

Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта, А. Б. Балыкина, М. С. Голодяева, Е. К. Великодная

Возрастные особенности обмена железа у кобыл ганноверской породы

Аннотация.

Цель: изучить возрастные изменения показателей обмена железа у кобыл ганноверской породы.

Материалы и методы. Исследование проводили летом на базе конефермы Тосненского района Ленинградской области. Для исследования было выбрано 20 клинически здоровых кобыл, которых разделили на 4 возрастные группы по 5 лошадей в каждой: первая группа — 2—4 года, вторая — 5—10 лет, третья — 11—15 лет, четвертая — 16 лет и старше. Кровь отбирали в вакуумные пробирки для гематологии с КЗЭДТА. В каждой пробе определяли следующие показатели: концентрацию гемоглобина (гемоглобинцианидный метод с применением ацетонциангидрина), количество сывороточного железа (определяли с помощью набора АБРИС+), общую железосвязывающую способность сыворотки крови (ОЖСС определяли с помощью набора АБРИС+), латентную железосвязывающую способность сыворотки крови (ЛЖСС расчетная величина), количество трансферрина, коэффициент насыщения трансферрина железом (НТР расчетная величина), подсчет концентрации эритроцитов проводили с использованием счетной камеры с сеткой Горяева. Расчет достоверности проводился с использованием критерия Манна-Уитни.

Результаты. При анализе полученных данных было выявлено, что средние показатели, кроме коэффициента насыщения трансферрина, находятся в пределах референтных значений. Коэффициент насыщения трансферрина железом превышает допустимые значения в среднем на 24,06 %. Наиболее высокие значения данного показателя наблюдаются у животных возрастной группы 2—4 года (33,8 %). Также установлено достоверное повышение количества эритроцитов на 34,3 % в возрастной группе 2—4 года по сравнению с группой 5—10 лет ($p < 0,05$). Было отмечено достоверное повышение гемоглобина в группе лошадей 5—10 лет на 16,4 % ($p < 0,05$) по сравнению с группой 2—4 лет, что может быть следствием достижения организмом физиологической зрелости. Также достоверно выше на 7,9 % насыщение трансферрина железом у лошадей возрастной группы 2—4 года по сравнению со средним показателем по всем возрастам ($p < 0,05$). У лошадей возрастной группы 16 лет и старше выше средние показатели сывороточного железа, общей железосвязывающей способности сыворотки крови, латентной железосвязывающей способности сыворотки крови выше, чем в остальных группах лошадей.

Ключевые слова: обмен железа, биохимия, лошади, кобылы, возраст, ганноверы, ОЖСС, ЛЖСС, НТР, трансферрин.

Авторы:

Карпенко Л. Ю. — доктор биологических наук; e-mail: l.u.karpenko@mail.ru;

Бахта А. А. — кандидат биологических наук; e-mail: ab-2003@yandex.ru;

Балыкина А. Б. — кандидат ветеринарных наук; e-mail: andreeva-a-83@mail.ru;

Голодяева М. С. — кандидат ветеринарных наук; e-mail: www.fytbo93@mail.ru;

Великодная Е. К. — аспирант, e-mail: evilli2000@rambler.ru.

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; 196084, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5.

Введение. Одна из важнейших задач ветеринарной науки и передовой практики — совершенствование контроля состояния здоровья животных, создание оптимальных условий функционирования животноводческих комплексов. Для раннего выявления клинико-физиологических и биохимических нарушений в животном организме разработана система ветеринарного обслуживания — диспансеризация. Под диспансеризацией понимают систему

плановых диагностических, лечебно-профилактических и организационно-хозяйственных мероприятий, направленных на раннее выявление и ликвидацию заболеваний, повышение качества животноводческой продукции, предупреждение экономических потерь и создание стад здоровых животных [1; 2].

Проведение лабораторного исследования крови является составляющим звеном диспансеризации. Старение затрагивает работу всех систем в

организме, в том числе обмен железа. Железо является важным микроэлементом в организме животных и человека. Входит в состав мышечного белка миоглобина, ферментов, гемоглобина, который заполняет эритроциты и позволяет осуществлять перенос кислорода и углекислого газа. При длительной нехватке запасы железа истощаются, что может привести к анемии. С другой стороны, если железа поступает слишком много, то это может вызывать его чрезмерное накопление и поражение печени, сердца и поджелудочной железы. Количество сывороточного железа может значительно варьироваться в разные дни и даже в течение одних суток (максимально в утренние часы). Поэтому измерение уровня сывороточного железа почти всегда сочетается с другими анализами, такими как тест на общую железосвязывающую способность сыворотки (ОЖСС), латентную железосвязывающую способность сыворотки (ЛЖСС), трансферрин. Используя показатели ОЖСС и трансферрина, можно рассчитать процент насыщения трансферрина железом, который показывает, какое количество железа транспортируется кровью. Применение разных анализов, отражающих обмен железа в организме, обеспечивает более полную и достоверную информацию о железодефиците или перенасыщении организма железом, чем изолированное измерение сывороточного железа [3; 4].

С возрастом происходят изменения обмена железа. Прежде всего, снижается поступление железа, что обусловлено развитием мальабсорции в связи с заболеваниями желудочно-кишечного тракта, часто встречающимися у пациентов старших возрастных групп. Гепсидин — белок, регулирующий обмен железа, уменьшает количество циркулирующего железа. С возрастом его синтез ослабевает, с другой стороны у пожилых лошадей чаще можно встретить субклиническое

воспаление, которое стимулирует продукцию гепсидина. Также с возрастом снижается уровень гемоглобина, что обусловлено многими причинами (нарушениями стволовых кроветворных клеток, снижением концентрации эритропоэтина и чувствительности к нему эритроидных клеток, нарушениями функции почек и эндокринной системы, снижением устойчивости эритроцитов к различным воздействиям). Нередко анемия у пожилых рассматривается как часть процесса старения, однако современные исследования в гематологии доказывают, что такое состояние не относится к физиологическим [4; 5].

Существуют разные патофизиологические механизмы развития анемии. У пожилых её развитие связывают с угнетением выработки эритропоэтина — гликопротеинового гормона почек, который стимулирует кроветворение в костном мозге, а также со снижением клеточного ответа на действие этого вещества. Такому состоянию способствуют цитокины (интерлейкин-1-бета, фактор некроза опухолей, бета-интерферон), вырабатываемые в ответ на хронические воспалительные процессы. Второй типичный механизм: нарушения обмена железа и его задержка ретикулоэндотелиальными клетками, из-за чего микроэлемент не может участвовать в эритропоэзе. Вследствие этого костный мозг не способен производить повышенные количества эритроцитов для компенсации анемического синдрома. Третий механизм: укорочение продолжительности жизни эритроцитов, обусловленное активацией процессов гемофагоцитоза в макрофагах [4; 6].

В связи с вышесказанным данное исследование является актуальным, поскольку полученные данные могут быть использованы для интерпретации показателей обмена железа при диспансеризации кобыл ганноверской породы разных возрастов.

Таблица 1. Показатели обмена железа у кобыл ганноверской породы разных возрастных групп ($M \pm m$, $n=20$)

Возрастная группа	Гемоглобин, г/л	Эритроциты, $10^{12}/л$	Сывороточное железо, мкмоль/л	ОЖСС, мкмоль/л	ЛЖСС, мкмоль/л	НТР, %
2—4 года	$88,00 \pm 14,58$	$8,10 \pm 2,47^*$	$24,40 \pm 1,28$	$67,93 \pm 3,49$	$43,53 \pm 2,25$	$66,90 \pm 1,03^*$
5—10 лет	$105,20 \pm 12,07^*$	$5,32 \pm 1,40$	$24,67 \pm 1,15$	$63,58 \pm 10,65$	$38,92 \pm 10,18$	$61,10 \pm 3,85$
11—15 лет	$106,60 \pm 17,72$	$6,20 \pm 3,61$	$24,68 \pm 0,35$	$60,00 \pm 13,10$	$35,32 \pm 13,09$	$57,43 \pm 7,47$
16 лет и старше	$95,20 \pm 2,79$	$7,88 \pm 1,29$	$25,07 \pm 0,12$	$70,87 \pm 4,12$	$45,80 \pm 4,23$	$62,70 \pm 2,90$
Среднее значение по группе животных	$98,75 \pm 14,86$	$6,88 \pm 1,34$	$24,71 \pm 0,79$	$65,60 \pm 8,71$	$40,89 \pm 8,50$	$62,03 \pm 5,47$
Референтные значения	80—140	5—12	13—37	31,94—87,92	—	30—50

* — насыщение трансферрина железом достоверно относительно среднего значения по группе животных при $p < 0,05$;

* — количество эритроцитов достоверно относительно возрастной группы 5-10 лет при $p < 0,05$;

* — концентрация гемоглобина достоверна относительно возрастной группы 2-4 года при $p < 0,05$.

Цель исследований — изучить возрастные изменения показателей обмена железа у кобыл ганноверской породы.

Материалы и методы. Исследование проводили летом на базе конефермы Тосненского района Ленинградской области, специализирующейся на разведении лошадей ганноверской породы. Лошади содержатся в конюшне, получают одинаковый рацион (сено, комбикорм, трава), ежедневно гуляют на пастбище 8–9 часов. Для исследования было выбрано 20 клинически здоровых кобыл, которых разделили на 4 возрастные группы по 5 лошадей в каждой: первая группа — 2–4 года, вторая — 5–10 лет, третья — 11–15 лет, четвертая — 16 лет и старше. Кровь отбирали через 2 часа после прогулки, за час до кормления, с учетом правил асептики и антисептики в вакуумные пробирки для гематологии с КЗЭДТА. В течение часа пробы были доставлены в лабораторию при температуре 20–24°C. В каждой пробе определяли следующие показатели: концентрацию гемоглобина (гемоглобинцианидный метод с применением ацетонцианидрина), количество сывороточного железа (определяли с помощью набора АБ-РИС+), общую железосвязывающую способность сыворотки крови (ОЖСС определяли с помощью набора АБРИС+), латентную железосвязывающую способность сыворотки крови (ЛЖСС расчетная величина), количество трансферрина, коэффициент насыщения трансферрина железом (НТР расчетная величина), подсчет концентрации эритроцитов проводили с использованием счетной камеры с сеткой Горяева. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета программ в Microsoft Excel 2010, включала вычисление среднего арифметического, стандартного отклонения, расчет достоверности проводился с использованием критерия Манна-Уитни [7].

Результаты и обсуждение. Результаты исследования представлены в таблице 1.

При анализе полученных данных было выявлено, что средние показатели, кроме коэффициента насыщения трансферрина, находятся в пределах референтных значений. Коэффициент насыщения трансферрина железом превышает допустимые значения в среднем на 24,06 %. На наш взгляд причиной повышения может служить избыточное поступление железа в организм алиментарным путем, поскольку лошади содержатся на территории биогеохимической провинции с повышенным содержанием железа в почве и потребляют корма, заготовленные на ней. Однако благодаря адаптации организма остальные показатели остаются в пределах референтных значе-

ний. Наиболее высокие значения данного показателя наблюдается у животных возрастной группы 2–4 года (33,8 %), что может быть связано с хорошей работой желудочно-кишечного тракта и высокой всасываемостью железа, поступающего с кормом. Также установлено достоверное повышение количества эритроцитов на 34,3 % в возрастной группе 2–4 года по сравнению с группой 5–10 лет ($p < 0,05$). На наш взгляд данные изменения могут быть вызваны особенностями эритропоэза молодых животных. По данным Е. А. Борисова (2022) у крупного рогатого скота и лошадей в молодом возрасте количество эритроцитов очень большое. С возрастом интенсивность гемопоэза постепенно уменьшается. У молодых животных эритроциты имеют меньший размер, чем у взрослых. Мелкие эритроциты содержат меньше гемоглобина. Возрастные изменения содержания гемоглобина соответствуют изменениям количества эритроцитов [8].

Было отмечено достоверное повышение гемоглобина в группе лошадей 5–10 лет на 16,4 % ($p < 0,05$) по сравнению с группой 2–4 лет, что может быть следствием достижения организмом физиологической зрелости.

Также достоверно выше на 7,9 % насыщение трансферрина железом у лошадей возрастной группы 2–4 года по сравнению со средним показателем по всем возрастам ($p < 0,05$). По нашему мнению такой результат возможен благодаря активному синтезу белков, в том числе трансферрина, в организме молодых лошадей и значительному поступлению железа с кормом.

У лошадей возрастной группы 16 лет и старше средние показатели сывороточного железа, общей железосвязывающей способности сыворотки крови, латентной железосвязывающей способности сыворотки крови выше, чем в остальных группах лошадей. Высокий уровень обмена железа может свидетельствовать о хорошей генетике этих лошадей. По данным Луценко А. Е. и соавт. (2009) вредные последствия инбридинга обусловлены изменением морфофизиологических и биохимических особенностей организма животного, таких как ферментативная активность, способность переваривать и использовать питательные вещества корма, резистентность и др. [9; 10]. Также известно, что при скрещивании в первом поколении ярко проявляется (на фоне полноценного кормления и правильного содержания) эффект гетерозиса. Дальнейшее разведение помесей показало, что эффект гетерозиса без прилития крови теряется [11].

Закключение. Биохимические показатели крови тонко отражают состояние организма животного. Породной принадлежностью могут быть ин-

терпретированы существенные различия в уровне биохимических показателей крови, но надо учитывать и возрастной фактор. Молодняк лошадей в возрасте 2–4 лет обладает высоким уровнем белкового обмена, хорошим пищеварением и активной работой костного мозга. Это отражается в относительно высоком количестве эритроцитов в крови, а также может свидетельствовать о том, что в желудочно-кишечном тракте активно всасывается железо из корма и накапливается в организме. С возрастом доля красного костного мозга уменьшается, снижается количество эритроцитов, при этом повышение гемоглобина может быть следствием достижения физиологической зрелости. По мере старения уровень обмена железа падает, его высокие показатели у пожилых

лошадей могут говорить об их хорошей генетике.

Полученные данные могут учитываться при оценке результатов диспансеризации. Избыток железа может накапливаться в органах, приводя к нарушению их работы и возникновению заболеваний. Особенно этому подвержены печень, сердце и поджелудочная железа. Слишком много железа может привести к опасным для жизни состояниям, таким как цирроз печени, сердечная недостаточность и сахарный диабет.

Результаты диспансеризации позволяют активно влиять на технологию получения племенных лошадей, участвовать в создании биологически полноценной кормовой базы, отвечающей особенностям обмена веществ и высокой работоспособности лошадей [2; 12].

Литература

1. Карпенко Л. Ю. Сезонная динамика содержания микроэлементов в сыворотке крови высокопродуктивных коров черно-пестрой породы / Л. Ю. Карпенко, А. И. Енукашвили, А. А. Бахта // Вестник Уральской медицинской академической науки. — 2014. — № 3(49). — С. 197–198. — EDN STYOLX.
2. Малахова Н. А. Клинико-физиологические основы диспансеризации животных на животноводческих предприятиях АПК : учебно-методическое пособие / Н. А. Малахова, В. Н. Масалов, О. Г. Пискунова. — Орел : ОрелГАУ, 2013. — 136 с.
3. Клиническая биохимия в диагностике болезней лошадей / Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта, А. И. Козицына, В. В. Крюкова; Карпенко Л. Ю., Бахта А. А., Козицына А. И. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2019. — 65 с. — EDN ZEUNLV.
4. Обмен железа, железодефицитная анемия и кардиоренальный анемический синдром у больных пожилого и старческого возраста / А. Н. Богданов, С. Г. Щербак, Д. Павлович, Е. В. Ломоносова // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета. — 2017. — Т. 9. — № 4. — С. 46–52.
5. Особенности метаболизма тиреоидных гормонов у лошадей в условиях недостатка йода и селена / А. А. Стекольников, Л. Ю. Карпенко, А. Б. Андреева, А. А. Бахта // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. — 2015. — № 2(14). — С. 96–100. — EDN UKSUTR.
6. Молекулярная биология / Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта, А. И. Козицына [и др.]. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2020. — 240 с.
7. Методики клинических лабораторных исследований. Справочное пособие. Том 1. Гематологические исследования. Коагулологические исследования. Химико-микроскопические исследования. Под ред. В. В. Меньшикова. — М.: Лабора, 2008. — 448 с.
8. Борисова Е. А. Возрастные особенности системы крови / Е. А. Борисова // В мире научных открытий : Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Ульяновск, 24–25 мая 2022 года. — Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2022. — С. 466–468. — EDN RIKEAJ.
9. Карпенко Л. Ю. Динамика содержания тиреоидных гормонов в сыворотке крови лошадей в связи с обеспеченностью организма йодом и селеном / Л. Ю. Карпенко, Р. Н. Селимов, А. А. Бахта // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. — 2010. — Т. 203. — С. 118–122. — EDN SBDLRJ.
10. Разведение сельскохозяйственных животных: электронный учебно-методический комплекс / А. Е. Лущенко, Т. Г. Черногорцева, С. В. Бодрова, Н. М. Бабкова. — Красноярск: ФГОУ ВПО "Красноярский государственный аграрный университет", 2009. — 408 с.
11. Южаков А. А. Влияние наследственных и паратипических факторов на мясную продуктивность домашних северных оленей / А. А. Южаков, К. А. Лайшев [и др.] // Аграрный вестник Урала. — 2020. — № 11 (202). — С. 93–100.
12. Андреева, А. Б. Иммунный статус у жеребых кобыл / А. Б. Андреева, Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. — 2011. — Т. 47. — № 2–2. — С. 8–10. — EDN SEKNHR.

Karpenko L., Bakhta A., Balykina A., Golodiaeva M., Velikodnaya E.

Age-related features of iron metabolism in hanoverian mares

Abstract.

Purpose: to study age-related changes in iron metabolism indices in Hanoverian mares.

Materials and methods. The study was conducted in the summer at a horse farm in the Tosnensky District of the Leningrad Region. For the study, 20 clinically healthy mares were selected, which were divided into 4 age groups of 5 horses each: the first group — 2—4 years old, the second — 5—10 years old, the third — 11—15 years old, the fourth — 16 years old and older. Blood was collected into vacutainer tubes for hematology with K₃EDTA. The following parameters were determined in each sample: hemoglobin concentration (hemoglobin cyanide method using acetone cyanohydrin), serum iron content (determined using the ABRIS+ kit), total iron-binding capacity (TIBC, determined using the ABRIS+ kit), latent iron-binding capacity (LIBC, calculated value), transferrin content, transferrin saturation coefficient (TIC, calculated value), and erythrocyte concentration was counted using a counting chamber with a Goryaev grid. The reliability calculation was carried out using the Mann-Whitney criterion.

Results. When analyzing the obtained data, it was revealed that the average indicators, except for the transferrin saturation coefficient, are within the reference values. The transferrin saturation coefficient exceeds the permissible values by an average of 24,06 %. The highest values of this indicator are observed in animals aged 2—4 years (33,8 %). A reliable increase in the number of erythrocytes by 34,3 % was also established in the 2—4 years age group compared to the 5—10 years group ($p < 0,05$). A significant increase in hemoglobin was noted in the group of horses aged 5-10 years by 16,4 % ($p < 0,05$) compared to the group aged 2—4 years, which may be a consequence of the body reaching physiological maturity. The transferrin saturation coefficient was also significantly higher by 7,9 % in horses aged 2—4 years compared to the average for all ages ($p < 0,05$). Horses in the 16-year-old and older age group have higher average serum iron, total serum iron-binding capacity, and latent serum iron-binding capacity than other groups of horses.

Key words: iron metabolism, biochemistry, horses, mares, age, Hanoverians, TIBC, LIBC, TSC, transferrin.

Authors:

Karpenko L. — Dr. Habil. (Biol. Sci.); e-mail: l.u.karpenko@mail.ru;

Bakhta A. — PhD (Biol. Sci.); e-mail: ab-2003@yandex.ru;

Balykina A. — PhD (Vet. Sci.); e-mail: andreeva-a-83@mail.ru;

Golodyaeva M. — PhD (Vet. Sci.); e-mail: www.fytbo93@mail.ru;

Velikodnaya E. — e-mail: evilli2000@rambler.ru.

Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine; 196084, Russia, Saint Petersburg, Chernigovskaya St., 5.

References

1. Karpenko L. Yu. Seasonal dynamics of trace element content in the blood serum of highly productive black-and-white cows / L. Yu. Karpenko, A. I. Erukashvili, A. A. Bakhta // Bulletin of the Ural Medical Academic Science. — 2014. — No. 3 (49). — P. 197–198. — EDN STYOLX.
2. Malakhova, N. A. Clinical and physiological foundations of animal health examination at livestock enterprises of the agro-industrial complex: a teaching aid / N. A. Malakhova, V. N. Masalov, O. G. Piskunova. — Orel: OrelSAU, 2013. — 136 p.
3. Clinical biochemistry in the diagnosis of equine diseases / L. Yu. Karpenko, A. A. Bakhta, A. I. Kozitsyna, V. V. Kryukova; Karpenko L. Yu., Bakhta A. A., Kozitsyna A. I. — St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2019. — 65 p. — EDN ZEULHV.
4. Iron metabolism, iron deficiency anemia and cardiorenal anemic syndrome in elderly and senile patients / A. N. Bogdanov, S. G. Shcherbak, D. Pavlovich, E. V. Lomonosov // Bulletin of the North-West State Medical University. — 2017. — Vol. 9. — No. 4. — P. 46–52.
5. Features of thyroid hormone metabolism in horses under conditions of iodine and selenium deficiency / A. A. Stekolnikov, L. Yu. Karpenko, A. B. Andreeva, A. A. Bakhta // Russian Journal of Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology. — 2015. — No. 2 (14). — P. 96–100. — EDN UKSUTR.
6. Molecular biology / L. Yu. Karpenko, A. A. Bakhta, A. I. Kozitsyna [et al.]. — St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2020. — 240 p.

7. Methods of clinical laboratory tests. Reference manual. Volume 1. Hematological studies. Coagulological studies. Chemical and microscopic studies. Ed. by V. V. Menshikov. – M.: Labora, 2008. – 448 p.
8. Borisova E. A. Age-related features of the blood system / E. A. Borisova // In the world of scientific discoveries: Proceedings of the VI International student scientific conference, Ulyanovsk, May 24–25, 2022. – Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypina, 2022. – P. 466–468. – EDN RIKEAJ.
9. Karpenko L. Yu. Dynamics of the content of thyroid hormones in the blood serum of horses in connection with the provision of the body with iodine and selenium / L. Yu. Karpenko, R. N. Selimov, A. A. Bakhta // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman. – 2010. – Vol. 203. – P. 118–122. – EDN SBDLRJ.
10. Breeding of farm animals: an electronic educational and methodological complex / A. E. Lushchenko, T. G. Chernogortseva, S. V. Bodrova, N. M. Babkova. - Krasnoyarsk: Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Krasnoyarsk State Agrarian University", 2009. – 408 p.
11. Yuzhakov A. A. Influence of hereditary and paratypic factors on meat productivity of domestic reindeer / A. A. Yuzhakov, K. A. Laishev [et al.] // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2020. – No. 11 (202). – P. 93–100.
12. Andreeva, A. B. Immune status in pregnant mares / A. B. Andreeva, L. Yu. Karpenko, A. A. Bakhta // Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. – 2011. – V. 47. – No. 2–2. – P. 8–10. – EDN SEKNHR.