Заключение. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что исследуемый препарат при однократном введении в указанной дозе оказывает влияние на защитные системы организма животного. Иммунофан вызывает повышение количества эритроцитов, уровня гемоглобина, а также активирует фагоцитарное звено иммунитета. Такие изменения можно охарактеризовать как благоприятные, что немаловажно для указанного физиологического состояния животных. Кроме того, эти свойства препарат проявляет уже в малой дозе и при однократном введении, что существенно снижает степень риска нежелательных эффектов.

Библиографический список

1. Волкова, С. В. Иммунологическая реактивность организма коров и их потомства / С. В. Волкова, С. Р. Мелешкина, С. Н. Семёнов // Фундаментальные исследования. — 2004. — № 3. — С. 126—127.

2. Иммунофан — регуляторный пептид в терапии инфекционных и неинфекционных болезней / Под ред. В. И. Покровского. — М., 1998. — С. 119.

3. Караулов, А. В. Иммунофан: непосредственные и отдаленные результаты лечения больных хроническим бронхитом / А. В. Караулов, С. И. Сокуренко // Медикал Маркет. — 2000. — № 34. — С. 21—24.

4. Караулов, А. В. Молекулярно-биологическое обоснование применения иммунофана в клинической практике // Лечащий врач. —2000. — № 4. — С. 46—47.

5. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 1999. — Т. 127, приложение № 2. — С. 4—56.

6. Назаренко, Г. И. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований / Г. И. Назаренко, А. А. Кишкун. — М. : Медицина, 2006. — 544 с.

ШИТИКОВ Виталий Вячеславович, аспирант кафедры диагностики, внутренних незаразных болезней и фармакологии.
Адрес для переписки: e-mail: pred66@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 06.07.2011 г.

© В. В. Шитиков

УДК 619:612.75:636.1

Е. А. ЗУБАРЕВА

Институт ветеринарной медицины Омского государственного аграрного университета

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СУСТАВОВ У ЛОШАДЕЙ В УСЛОВИЯХ ТРЕНИНГА И ИСПЫТАНИЙ

В данной статье рассмотрена методика определения функционального состояния суставов у лошадей с помощью устройства для одновременной регистрации суставных звуков и угла сгибания и разгибания сустава конечности в производственных условиях тренинга и испытаний. Приведены некоторые методики анализа суставных звуков в зависимости от фаз цикла шага. Дано краткое объяснение результатов исследования с точки зрения анатомии и физиологии с целью использования данного устройства для профилактики и диагностики заболеваний опорно-двигательного аппарата у животных.

Ключевые слова: артрофонография, электрогониометрия, запястный сустав, лошадь, тренинг.

При тренинге и испытаниях лошадей особое значение имеет определение функционального состояния отдельных систем организма лошади с целью оценки влияния тренинга на их функционирование, по результатам которой необходимо корректировать и планировать физические нагрузки индивидуально для каждой лошади. Это, несомненно, поможет сохранить здоровье лошади и повысить её работоспособность и тренированность.

Настоящая статья посвящена методике определения и анализу функционального состояния суставов лошади, а именно запястных, с помощью одновременного применения методов гониометрии и артрофонографии в производственных условиях при тренинге и испытаниях лошадей.

Известные методики для исследования опорно-двигательного аппарата у лошадей применимы только в специализированном ветеринарном заведении, ветеринарными специалистами и чаще всего с применением дорогостоящих оборудования и материалов.

Предлагаемое нами оборудование и методика одновременной регистрации суставных звуков (артрофонография) и показателей угла сгибания и разгибания сустава (гониометрия) позволяет определить этиологию возникновения суставных звуков в зави-

симости от взаимоположения суставных анатомических элементов при известных углах сгибания и разгибания сустава, от фазы и длительности шага

В настоящее время описание совокупного применения данных методов с целью исследования и диагностики функционального состояния суставного и сухожильно-связочного аппарата у животных в литературе нами не обнаружено.

Поэтому целью данного исследования является разработка устройства для одновременной регистрации суставных звуков и угла сгибания и разгибания сустава для примения его в условиях производства (непосредственно при тренинге и испытаниях лошадей) во время движения лошади различным аллюром или при активных или пассивных сгибаниях и разгибаниях сустава на месте и последующим анализом полученных данных. Применение отдельно методов артрофонографии и гониометриии не даёт информативных и объективных данных о состоянии сустава при его работе.

Артрофонография (АФГ) или электросонография является методом регистрации и анализа шумов и тонов различных частот (щелканье, крепитация и другие шумы), возникающие при работе сустава во время его сгибания и разгибания. Используется с целью определения состояния вязко-эластичной защиты сустава, величины внутрисуставного трения и нарушений скольжения сочленяющихся суставных поверхностей [1]. Благодаря неоспоримым преимуществам, АФГ широко используется в стоматологической и травматологической практике в гуманитарной медицине [1, 2].

Преимуществами данного метода по сравнению с другими методами исследования сустава являются: простота (процедура записи шумов может проводиться в течение 10–15 с или более продолжительное время, например, при физической нагрузке или упражнении), неинвазивность (не требуется введения каких-либо лекарственных препаратов, рентгенологического облучения, магнитно-резонансного воздействия и т.д.) и объективность (полученные данные имеют объективную характеристику по определённым параметрам и записываются в цифровом выражении и в виде графиков [1]. Кроме того анализ частоты звука (вибрации) позволяет проводить более детальную диагностику состояния суставных тканей.

Метод гониометрии (ГМ) применяется как в гуманитарной, так и в ветеринарной медицине для оценки объёмов движений в суставе. Регистрирумые и отображаемые на экране монитора сигналы с электрогониометра (используемый в данном эксперименте) называются электрогониограммами (ЭГГ). По ЭГГ рассчитывается длительность и частота шага, амплитуда, характеризующая степень сгибания сустава [3, 4].

Гониометрия позволяет анализировать биомеханику движений в норме и при патологиях. Например, увеличение или уменьшение отдельных участков гониограммы характеризует вид хромоты (опорная, висячая или смешанная) [5].

Применение только метода АФГ или ГМ недостаточно для точной оценки функционального состояния и дифференциальной диагностики заболеваний суставного аппарата. Сопоставление АФГ и ЭГГ помогает идентифицировать и дифференцировать суставные звуки.

Получаемые данные АФГ и ЭГГ обрабатываются компьютерной программой и записываются в виде графических изображений и цифровых значений. Сохранение данных в электронном виде дает возможность анализировать их, хранить неограниченное время и использовать для оценки функционального состояния суставов при определённом режиме тренинга лошади или для оценки динамики восстановления суставов в процессе их лечения и реабилитации.

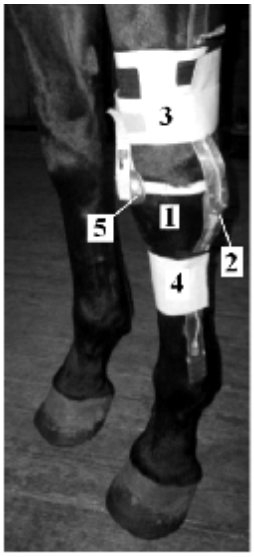


Рис. 1. Внешний вид устройства для исследования сустава лошади: 1 — запястный сустав; 2 — электрогониометр; 3 — верхняя эластичная манжета; 4 — нижняя эластичная манжета; 5 — акустический датчик

Разработанное и используемое нами устройство (рег. № 2011119301 заявки на полезную модель «Устройство для исследования сустава конечности», дата поступления 13.05.2011) состоит из электрогониометра с верхней и нижней эластичными манжетами для фиксации на конечности выше и ниже исследуемого сустава, акустического датчика, присоединённого к верхней манжете и дополнительно фиксируемый эластичной манжетой вокруг сустава (рис. 1). Разъёмы двух датчиков подсоединяются через интерфейсный блок и аналого-цифровой преобразователь к ноутбуку.

Исследования проводились на шести конкурных лошадях ганноверской породы без видимых признаков хромоты и явно выраженных заболеваний запястных суставов и хромоты, в возрасте 4–10 лет, массой тела 400–450 кг, содержащиеся и тренируемые в Омском областном детско-юношеском конно-спортивном центре и КСК «Co-De-Star» племзавода «Омский».

Регистрация суставных шумов проводилась на четырёх поверхностях левого и правого запястных суставов: дорсально, пальмарно, латерально и медиально. На рис. 2 показаны боковая и поперечная проекции акустического датчика на анатомические структуры запястного сустава при регистрации АФГ.

При регистрации АФГ возможно появление артефактов, например, при проводке животного по деревянному полу конюшни регистрируются звуки стука копыт, также возможна запись шума трения мембраны акустического датчика о волосяной покров сустава. Описанные артефакты различимы на АФГ, так как имеют частоту, намного превышающую частоту вибраций сустава (звук стука копыта — более 100 Гц, шум–трение акустического датчика о волосяной покров — 840–850 Гц, вибрации сустава — менее 100 Гц). Звуки голоса, музыки и т. д. на АФГ не отображаются благодаря конструкции самого датчика.

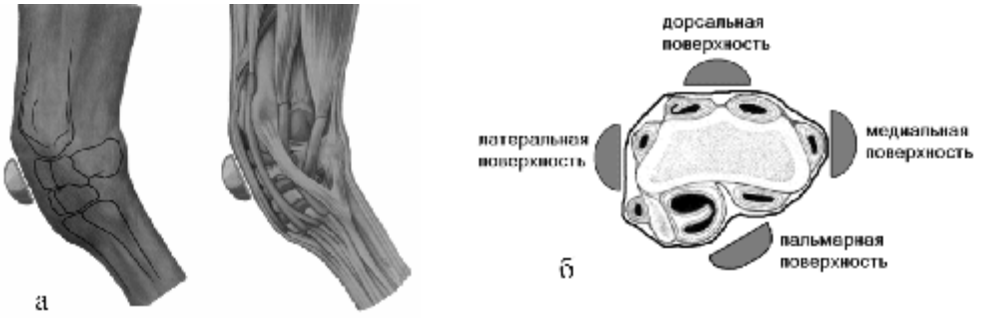


Рис. 2. Места наложения и проекции акустического датчика на анатомические структуры области запястного сустава: а — вид сбоку; б — поперечный разрез на уровне проксимального суставного пространства

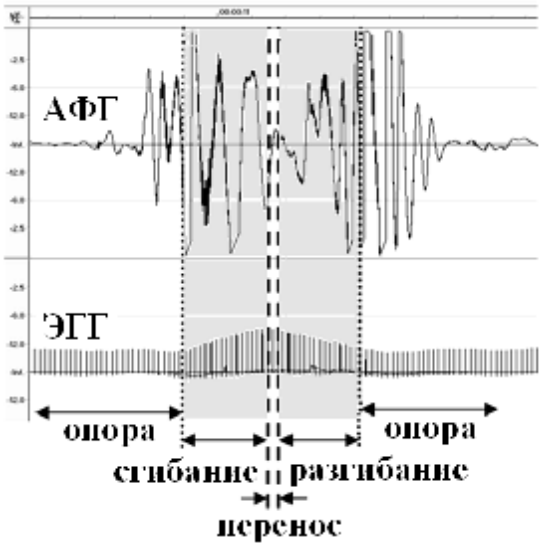
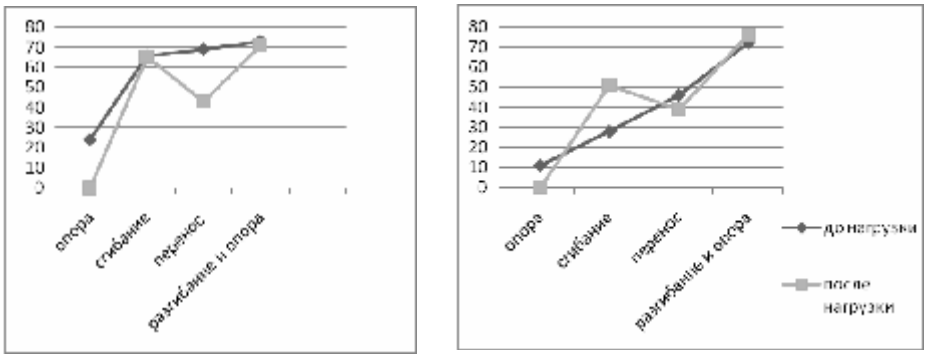


Рис. 3. Соответствие отдельных фаз полного цикла шага на ЭГГ отрезкам АФГ



а **б**

Рис. 4. Динамика общих частотных характеристик левого (а) и правого (б) запястных суставов за полный цикл шага до и после нагрузки

АФГ и ЭГГ одновременно регистрировались и обрабатывались с помощью программы «Sound Forge».

Съём АФГ и ЭГГ проводился в конюшне до физической нагрузки и через 5 мин после неё. Животное проводилось свободным равномерным шагом по ровной поверхности в течение 10—15 с в одном направлении.

В процессе анализа полученных данных сперва по ЭГГ определялся полный цикл шага левой или правой конечности, данный цикл делился на фазы: опора, сгибание, перенос, разгибание и опора. Затем выделялись отрезки ЭГГ отдельных фаз шага и сопоставлялись с соответствующими участкам на АФГ. На рис. 3 показаны отрезки ЭГГ и АФГ по фазам полного цикла шага одной конечности (левой или правой).

В каждом отдельном отрезке расчитывалась частота (количество колебаний в секунду). По результатам расчётов составлены частотные характеристики для каждой отдельной области (фазы) на определённой поверхности сустава (табл. 1, 2) и построены графики (рис. 4) изменений частоты левого и правого запястного сустава в последовательности смены фаз при полном цикле шага до и после нагрузки. В данной статье приведён развёрнутый анализ АФГ и ЭГГ одной из шести лошадей, так как ограниченный объём статьи не позволяет привести табличное и гра-

Таблица 1

Частотная характеристика (Гц) левого (лев.) и правого (прав.) запястного сустава до нагрузки (вероятность попадания в интервал — 0,9)

Суставная поверхность	Фазы полного цикла шага левой и правой конечности								Общая частота суставной поверхности	
	опора		сгибание		перенос		разгибание и опора			
	Запястный сустав									
	лев.	прав.	лев.	прав.	лев.	прав.	лев.	прав.	лев.	прав.
латеральная	0	0	15,9±4,1	22±2,0	12,5±0,2	18,3±2,8	19,8±2,5	17,7±1,5	48,2±4,1	58±2,8
медиальная	13,8±5,0	0	21,8±6,5	18,9±3,3	26,7±4,5	17,7±2,5	23,2±3,2	19,3±3,2	85,5±6,5	55,9±3.3
дорсальная	10,4±0,5	0	11,2±1,0	11,9±1,9	10	10	15,3±4,2	15,6±5,4	46,9±4,2	37,5±5,4
плантарная	0	11,2±1,5	17±2,0	15,7±2,0	0	0	15,1±1,3	18,9±2,9	32,1±2,0	45,8±2,9
Общая частота при полном цикле шага	24,2±5,0	11,2±1,5	65,9±6,5	27,6±3,3	68,8±4,5	46±2,8	73,4±4,2	71,5±5,4		

Таблица 2

Частотная характеристика (Гц) левого (лев.) и правого (прав.) запястного сустава после нагрузки (вероятность попадания в интервал — 0,9)

Суставная поверхность	Фазы полного цикла шага левой и правой конечностей								Общая частота суставной поверхности	
	опора		сгибание		перенос		разгибание и опора			
	Запястный сустав									
	лев.	прав.	лев.	прав.	лев.	прав.	лев.	прав.	лев.	прав.
латеральная	0	0	27,5±3,0	14,7±1,5	12,8±2,0	14,3±4,3	21,8±1,8	15,2±4,3	62,1±3,0	44,2±4,3
медиальная	0	0	15,1±4,9	14,1±3,2	10	15	17,3±3,4	23,8±3,1	42,4±4,9	52,9±3,2
дорсальная	0	0	11,7±1,3	10,2±2,1	20	10	15,5±2,0	17,9±1,9	47,2±2,0	38,1±2,1
плантарная	0	0	10,7±5,0	11,6±3,1	0	0	16,2±5,0	19,3±3,3	26,9±5,0	30,9±3,3
Общая частота при полном цикле шага	0	0	65±5,0	50,6±3,2	42,8±2,0	39,3±4,3	70,8±5,0	76,2±4,3		

фическое описание функционального состояния запястных суставов всех лошадей.

Для объяснения результатов проведённых исследований следует иметь в виду, что локомоторная функция сустава обеспечивается за счет гиалуронатов, скольжения соприкасающихся частей суставов, а также компрессионно-декомпрессионного эффекта [6]. Считают, что при локомоторной нагрузке из глубинных слоев хряща через поры и пространства между коллагеновыми фибриллами выдавливается, как из мокрой губки, богатая протеогликанами жидкость, которая способствует повышению концентрации гиалуроната над поверхностью хряща. Таким образом, возникает защитная пленка, толщина которой связана с величиной нагрузки. При ее уменьшении жидкость входит обратно в глубь хрящевой пластинки. В патологических условиях этот механизм (коллоидно-гидродинамическая система) нарушается, что способствует быстрой деструкции хряща [7].

Кроме того, достаточный обмен между капиллярами синовиальной оболочки и полостью сустава зависит от плотности и густоты капиллярной сети и кровяного потока. Хорошее кровоснабжение отдельных тканей сустава является ответной реакцией на тренинг или патологию [6].

В результате приведённого анализа АФГ и ЭГГ одной из лошадей выявлено уменьшение частоты в левом запястном суставе после нагрузки. В правом наблюдается увеличение частоты после нагрузки при сгибании. В целом за весь цикл шага до и после нагрузки резких изменений частотных характеристик не наблюдается, что можно объяснить возможными хроническими заболеваниями запястных суставов, вследствие значительного уменьшения кровяного потока в синовиальную оболочку, в результате увеличения фиброзных разрастаний в суставной капсуле, уменьшающих густоту капиллярной сети и эластичность суставной капсулы. Уменьшение эластичности суставной капсулы увеличивает внутрисуставное давление и внутрисуставную экссудацию. Описанные процессы характерны при хронических суставных патологиях, часто встречающиеся у спортивных лошадей [8].

Подобный алгоритм анализа АФГ И ЭГГ был проведён с каждой из шести лошадей, по результатам которых можно сделать следующие выводы:

— самая первая фаза полного цикла шага характеризуется самой низкой частотой (близкой к 0 Гц) и почти полным отсутствием видимых на АФГ колебаний, так как в эту фазу происходит облегчение ноги

и вынос её на сгибание. Действие силы тяжести на сустав минимально;

— в фазу сгибания частота ниже по сравнению с фазой разгибания, так как при нормальном движении сустава местное кровообращение увеличивается пропорционально давлению в суставной полости. Так при полном натяжении сустава при его максимальном сгибании происходит включение насосного механизма, увеличивающего кровяное давление. Суставные звуки уменьшаются. Капиллярный кровяной поток выше при разгибании в плантарной полости, а при сгибании — в дорсальной полости. Вследствие чего наблюдается уменьшение частоты на плантарной поверхности сустава при разгибании конечности и на дорсальной поверхности сустава — при сгибании [8].

— самая короткая фаза — это фаза переноса ноги, а именно смена фазы сгибания на разгибание конечности, которая характеризуется падением частоты на 15—20 Гц и амплитуды АФГ;

— у всех опытных лошадей замечено увеличение суставного шума в фазу разгибания и следующую за ней фазу опоры, вследствие более высокой нагрузки на сустав в фазу опоры — наблюдается суммация суставных звуков фазы разгибания и опоры;

— после физической нагрузки наблюдается уменьшение или увеличение частоты АФГ на 2—5 Гц (в норме — уменьшение частоты после оптимальной физической нагрузки, так как физическая нагрузка увеличивает циркуляцию жидкостей в суставе). Повышение сердечного выброса при нагрузке способствует увеличению кровяного потока в суставы. Напротив, значительное уменьшение кровяного потока в синовиальной оболочке происходит при увеличении внутрисуставного давления, например, при внутрисуставном ацидозе [8].

— наиболее выраженные изменения в частотных характеристиках (преобладание более высоких частот) наблюдаются в латеральной и медиальной поверхностях сустава. Чаще всего (у пяти лошадей из шести в данном эксперименте) на латеральной поверхности левого сустава;

— частота левого запястного сустава отличается от правого — наблюдается асимметрия вибраций трущихся поверхностей анатомических структур сустава;

— каждый шаг имеет свою частоту в пределах средних значений.

Следует иметь в виду, что увеличение частоты шума связано со структурными дегенеративными изменениями артикулирующих поверхностей. Чем выше частота, тем тяжелее стадия заболевания сустава [1, 2].

В заключение следует отметить, что объективная оценка функционального состояния суставов возможна только при одновременном использовании методов АФГ и ЭГГ, с целью дифференциации и идентификации суставных звуков в зависимости от положения сустава в пространстве для чёткого понимания этиологии происхождения звуков в суставе и, соответственно, точного определения функционального состояния суставов и дифференциальной диагностики.

Разработанное устройство и простая методика исследования сустава конечности позволит применять её тренерами в условиях производства при тренинге и испытаниях лошадей. Так как регулярное исследование суставного и сухожильно-связочного аппарата позволяет вовремя распознать первые признаки патологии суставов и предупредить развитие заболевания уменьшением нагрузки или применением профилактических лечебных средств, что необходимо для сохранения здоровья лошадей и повышения их работоспособности.

Библиографический список

1. Ударцев, Е. Ю. Дифференцированный патогенетический подход к выбору средств реабилитации больных с посттравматическим остеоартрозом коленного и голеностопного суставов / Е. Ю. Ударцев, А. В. Чанцев, Е. А. Распопова // Травматология и ортопедия России. — 2009. — № 3 (53). — С. 20—27.

2. Deng, M. Electrosonographic characteristics of sounds from temporomandibular joint disc replacement / M. Deng, X. Long, H. Dong, Y. Chen, X. Li // J. Oral Maxillofac. Surg. Int. — 2006. — № 35. — P. 456—460.

3. Смирнов, Ю. И. Спортивная метрология / Ю. И. Смирнов, М. М. Полевщиков. — М. : Академия, 2002. — 232 с.

4. Taylor, B. M. Action of certain joints in the legs of the horse recorded electrogoniometrically / B. M. Taylor, C. M. Tipton, M. Adrian, P. V. Karpovich // Am. J. Vet. Res. — 1966. — № 27. P. 85—89.

5. Adrian, M. Electrogoniometric analysis of equine metacarpophalangeal joint lameness / M. Adrian, B. Grant, M. Ratzlaff, J. Ray, C. Boulton // Am. J. Vet. Res. — 1977. — № 38. — P. 431.

6. Анатомия и физиология сельскохозяйственных животных / Г. И. Азимов [и др.]. — М. : Колос, 1978. — 415 с.

7. Данилов, И. М. Остеохондроз для профессионального пациента / И. М. Данилов. — К. : Лотос, 2010. — 426 с.

8. Kennet, W. H. Equine Exercise Physiology. The Science of Exercise in the Athletic Horse / W. H. Kennet, J. G. Raymond, J. K. Andris. — Saunders Elsevier, 2008. — 463 p.

ЗУБАРЕВА Екатерина Александровна, аспирантка кафедры кормления, физиологии сельскохозяйственных животных и общей биологии.
Адрес для переписки: e-mail: katzubareva@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 22.06.2011 г.

© Е. А. Зубарева