazarnyi V. V. Synovial fluid. Clinic and diagnostic value of the laboratory analysis. *Ekaterinburg*. 1999. 62 p. [In Russian]

2. Belova S. V. Functional and metabolic features of sodium hyaluronate in mammals. *Uspeh fiziologicheskikh nauk*. 2011. No 4. pp. 89-96 [In Russian]

3. Berezkin A. G. On the amount of protein and its fractions in the synovia of some ungulates. *Vestnik zoologii*. 1971. No 2. pp. 12-17 [In Russian]

4. Berezkin A. G. Synovial fluid of the joints of the mammal's limbs. *Kiev. Naukova dumka*. 1987. 164 p.

5. Vagapova V. Sh. Parts of the inner shell of the joints. *Morphologiya*. 2000. No 3. pp. 29. [In Russian]

6. Zharov A. B., Iliash V. D. Pathological and histochemical changes of the joints in dairy cows with metabolic pathology. Proc. of Int. Sci. Methodical Conf. "Actual problems of veterinary surgery". Voronezh. 1997. pp. 18-19 [In Russian]

7. Zaidman A. M. Structure, function and metabolism of cartilaginous and bone tissues of animals. Novosibirsk. NSHI. 1990. 64 p. [In Russian]

8. Zamazij A. A., Peredera R. V. Changing the cellular composition and some enzymes in the synovial fluid in horses with age. *Konevodstvo i konnyi sport*. 2002. No 3. pp. 25-26 [In Russian]

9. Izdepskiy A. V., *Veterinarna medicina*. 2010. No 93. pp. 182-185

10. Jagnikov S. A., Kuleshova Ja. A., Zaharova M. M., Rodenska-Lopovok S. G. Changes in the structure of articular cartilage and the course of secondary osteoarthritis in dogs during treatment with Hyonat. *Selskohozyaistvennaya biologiya*. 2005. No 6. pp. 92-95 [In Russian]

11. Kabak S. L., Feshhenko S. P., Aniskova E. P., Bone and articulate system: morphological and biochemical aspects of formation. Minsk. *Nauka i tehnika*. 1990. 181 p.

12. Luzin V.N. Materials to a sinoviotsitogramma of knee joints of the person and animals it is normal also at some pathological states. Yaroslavl. 1969. 20 p. [In Russian]

13. Malofeev Yu. M., Chebakov S. N., Maidorova L. V. Characteristics of the marals thoracic limb joints. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2009. No. 6. pp. 50-53 [In Russian]

14. Manzij S. F., Kovtun M. F. Zoological aspect of the theory of the construction of vertebrate movements. *Vestnik zoologii*. 1973. No 5. pp. 3-10 [In Russian]
15. Nadein K. A. The cytological composition of the synovial bags in cows with the chronic inflammation. *Estestvennye nauki*. 2011. No 4. pp. 110-114 [In Russian]
16. Netyaga S. V., Dubrovin G. M., Netjaga A. A. The role of cytological examination of synovial fluid in the diagnosis of degenerative and dystrophic changes of the joints. *Kurskij nauchno-prakticheskij vestnik "Cheloveki ego zdorove"*. 2005. No 1. pp. 45-49 [In Russian]
17. Nurbulatova L. G., Vagapova V. Sh. Knee - joint synovial bursa, its wall morphology. *Medicinskij vestnik Bashkortostana*. 2010. No 3. pp. 104-107 [In Russian]
18. Pavlova V. N. The synovial medium of the joints. Moscow. *Medicina*. 1980. 268 p. [In Russian]
19. Pinchuk L. S., Chernyakova Yu. M., Ermakov S. F. Tribofizika of synovial fluid. Minsk. *Belarusskaya nauka*. 2010. 382 p. [In Russian]
20. Rasputina O. V., Mitrofanov P. M., Морфологические особенности синовиальной среды суставов у телят. *Vestnik NGAU*. 2012. No 3. pp. 80-86 [In Russian]
21. Sinjachenko O. V. Modern aspects of the analysis of synovial fluid. *Ukrainskij revmatologicheskij zhurnal*. 2008. No 2. pp. 30-39 (In Russ.)
22. Slesarenko N. A. Metabolic properties of articular cartilage. *Ortopedija, travmatologiya i protezirovaniye*. 1994. No 4. pp. 90. [In Russian]
23. Slesarenko N. A., Shirokova E. O. Comparative structural organization of parapatellar cartilage in representatives of the canine family. *Rossiiskij veterinarnyj zhurnal. Melkie domashnie i dikiye zhivotnye*. 2014. No 6. pp. 6-8 [In Russian]
24. Stupina T. A., Shchudlo M. M. Method of quantitative assessment of the state of articular cartilage at different levels of structural organization *Genij ortopedii*. 2009. No 1. pp. 55-57 [In Russian]
25. Pavlova V. N., Pavlov G. G., Shostak N. A. Joint: Morphology, clinic, diagnostics, treatment. Moscow. *Medicinskoe informacionnoe agentstvo*. 2011. 552 p. [In Russian]
26. Sigaeva N. N., Kolesov S. V., Nazarov P. V., Vildanova R. R. Chemical modification of hyaluronic acid and its application in medicine. *Vestnik Bashkirskogo universiteta*. 2012. No 3. pp. 1220-1242 [In Russian]
27. Hodyukova A. B., Baturevich L. V. Laboratory testing of synovial fluid. *Medicinskie novosti*. 2012. No 4. pp. 24-28 [In Russian]
28. Chernyakova Yu. M., Pinchuk L. S. The synovial joint as a smart friction knot. *Treniye i iznos*. 2007. No 4. pp. 410-417 [In Russian]
29. Shilko S. V., Ermakov S. F. The role of the liquid phase and the porous structure of cartilage in the formation of the biomechanical properties of the joints. *Rossiiskij zhurnal biomehaniki*. 2008. No 2. pp. 31-39 [In Russian]
30. Rhee D. K., Marcelino J., Baker M., Gong Y., Smits P., Lefebvre V., Jay G. D., Stewart M., Wang H., Warman M. L., Carpten J. D. The secreted glycoprotein lubricin protects cartilage surfaces and inhibits synovial cell overgrowth. *The Journal Clinical Investigation*. 2005. Vol. 115 (3). pp. 622-631.
31. Schmidt T. A., Plaas A. H., Sandy J. D. Disulfide-bonded multimers of proteoglycan 4 PRG4 are present in normal synovial fluids. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*. 2009. Vol. 1790. Issue 5. pp. 375-384.
32. Swann D. A., Silver F. H., Slayter H. S., Stafford W., Shore E. The molecular structure and lubricating activity of lubricin isolated from bovine and human synovial fluids. *Biochem J*. 1985. Vol. 225 (1). pp. 195-201.
33. Jay G. D., Torres J. R., Warman M. L., Laderer M. C., Breuer K. S. The role of lubricin in the mechanical behavior of synovial fluid. *Proceedings of the National Academy Sciences of the USA*. 2007. Vol 104(15) Pp. 6194-6199