

УДК 577.352+616.073.178

## ОСОБЕННОСТИ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ КРОВИ ЖЕРЕБЦОВ

Довженко Н.А., Зайцев С.Ю., Максимов В.И., Зарудная Е.Н.,  
Милаёва И.В., Савина А.А., Чудаков Д.Б.

ФГБОУ ВПО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина» (ФГБОУ ВПО МГАВМчБ), Москва, e-mail: mvabiochim@mail.ru

Новым методом в диагностике болезней и оценке физиолого-биохимического статуса организма животных является определение динамического поверхностного натяжения (ПН) сыворотки крови. У лошадей разного пола, возраста и породы ПН имеет ряд особенностей. Установлено, что у жеребцов разных пород наблюдаются отличия в изменениях ПН сыворотки крови с возрастом, наиболее выраженные в возрасте 7–8 лет. Наиболее специфичным показателем породы и возраста является угол наклона начального и конечного участка тензиограммы, что может быть использовано в практике в качестве экспресс-контроля возраста и породы лошадей по пробам крови. При проведении измерений были получены высокие значения ПН при малых временах существования поверхности для некоторых групп животных, что может быть связано с особым соотношением компонентов (белки, липиды, соли и др.) в сыворотке крови.

**Ключевые слова:** сыворотка крови, динамическое поверхностное натяжение, лошади

## FEATURES OF THE SURFACE TENSION OF HORSE BLOOD

Dovzhenko N.A., Zaitsev S.Y., Maximov V.I., Zarudnaya E.N. Milaeva I.V.,  
Savina A.A., Chudakov D.B.

Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Professional Education «The Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology by K.I. Skryabin», Moscow, e-mail: mvabiochim@mail.ru

Novel method in diagnostics of illnesses and an estimation of the physiology-biochemical status of an organism is the measurement of a dynamic surface tension (DST) of serum of blood. DST has a number of features for horses of a different sex, age and breed. The stallions of different breeds have changes in different ages, that have features in 7–8 years. The most specific indicator of breed and age is the initial and final slope of the tensiogram, that can be used in practice for express-control of age and breed of horses for blood samples. The highest values of surface tension for short times the existence of the surface for some groups of animals that may be associated with a particular ratio of components (proteins, lipids, salts, etc.) in the serum.

**Keywords:** blood serum, dynamic surface tension, horses

Одна из основных задач медицины и ветеринарии – своевременное выявление и лечение патологических состояний организма, поэтому ведётся поиск новых, более совершенных методов ранней диагностики болезней. Одним из перспективных является метод определения динамического поверхностного натяжения (ПН) биологических жидкостей организма (крови, мочи и др.) [1–4]. В состав этих жидкостей входят поверхностно активные и инактивные соединения, содержание которых изменяется в процессе роста и развития организма, во время болезни, что отражается в изменении значений ПН [3].

Целью работы было изучить особенности динамического поверхностного натяжения крови жеребцов разного возраста различных пород.

### Материалы и методы исследования

Для определения видовых и породных особенностей ПН у спортивных лошадей была исследована сыворотка крови жеребцов, принадлежащих КСК «Созидатель», Московской области. Поверхностное натяжение определяли методом максимального дав-

ления в пузырьке на приборе ВРА-1Р при временах «существования» поверхности раздела фаз  $\sigma_0$  ( $t \rightarrow 0$ ),  $\sigma_1$  ( $t = 0,02$  с),  $\sigma_2$  ( $t = 1$  с), а  $\sigma_3$  (при  $t \rightarrow \infty$ , равновесное ПН), рассчитывали углы наклона кривой начального ( $\lambda_0$ ) и конечного ( $\lambda_1$ ) участков кривой [1, 4].

Для проведения исследований были сформированы группы из животных-аналогов:

1. Жеребцы тракененской породы в возрасте от 3 до 11 лет.
2. Жеребцы ахалтекинской породы в возрасте от 3 до 11 лет.
3. Жеребцы разных пород в возрасте 7–8 лет.

Кровь для исследований брали утром, натощак, из яремной вены. Животные находились в состоянии покоя.

### Результаты исследования и их обсуждение

Для всех возрастных групп жеребцов тракененской породы наблюдается плавное снижение значений ПН при увеличении времени «существования» поверхности от 72,46–74,65 до 59,68–62,92 мН/м. У животных в возрасте 5–6 лет значения ПН при малых ( $\sigma_0$  и  $\sigma_1$ ) и средних ( $\sigma_2$ ) временах увеличиваются на 3–4%, а при больших временах ( $\sigma_3$ ) – на 8% по сравнению с жереб-

цами 3–4 лет (табл. 1). В возрасте 7–8 лет при больших временах ( $\sigma_3$ ) ПН снижается на 2,3%. В возрасте 10–11 лет значения ПН при всех временах существования поверхности снижаются на 1–2%. Ещё более существенно изменяются значения углов наклона кривых. Значения углов наклона начального участка кривой ( $\lambda_0$ ) у жеребцов тракененской породы к 5–6 годам возрастают на 18%, а

к 10–11 годам снижаются на 52%. Значения углов наклона конечного участка кривой ( $\lambda_1$ ) снижаются в возрасте от 3–4 до 5–6 лет на 41%, а к 10–11 годам возрастают на 40%, но не достигают значения  $\lambda_1$  для жеребцов 3–4 лет (табл. 1). Таким образом, изменения значений  $\lambda_0$  и  $\lambda_1$  происходит антибатно и являются наиболее характеристическими параметрами для лошадей данной породы.

Таблица 1

Средние значения ПН сыворотки крови жеребцов тракененской породы

Возраст, лет	3–4	5–6	7–8	10–11
<i>n</i>	4	5	3	4
$\sigma_0$ , мН/м	72,46 ± 0,02	75,04 ± 0,14	74,65 ± 0,14	73,64 ± 0,04
$\sigma_1$ , мН/м	71,85 ± 0,14	73,87 ± 0,13	73,84 ± 0,18	72,51 ± 0,16
$\sigma_2$ , мН/м	65,56 ± 0,12	68,11 ± 0,09	67,90 ± 0,21	66,86 ± 0,03
$\sigma_3$ , мН/м	59,68 ± 0,21	64,40 ± 0,15	62,92 ± 0,23	61,91 ± 0,40
$\lambda_0$ , мН·м <sup>-1</sup> с <sup>-1/2</sup>	10,9 ± 0,3	12,9 ± 0,2	10,6 ± 0,3	6,2 ± 0,4
$\lambda_1$ , мН·м <sup>-1</sup> с <sup>1/2</sup>	5,9 ± 0,2	3,5 ± 0,2	4,7 ± 0,3	4,9 ± 0,3

При исследовании сыворотки крови жеребцов ахалтекинской породы (табл. 2) в возрасте от 3–4 до 7–8 лет отмечается увеличение значений ПН при средних ( $\sigma_2$ ) и больших ( $\sigma_3$ ) временах «существования» поверхности на 4% и снижение к 10–11 годам  $\sigma_2$  на 6,6%, а  $\sigma_3$  – на 4%. Значительные отличия для жеребцов ахалтекинской породы разных возрастных групп наблюдаются и в значениях углов наклона тензиограмм.

В возрасте от 3–4 до 5–6 лет значения угла наклона начального участка кривой ( $\lambda_0$ ) снижаются на 70%, а конечного – ( $\lambda_1$ ) на 32%. Для жеребцов от 5–6 до 7–8 лет оба угла наклона увеличиваются в среднем на 68–78%, а к 10–11 годам снижаются  $\lambda_0$  – на 14%, а  $\lambda_1$  – на 30% по сравнению с жеребцами 3–4 лет. Изменения значений  $\lambda_0$  и  $\lambda_1$  происходят симбатно и являются отрицательной чертой для лошадей данной породы.

Таблица 2

Средние значения ПН сыворотки крови жеребцов ахалтекинской породы

Возраст, лет	3–4	5–6	7–8	10–11
<i>n</i>	5	4	4	4
$\sigma_0$ , мН/м	75,58 ± 0,16	72,56 ± 0,21	77,17 ± 0,18	72,76 ± 0,03
$\sigma_1$ , мН/м	73,89 ± 0,13	71,75 ± 0,35	76,37 ± 0,67	71,47 ± 0,51
$\sigma_2$ , мН/м	67,23 ± 0,22	67,13 ± 0,41	70,00 ± 0,52	65,39 ± 0,28
$\sigma_3$ , мН/м	61,06 ± 0,26	63,18 ± 0,17	63,66 ± 0,28	60,78 ± 0,38
$\lambda_0$ , мН·м <sup>-1</sup> с <sup>-1/2</sup>	16,8 ± 0,2	5,1 ± 0,3	9,1 ± 0,3	7,8 ± 0,5
$\lambda_1$ , мН·м <sup>-1</sup> с <sup>1/2</sup>	5,6 ± 0,2	3,8 ± 0,4	6,4 ± 0,2	4,5 ± 0,2

Таким образом, у жеребцов разных пород наблюдаются отличия в изменениях ПН сыворотки крови с возрастом, наиболее выраженные в возрасте 7–8 лет. Для более детального изучения породных особенностей ПН были сформированы ещё три группы жеребцов ольденбургской, ганноверской, английской чистокровной породы. Средние значения ПН для жеребцов пяти пород в возрасте 7–8 лет представлены в табл. 3.

При всех временах существования поверхности значения ПН были на 5–7% выше у жеребцов-ахалтекинцев, а для других пород отличались незначительно, в пределах ошибки измерений. Значения углов наклона кривых имеют более существенные отличия, так  $\lambda_0$  у жеребцов тракененской породы на 70%, а у ахалтекинцев на 50% больше, чем у животных других породных групп. Минимальные значения  $\lambda_1$  (4,7 ± 0,4 мН·м

$\lambda_0^{1/2}$ ) получены у жеребцов тракененской и английской чистокровных пород, на 10% больше они у животных ганноверской и на 30% – у ольденбургской и ахалтекинской пород.

Таким образом, значения углов наклона кривых являются наиболее специфическими показателями, значительно отличающимся у жеребцов одного возраста, но разных пород.

**Таблица 3**

Средние значения ПН сыворотки крови жеребцов разных пород (возраст 7–8 лет)

Порода	Тракененская	Ольденбургская	Ганноверская	Английская чистокровная	Ахалтекинская
<i>n</i>	3	4	5	6	4
$\sigma_0$ , мН/м	74,65 ± 0,22	72,34 ± 0,21	73,59 ± 0,69	72,65 ± 0,32	77,17 ± 0,18
$\sigma_1$ , мН/м	73,84 ± 0,27	72,03 ± 0,35	72,44 ± 0,13	71,52 ± 0,34	76,37 ± 0,67
$\sigma_2$ , мН/м	67,90 ± 0,11	66,22 ± 0,21	67,83 ± 0,15	66,92 ± 0,24	70,00 ± 0,52
$\sigma_3$ , мН/м	62,92 ± 0,24	59,90 ± 0,05	62,47 ± 0,23	62,20 ± 0,24	63,66 ± 0,28
$\lambda_0$ , мН·м <sup>-1</sup> с <sup>1/2</sup>	10,6 ± 0,1	6,4 ± 0,3	5,35 ± 1,11	5,9 ± 0,2	9,1 ± 0,3
$\lambda_1$ , мН·м <sup>-1</sup> с <sup>1/2</sup>	4,7 ± 0,4	6,7 ± 0,3	5,15 ± 0,03	4,7 ± 0,4	6,4 ± 0,2

Кроме выше перечисленных особенностей ПН сыворотки крови жеребцов в процессе проведения измерений были получены высокие значения ПН при малых временах существования поверхности для некоторых групп животных. Так значения  $\sigma_0$  для жеребцов тракененской породы в возрасте 7–8 лет и ахалтекинской породы в возрасте 3–4 и 7–8 лет на 5–7% выше, чем ПН воды (72–73 мН/м), которое считается базовым. Такое повышение значений  $\sigma_0$  можно объяснить, используя системы, моделирующие сыворотку крови лошадей.

Исследуя ПН растворов альбумина в концентрациях, близких к сыворотке крови лошадей (30–80 г/л), установлено, что при времени «существования» поверхности около 0,1 с происходит повышение значения ПН на 1–2 мН/м над контролем (для дистиллированной воды), что может быть связано с влиянием нескомпенсированного электрического заряда адсорбированных молекул белка при низких степенях заполнения поверхности, когда понижение ПН вследствие адсорбции пренебрежимо мало. При добавлении хлорида натрия и лецитина к растворам белка при определенных соотношениях, близких к физиологическим нормам, повышенные значения ПН в область предельно малых времён сохраняются [1]. Такие же данные были получены ранее другими авторами, при исследовании растворов белка по методу измерения «формы капли» [5].

По-видимому, высокие значения  $\sigma_0$  для некоторых групп животных связаны с особенностями супрамолекулярной системы, состоящей из белков, липидов, солей и др. сыворотки крови.

**Заключение**

Показано, что поверхностное натяжение сыворотки крови жеребцов имеет возрастные и породные особенности. Наиболее специфичным показателем породы и возраста является угол наклона начального и конечного участка кривой. Определение этого показателя перспективно для использования в практике наряду с другими методами для экспресс-контроля физиолого-биохимического статуса жеребцов по пробам крови.

**Список литературы**

1. Зайцев С.Ю. Исследование поверхностного натяжения модельных систем и крови животных методом межфазной тензиометрии / С.Ю. Зайцев, В.И. Максимов, И.В. Милаёва, Р. Миллер // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. – 2007. – №2. – С. 44–46.
2. Зарудная Е.Н. Анализ физико-химических показателей сыворотки крови собак / Е.Н. Зарудная, В.И. Максимов, С.Ю. Зайцев, Н.А. Довженко, О.С. Белоновская // Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в физиологии, фармакологии и медицине. Т.1.: сборник статей Второй международной научно-практической конференции «Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в физиологии и медицине» (Россия, Санкт-Петербург, 26–28.10.2011). – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – С. 89–90.
3. Казаков В.Н. Межфазная тензиометрия биологических жидкостей в терапии / В.Н. Казаков, О.В. Синяченко, Г.А. Игнатенко. – Донецк: Донеччина, 2003. – С. 15–126.
4. Максимов В.И. Особенности некоторых физиологических показателей сыворотки крови лошадей в связи с полом и возрастом / В.И. Максимов, С.Ю. Зайцев, И.В. Милаёва, С.А. Козлов, Р. Миллер // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины. – Казань, 2006. – Т.185. – С. 208–213.
5. Chen P. Interfacial tensions of protein solutions using axisymmetric drop shape analysis / P. Chen, R.M. Prokop, S.S. Susnar at al. // in «Proteins at Liquid Interfaces», in «Studies in Interface Science», D. Mobius and R. Miller (Eds.). – 1998. – Vol. 7. – P. 303–339.