

ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Х. Ф. КУШНЕР

ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ КРОВИ РАБОЧИХ ЛОШАДЕЙ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ И ОТДЫХА *

(Представлено академиком Н. И. Вавиловым 4 I 1939)

Физиологические процессы, происходящие в организме при физической работе, утомлении и отдыхе, привлекают к себе внимание ученых разных специальностей. Как известно, стойкость мышцы против утомления обуславливается способностью обслуживающей ее крови к окислению токсических продуктов, создаваемых работающей мышцей. Поэтому наряду с исследованием биохимических процессов, протекающих в изолированной работающей мышце, большой интерес представляет исследование тех изменений, которые происходят во время работы в одной из важнейших тканей организма—в крови. В отношении некоторых общих закономерностей в изменении во время работы картины красной крови и ее кислотно-щелочного равновесия имеется довольно большая литература. Ряд работ, проведенных на человеке, сельскохозяйственных и лабораторных животных (4, 5, 7, 9, 15, 16, 17, 18, 26, 27), убедительно показывает, что при легкой и умеренной работе происходит закономерное увеличение содержания гемоглобина и числа эритроцитов за счет поступления последних из кровяного депо—селезенки. С другой стороны, есть указания (8, 11, 12, 14, 20, 22, 24), что при весьма напряженной работе до изнурения содержание гемоглобина и число эритроцитов начинает падать ниже нормы и что активная реакция крови довольно значительно сдвигается в кислую сторону.

В настоящей работе мы ставили своей целью—помимо выявления общего характера сдвигов в показателях крови тяжеловозов при разных физических нагрузках—проследить, имеются ли какие-либо различия в изменениях в составе крови у лошадей, оцененных при испытании как лучшие и худшие.

В исследование было включено 13 жеребцов 1936 г. рождения: 7 брабансонов и 6 арденов. Лошади прибыли из конзаводов № 64, 98 и 23 на Московский ипподром в августе 1938 г. До середины ноября 1938 г. они находились на тренировке к испытаниям, состоявшимся 10 и 11 ноября. Испытания проходили 2 дня. В первый день лошади испытывались на скорость доставки груза (для арденов 2 000 кг и брабансонов—2 250 кг) на дистанцию в 10 км и после 45-минутного отдыха—на скорость в пробеге рысью

* Тренировкой лошадей и их испытанием руководил старший специалист Всесоюзного института коневодства С. Г. Бениамсон; в проведении анализов крови и обработке материала принимали участие О. Н. Китаева и Х. Б. Альперович.

5 км (без груза). Во второй день при испытании на максимальную грузоподъемность лошади предварительно проходили 1 км с грузом в 4 000 кг для арденов и 4 500 кг для брабансонов. Испытания производились на Московском ипподроме на песчано-гравийной дорожке в сырую погоду. Кровь бралась всегда из яремной вены в следующие сроки: 1) 13 сентября 1938 г. — через 2—3 недели после прибытия лошадей на ипподром; 2) в первый день испытаний: а) в состоянии покоя до испытаний, б) через 2—3 минуты после доставки груза на 10 км шагом, в) через 2—3 минуты после пробега 5 км рысью и г) через 45-минутный отдых; 3) во второй день испытаний: а) через 2—3 минуты после остановки при испытании на максимальную грузоподъемность и б) через 45-минутный отдых. Анализы крови производились на содержание гемоглобина (по Сали), на число эритроцитов (в камерах Тома-Цейсса) и щелочность крови — по методу Неводова; диаметр эритроцитов определялся по сухим неокрашенным мазкам при измерении с каждого мазка 100 эритроцитов.

Одним из замечательных свойств крови является стабильность ее активной реакции. Эта стабильность, как известно, обусловлена наличием в крови ряда буферных систем, используемых для нейтрализации кислот при их чрезмерном накоплении. В значительной своей части буферная емкость крови определяется свойствами гемоглобина. Оксигемоглобин как кислота более крепкая, чем гемоглобин, при переходе в последний освобождает некоторое количество щелочи, которая используется на связывание углекислоты, находящейся даже в умеренных концентрациях (5—6 мм ртутного столба). В случае же, когда давление CO_2 в крови достигает 15 мм (при напряженных работах), гемоглобин может связывать CO_2 непосредственно без перехода в оксигемоглобин. Этими свойствами гемоглобина в основном и определяется способность организма сохранять кислотно-щелочное равновесие. По данным Ван-Сляйка, 75—80% общей буферной емкости цельной крови обусловлены именно гемоглобином, а все остальные буферные системы (бикарбонаты, фосфаты и протеины плазмы) составляют только 20—25% общей кислотной емкости крови.

В отношении изменений за время работы буферных систем плазмы крови, без учета буферной емкости гемоглобина, имеется довольно обширная литература (^{8, 11, 12, 20, 22, 24}), которая говорит об определенном снижении при напряженной работе содержания этих буферов. На лошадях весьма обширные исследования были проведены А. С. Солуном (⁶). Им на рысаках Московского ипподрома показано, что после бега они снижали резервную щелочность плазмы с 57.46 до 24.52 см³ CO_2 . Аналогичны были сдвиги и при напряженных физических нагрузках у рабочих лошадей. В отличие от этих исследований мы определяли общую щелочность цельной крови, устанавливая ее кислотную емкость титрационным способом по методу Неводова, включая таким образом в учет и буферные свойства гемоглобина.

Результаты наших анализов в сводном виде представлены в табл. 1 и на фигуре.

Первое, что обращает на себя внимание, это значительное увеличение в обеих породных группах числа эритроцитов и их величины, а также щелочности крови за время с первого анализа в сентябре ко времени испытаний. Мы склонны объяснить эти факты благотворным влиянием двухмесячного тренинга. Нам думается, что физиологическое значение тренинга сводится именно к тому, что в организме создаются условия, при которых окислительные процессы в мышцах происходят более интенсивно. За это в частности говорят данные Davis и Brewer (¹⁰), которые в результате продолжительной тренировки собак наблюдали у них значительное увеличение общего количества крови и числа эритроцитов в 1 мм³. Имеются указания на то, что тренировка увеличивает и резервную щелоч-

Таблица 1

Картина крови лошадей в состоянии покоя и сдвиги по отдельным ее компонентам за время работы и отдыха

	Брабансоны				Арденны			
	Гемоглобин в % Сали	Число эритроцитов в млн.	Щелочность в мг %	Диаметр эритроцитов в μ	Гемоглобин в % Сали	Число эритроцитов в млн.	Щелочность в мг %	Диаметр эритроцитов в μ
В состоянии покоя (13 IX 1938г.)	65.6	8.53	448	5.35	66.6	8.50	490	5.36
В состоянии покоя в первый день испытаний (10 XI 1938 г.)	65.2	9.04	554	5.43	67.0	9.03	566	5.47
Изменения в % по отношению к исходным показателям первого дня испытаний:								
а) после перевозки 2—2.25 т на 10 км шагом	18.1	7.2	4.7	—1	15.6	14.1	5.1	0
б) после рыси на 5 км без груза	21.1	11.1	2.6	—1.5	25.1	26.7	1.5	—0.4
в) через 45-минутный отдых	5.2	—7.2	—3.4	—1.2	2.8	—7.9	—14.5	—1.5
г) после испытания на максимальную грузоподъемность	33.5	24.6	—11.5	0	27	28.5	—22.3	—0.8
д) через 45-минутный отдых	—2	—5.4	—17.9	0.2	—5.8	—4.8	—33.2	—1.5

ность крови (21.25). Наконец данные Thörner⁽²⁵⁾ об увеличении в результате тренинга резистентности эритроцитов и наши данные из табл. 1 об увеличении их диаметра говорят о том, что возраст эритроцитов в этих случаях стал моложе, т. е. что тренинг усиливает процессы кроветворения.

Далее табл. 1 позволяет нам выявить характерные различия в изменениях показателей крови при разных нагрузках. При перевозке груза на 10 км шагом нарастание числа эритроцитов и содержания гемоглобина было сравнительно меньшим, чем при пробеге без груза 5 км рысью. Значительно большее увеличение этих обоих показателей крови имело место при испытании на максимальную грузоподъемность. За время 45-минутного отдыха оба показателя резко снижаются, оставаясь после испытания на максимальную грузоподъемность даже несколько ниже исходной нормы. Что касается общей кислотной емкости крови, то работа шагом и рысью мало изменила ее показатели, однако после 45-минутного отдыха они стали ниже нормы. Испытание на максимальную грузоподъемность вызвало уже значительное снижение содержания щелочи в крови, и в течение последующего 45-минутного отдыха ее показатель продолжал еще падать. Как видим, при такой напряженной нагрузке, какой является испытание на максимальную грузоподъемность, 45-минутный отдых далеко недостаточен для восстановления нормы.

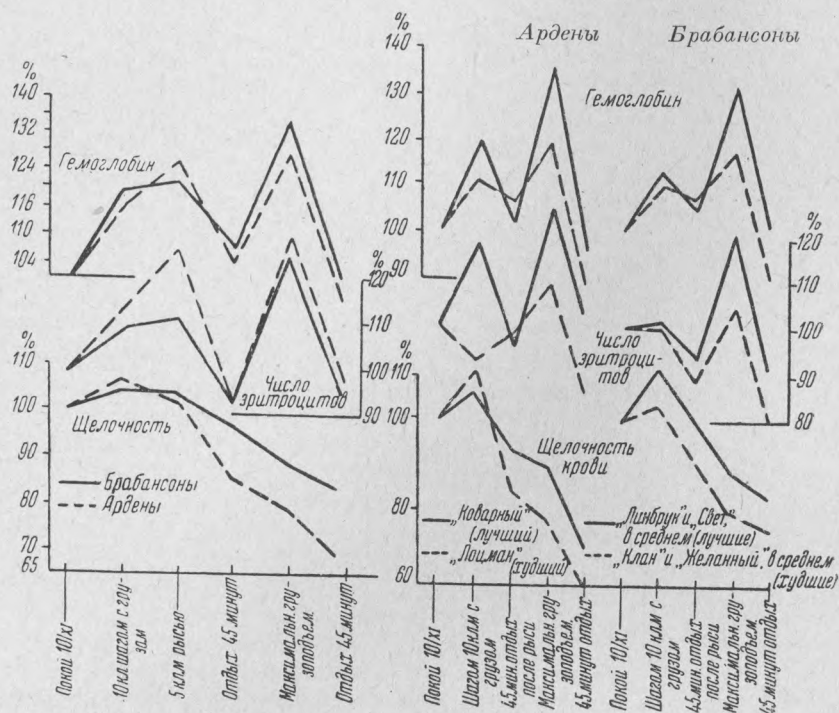
Наши данные проливают далее некоторый свет на вопрос об оснащении гемоглобином эритроцитов селезенки, выбрасываемых в кровь во время работы. Литературные указания в этом отношении противоречивы. Есть данные^(4, 16, 19, 23), позволяющие говорить, что эритроциты селезенки, попадая в кровь, в среднем снижают концентрацию гемоглобина в одном эритроците. С другой стороны, есть указания противоположного порядка^(9, 13, 26). У исследованных нами животных картина оказалась следующей: в то время как у арденов сдвиги во время работы в содержании гемоглобина и числе эритроцитов идут почти параллельно, у брабансонов нарастание по гемоглобину выше соответствующих сдвигов по числу эритроцитов, подтверждая тем самым взгляд, что концентрация гемоглобина в резервных

эритроцитах повышенная. Как видим, ответ на этот вопрос очевидно не может быть одинаковым для всех животных. Повидимому существуют определенные различия в динамике показателей крови у разных видов и даже индивидов, и эти различия создают противоположные взгляды авторов по вопросу об оснащении резервных эритроцитов.

Нам остается разобрать и сравнить картину крови лошадей, оцененных в итоге испытаний как лучшие и худшие. Если взять за основу результаты испытания на максимальную грузоподъемность, с которыми довольно

Сдвиги в показателях крови лошадей во время работы и отдыха (в %).

Сдвиги в показателях крови во время работы и отдыха у лучших и худших лошадей (в %).



близко совпадают и результаты испытаний на быстрходность, то по арденам на 1-е место вышел «Коварный» и 5-е—«Лоцман» («Линкор», занявший последнее 6-е место, выпадает из обработки, так как из-за технических задержек у него кровь была взята через 13 минут после финиша вместо полагающегося срока в 2—3 минуты). Среди брабансонов 1-е и 2-е место взяли «Линбрук» и «Свет» и худшие 5-е и 6-е места «Клан» и «Желанный».

В табл. 2 и на фигуре приведены различия в сдвигах в показателях крови у этих лошадей.

Как видим, различия в сдвигах крови у лучших и худших лошадей довольно значительны. Увеличение при напряженной работе числа эритроцитов и гемоглобина у лучших лошадей было значительно более высоким, чем у худших. С другой стороны, за время отдыха у первых быстрее проходило восстановление показателей крови до нормы. В отношении щелочности крови характерным является значительно меньшая потеря ее у лошадей, занявших на испытаниях первые места. Обращает на себя внимание еще одно обстоятельство. Лошади «Марьяжный» (брабансон) и «Лазутчик» (арден), хотя и имели при напряженных нагрузках весьма значительные сдвиги в показателях крови, заняли однако лишь средние места. Нам

Таблица 2
Изменения в составе крови за время работы и отдыха у лучших и худших лошадей в %. (За исходные 100% приняты показатели лошадей в состоянии покоя в первый день испытаний.)

Показатели	Брабансоны				Арденны			
	Перевозка груза шагом	45-минутный отдых	Максимальная грузоподъемность	45-минутный отдых	Перевозка груза шагом	45-минутный отдых	Максимальная грузоподъемность	45-минутный отдых
Гемоглобин:								
Лошади лучшие	14	6.4	34.2	0.5	20.0	1.1	37	-3.6
» худшие	11.2	7.8	19.2	-8.1	12.5	6.5	20	-10.3
Число эритроцитов:								
Лошади лучшие	1.5	-6.5	21.5	-8.8	18.5	-5	26.5	2
» худшие	0.95	-11.1	5.7	-19.6	-7	-2.3	10	-14
Щелочность:								
Лошади лучшие	11	0	-11.1	-16.7	6.6	-6.5	-10	-26.5
» худшие	3.3	-8.3	-19.9	-23.3	10.5	-14.5	-21.5	-36.5

думается, что это объясняется их низкими исходными показателями крови. По числу эритроцитов, содержанию гемоглобина и щелочности крови эти лошади при исследовании их в покое перед началом испытаний стояли на последних местах. Ясно, что при таком исходном анемичном состоянии этим лошадям было трудно соперничать с другими, несмотря на их способность к относительно высоким сдвигам в составе крови во время напряженных нагрузок.

Институт генетики.
Академия Наук СССР.
Москва.

Поступило
5 I 1939.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Лантош и др., Кл. медицина, 11 (1933). ² А. Неводов, Лабораторная практика, 3 (1930). ³ Н. Озерский и М. Малышев, Практ. ветеринария, № 2 (1934). ⁴ Л. Пирогов и др., Внутренние качества лошадей (1929); ⁵ Н. Преображенский и Н. Шпайер, Тр. моск. зооветинститута, II (1935). ⁶ А. Солун, Научно-агрономич. журн., 6 (1929). ⁷ К. Стогов, Практ. ветеринария, 1 (1929). ⁸ J. Barcroft, The Respiratory Function of the Blood (1914). ⁹ W. Bogdanow und and., ZS. f. Züchtung, B., 31 (1934). ¹⁰ J. Davis a. N. Brewer, Am. J. Physiol., 113 (1935). ¹¹ Er. Duluge, Ber. u. d. ges. Biol. B., 105 (1938). ¹² J. Eftimesku, ZS. f. Züchtung, B., 19 (1930). ¹³ N. Germanow, ZS. f. Züchtung, 30 (1934). ¹⁴ W. Gross u. O. Kestner, ZS. f. Biol., 70 (1920). ¹⁵ P. Hawk, Amer. J. Physiol., 10 (1903—1904). ¹⁶ N. Keese, Bioch. ZS., 178 (1926). ¹⁷ Ed. Laug, Am. J. Physiol., 107 (1934). ¹⁸ L. Nice and oth., Am. J. Physiol., 108 (1934). ¹⁹ L. Nice, Amer. J. Physiol., 119 (1937). ²⁰ W. Pride and oth., Amer. J. Obstet. Gyn., 35 (1938). ²¹ Sattlegger, ZS. f. Züchtung, 23 (1931). ²² A. Scheunert und and., Pfluger's Archiv, 212 (1926), 213 (1926), 215 (1927), 216 (1927). ²³ Ed. Schneider a. C. Crampton, Amer. J. Physiol., 112 (1935). ²⁴ P. Schlutz and oth., Am. J. Physiol., 111 (1935). ²⁵ W. Thörner, Arbeitsphysiologie, 2 (1929), 5 (1932). ²⁶ O. Walters, Am. J. Physiol., 108 (1934). ²⁷ O. Walters, Fol. haematol., 56 (1937).