

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ БИОСТАТИКИ ГРУДНЫХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЛОШАДИ ВО ВРЕМЯ ОТДЫХА

В. И. Клыков, С. Ф. Манзий, В. Ф. Мороз

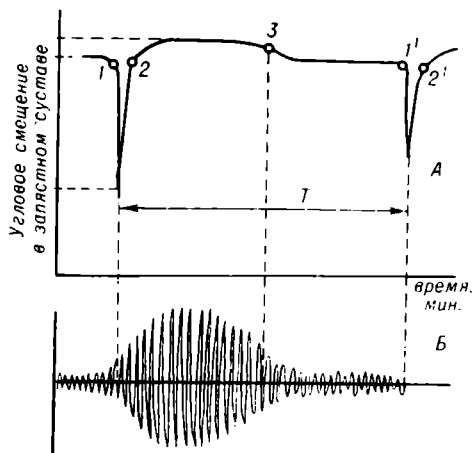
(Институт зоологии АН УССР)

Описывая механизмы, обеспечивающие биостатику животных, авторы обычно рассматривают ее как продолжительное стояние на выпрямленных конечностях и считают, что при этом утомляются только мускулы. Однако исследования, проводимые в лаборатории бионики отдела эволюционной морфологии Института зоологии АН УССР, и особенно изучение процессов деформации различных тканей под действием статических нагрузок, показывают, что деформируются все компоненты конечностей — связки, фасции, сухожилия, суставные хрящи и даже кости. Величина деформации зависит от физических свойств тканей, из которых построены компоненты конечности, и продолжительности воздействия нагрузки. В тканях, испытывающих действие статических нагрузок, нарушаются нормальные условия гемодинамики и обменные процессы, что воспринимается проприоцепторами и передается в ЦНС как усталость. В силу этого, если бы даже мускулы совсем не участвовали в биостатике, она была бы утомительной для других тканей конечностей и животное должно было бы время от времени менять позу, перенося нагрузку с одних органов (или их участков) на другие.

Для экспериментального подтверждения этого заключения, сделанного на основании изучения механических характеристик тканей конечностей, их кровоснабжения и иннервации, было проведено исследование грудных конечностей трех клинически здоровых рабочих лошадей хозяйства «Феофания» АН УССР. Эксперимент проводили в привычных для лошадей условиях (ночью в конюшне при соблюдении привычных для них условий отдыха: слабое освещение и тишина). Продолжительность каждого эксперимента 8 час. Эксперименты повторяли несколько раз. Предварительно животных

приучили не обращать внимания на датчики углов, укрепленные в области запястья. Сигналы от датчиков по проводам отводились в смежное помещение и там регистрировались с помощью самописца типа Н-700. Кроме того, за животными незаметно вели визуальное наблюдение, регистрировали угловые смещения в запястных суставах. В лаборатории эти данные дополняли исследованием электрической активности (ЭМГ) мышц, действующих на запястный сустав: лучевого разгибателя запястья, локтевого разгибателя запястья и глубокого сгибателя пальцев.

Прежде всего отметим, что результаты экспериментов на всех трех лошадях весьма сходные. Они показали, что во время отдыха лошади в стоячем положении функция передних конечностей имеет циклический характер. На рисунке (А) мы видим, что цикл изменения механограммы запястного сустава включает в себя различные по характеру участки: 1—2, 2—3, 3—1'. Участок 1—2 соответствует моменту полного освобождения



Цикл изменения механограммы запястного сустава лошади (А) и интегральная электромиограмма мышц, действующих на этот сустав (Б). Объяснение в тексте.

конечности от опоры, сгибанию и разгибанию ее в суставе на угол  $\phi$ . Величина  $\phi$  варьирует от минимальной до предельной для данного сустава. Участок 2—3 — это фаза постепенной загрузки конечности весом тела, при этом угол  $\phi$  увеличивается на  $\Delta\phi = 6-8^\circ$ . Продолжительность фазы от нескольких секунд до 8 мин. Далее следует

участок 3—1', соответствующий фазе постепенной разгрузки конечности от опоры. Продолжительность ее равна продолжительности предыдущей фазы. В точке 1' цикл заканчивается, затем начинается новый. По структуре он может отличаться от изображенного на рисунке (А) тем, что количество фаз постепенной загрузки и разгрузки может быть больше: от 2 до 5. Длительность циклов Т варьирует в пределах 1—27 мин.

Интегральная электромиограмма мышц, действующих на запястный сустав (рисунков, Б), четко показывает, что высокая электрическая активность этих мышц (кроме лучевого разгибателя запястья) проявляется только в фазе постепенной загрузки конечности весом тела. Во время других фаз указанные мышцы находятся в расслабленном состоянии, следовательно, запястный сустав сгибается как бы автоматически одновременно с локтевым суставом силой сокращения двуглавой и плечевой мышц.

**Обсуждение результатов.** Одной из главных причин постепенности фаз нагрузки (2—3) и разгрузки (3—1') во времени является то, что связки, хрящи, сухожилия, кость под действием силы ведут себя как упруго-вязкие материалы (Frissen, Magi, Sonnerap, Vildik, 1969; Клыков, Манзий, 1972). Что же касается участка 1—2 частичной или полной флексии в суставах, то мы считаем, что в момент полного освобождения конечности от опоры происходит смазка тех мест суставной поверхности, которые во время стояния животного соприкасались, и восстанавливается нормальная гемодинамика в компонентах конечности, обеспечивающих биостатику.

**Заключение.** Биостатика грудных конечностей во время отдыха лошади представляет собой чередование периодов нагрузки и разгрузки конечности без отрыва от опоры и периодов поочередной разминки конечностей, представляющих собой сгибательно-разгибательное движение (прокачка) всех суставов. Подобный характер биостатики предотвращает значительную деформацию связок, хрящей, сухожилий и костей, восстанавливает в них нормальные условия гемодинамики и обменных процессов. Кроме того, животное, отдыхая, не теряет способности в любой момент перейти от биостатики к бегу.

Биоэлектрическая активность мышц, действующих на запястный сустав, проявляется только в фазе постепенной нагрузки конечности тяжестью тела. В остальное время запястный сустав смещается наложенной на него и локтевой сустав связью.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Клыков В. И., Манзий С. Ф. 1972. К методике исследования упруго-вязких свойств костной ткани. Вестн. зоол., № 6.  
Frissen M., Magi M., Sonnerap L. and Vildik A. 1969. Rheological analysis of soft collagenous tissue. I. Biomechanics, v. 2, N 1.

Поступила 17.V 1973 г.

### AN EXPERIMENTAL STUDY OF THORACIC LIMB BIOSTATICS IN A HORSE AT REST

V. I. Klykov, S. F. Manzy, V. F. Moroz

(Institute of Zoology, Academy of Sciences, Ukrainian SSR)

#### *S u m m a r y*

A new in principle idea of the essence of the horse rest in a standing position is arisen from the study of 3 clinically sound draught-horses by the methods of mechano- and electromyography. It is shown that each 1—27 min. thoracic limbs cease to be a support and make flexing-extending movements in joints in turn. The authors consider that such character of the thoracic limb function in a horse at rest prevents a considerable deformation of the burdened tissues and ensures their normal hemodynamics.