

УДК: 615.211:612.127:636.1
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.2.121

ВЛИЯНИЕ ГАЛОГЕНСОДЕРЖАЩИХ АНЕСТЕТИКОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ГАЗОВОГО СОСТАВА КРОВИ ЛОШАДЕЙ

Нечаев А.Ю. * – д.вет.н., доцент кафедры общей, частной и оперативной хирургии, **Сорока В.А.** – ассистент кафедры общей, частной и оперативной хирургии.
(ФГБОУ ВО СПбГУВМ, Россия)

*netschajew@yandex.ru

Ключевые слова: лошадь, галогенсодержащие анестетики, кровь, газовый состав.

Key words: horse, halogen-containing anesthetics, blood, gas composition.

Поступила: 27.04.2023

Принята к публикации: 10.05.2023

Опубликована онлайн: 29.06.2023



РЕФЕРАТ

Целью работы являлось определение показателей газового состава и кислотно-основного состояния (КОС) крови для оценки адекватности общей анестезии лошадей галогенсодержащими анестетиками при клинико-инструментальных исследованиях. Объектом исследования были 18 лошадей в возрасте от четырех до шести лет, которым выполнялась кастрация. В работе сравнивалась динамика показателей газового состава крови на различных этапах ингаляционной анестезии фторотаном, изофлураном и севофлураном с целью профилактики и своевременного выявления гипоксемии и гиперкапнии у лошадей. На основании комплексной оценки данных клинического обследования, лабораторных исследований газового состава артериальной крови объективно определить степень тяжести гипоксемии и гиперкапнии, что позволяло своевременно оказать животному необходимую помощь. Исследованием показателей газового состава крови установлено, что величина напряжения углекислого газа в артериальной крови (PaCO_2) при обоих видах анестезии подвержена наибольшим изменениям в период индукции и в период пробуждения. В период индукции она увеличивалась как при ингаляции фторотана, так и при применении изофлурана и севофлурана, соответственно на 41%, на 3,1% и на 3,4% по сравнению с исходными значениями. В период пробуждения величина PaCO_2 возвращалась к исходному уровню при анестезии изофлураном, при анестезии севофлураном и фторотаном оставалась выше исходных значений на 21,8% и на 42,8% соответственно. Своевременное выявление признаков гипоксемии и гиперкапнии позволили избежать развития дальнейших осложнений при общей анестезии у лошадей.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Физиологические особенности организма лошади определяют высокий риск проведения общей анестезии. Смертность у лошадей во время выполнения плановых операций под общей анестезией значительно выше, чем у мелких домашних животных и составляет 1 случай из 100. Для сравнения аналогичная смертность у собак – 1 из 1000. При этом смертность при проведении операций по экстренным показаниям, когда лошадь поступает на операционный стол в тяжелом состоянии, например, при коликах, ещё выше – 1 случай из 10. Основной причиной этого является высокий риск развития артериальной гипотензии, гипоксемии и гиперкапнии у лошадей, особенно при длительных операциях [1, 2, 3].

Для профилактики и коррекции нарушений функции дыхания и кровообращения необходимо анестезиологическое оборудование и соответствующая квалификация персонала. Актуальность своевременного выявления и устранения нарушений газового состава крови лошадей очевидна и требует мониторинга показателей функционирования жизненно важных систем во время проведения общей анестезии. В конечном итоге уделение должного внимания контролю соответствующих показателей, позволяющее своевременно предупредить угрожающие жизни осложнения будет способствовать снижению степени операционного риска и смертности при выполнении хирургических вмешательств [4, 5].

В современной ветеринарной практике получил распространение эндотрахеальный метод ингаляционной анестезии. Он признан наиболее эффективным и безопасным для анестезиологической защиты и показан при работе с пациентами с высокой степенью операционного риска [6, 7].

Адекватность и безопасность выбранного способа общей анестезии во многом определяется его влиянием на функцию дыхательной системы и пока-

затели газового состава крови. Цель проведенного исследования заключалась в определении показателей газового состава и кислотно-основного состояния (КОС) крови для объективной оценки состояния оперируемых лошадей при решении вопроса об адекватности анестезии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Объектом исследования были 18 клинически здоровых лошадей в возрасте от четырёх до шести лет массой от 200 до 350 кг. Животные были разделены на три группы, по 6 лошадей в каждой. В первой группе лошадей применялся галогенсодержащий анестетик - фторотан, во второй – изофлуран и в третьей – севофлуран. Исследования выполнялись при однотипных кастрациях, которые выполнялись в полевых условиях. Применение в работе отечественного портативного наркозного аппарата Минивап-200/S обеспечивало стабильность концентрации ингаляционного анестетика [8]. Показатели газового состава крови (PaO_2 , PaCO_2) и pH крови регистрировались портативным газоанализатором I-STAT (фирмы Abbott, Канада) на всех этапах общей анестезии (введение, поддержание, пробуждение). Уровень насыщения крови кислородом (SaO_2) определялся оксиметрическим методом. Для регистрации этого показателя применялся широко распространенный пульсоксиметр Rad-5v (фирмы MASIMO SET, США). Также проводился постоянный ЭКГ-контроль.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ / RESULTS AND DISCUSSION

Исследование динамики насыщения крови кислородом (SaO_2) во всех трех группах установило, что наиболее значительные достоверные изменения этого показателя в сторону уменьшения отмечались в период введения в анестезию. При этом в первой группе максимальное снижение на 8,9% отмечалось на 15-й минуте поддержания анестезии фторотаном и оставалось на достоверно низком уровне вплоть до периода пробуждения. На 45-й минуте пробуждения после пре-

крашения подачи фторотана и увеличения подачи кислорода величина SaO_2 стала повышаться и практически вернулась к исходному значению, что свидетельствует о необходимости дополнительной оксигенации лошади при анестезии фторотаном. Во второй и третьей группах достоверное снижение величины SaO_2 отмечалось только в период введения соответственно на 4,9% и на 4,8%, а на дальнейших этапах общей анестезии наблюдался рост этого показателя с достижением ис-

ходного уровня насыщения крови кислородом к концу периода пробуждения.

Наряду с показателем SaO_2 степень оксигенации оценивалась определением напряжения кислорода в артериальной крови (PaO_2) во время применения галогенсодержащих анестетиков путем исследования проб крови на портативном газоанализаторе I-STAT. Динамика изменения этого показателя у лошадей на различных этапах общей анестезии представлена в таблице 1.

Таблица 1
Показатели газового состава и pH крови у лошадей на различных этапах общей анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков ($M \pm m$)

Показатели газового состава и pH крови	Галогенсодержащий анестетик	Исходные данные	Этапы общей анестезии			
			Введение	Поддержание		Пробуждение
			5 мин.	15 мин.	30 мин.	45 мин.
SaO_2 , %	Фторотан	94,6 $\pm$ 1,3	86,0 $\pm$ 2,1*	85,7 $\pm$ 1,4*	90,4 $\pm$ 1,0*	93,8 $\pm$ 0,6
	Изофлуран	96,1 $\pm$ 0,8	91,4 $\pm$ 1,4*	92,3 $\pm$ 1,1	94,1 $\pm$ 1,2	94,6 $\pm$ 1,0
	Севофлуран	95,1 $\pm$ 0,9	90,6 $\pm$ 1,1*	92,8 $\pm$ 1,0	92,8 $\pm$ 0,9	93,4 $\pm$ 0,7
PaO_2 , мм рт.ст.	Фторотан	95,2 $\pm$ 2,4	74,1 $\pm$ 2,7*	78,8 $\pm$ 2,1*	84,7 $\pm$ 1,8*	92,8 $\pm$ 2,2*
	Изофлуран	94,8 $\pm$ 2,2	86,9 $\pm$ 2,1*	90,4 $\pm$ 1,8*	92,7 $\pm$ 1,2	95,4 $\pm$ 2,8
	Севофлуран	95,1 $\pm$ 2,1	87,6 $\pm$ 1,8*	90,6 $\pm$ 1,1	91,2 $\pm$ 1,8	96,0 $\pm$ 1,4
PaCO_2 , мм рт.ст.	Фторотан	45,8 $\pm$ 0,9	64,6 $\pm$ 0,7*	62,6 $\pm$ 0,6*	66,4 $\pm$ 1,1*	65,4 $\pm$ 0,2*
	Изофлуран	44,8 $\pm$ 1,1	46,2 $\pm$ 1,1	46,6 $\pm$ 1,4	46,0 $\pm$ 2,6	45,7 $\pm$ 1,8
	Севофлуран	44,5 $\pm$ 1,9*	46,0 $\pm$ 1,5	52,1 $\pm$ 2,7*	56,7 $\pm$ 2,3*	54,2 $\pm$ 2,5
pH	Фторотан	7,43 $\pm$ 0,01	7,29 $\pm$ 0,04*	7,31 $\pm$ 0,03	7,29 $\pm$ 0,05*	7,33 $\pm$ 0,03*
	Изофлуран	7,36 $\pm$ 0,02	7,41 $\pm$ 0,02	7,43 $\pm$ 0,03	7,44 $\pm$ 0,03	7,42 $\pm$ 0,04
	Севофлуран	7,37 $\pm$ 0,02	7,39 $\pm$ 0,02	7,36 $\pm$ 0,01	7,34 $\pm$ 0,01*	7,36 $\pm$ 0,01

* - разность средних величин по сравнению с предыдущими показателями статистически достоверна, $P < 0,05$

Оценивая динамику показателя напряжения кислорода в артериальной крови (PaO_2), можно говорить о более выраженном снижении его уровня на всех этапах анестезии фторотаном в первой группе исследуемых животных.

Таким образом, анализ результатов исследования насыщения артериальной крови кислородом показал, что наибольшему снижению насыщения крови кислородом (SaO_2) соответствовал наиболее низкий уровень PaO_2 . Такая зависимость была особенно выражена при ингаляционной анестезии

фторотаном. Наиболее достоверное снижение уровня оксигенации крови отмечалось в период введения и в первые 15 минут поддержания наркоза и темпы восстановления показателей к исходному уровню при использовании изофлурана и севофлурана были быстрее, чем при фторотановой анестезии, при которой в ряде случаев имела место умеренная гипоксемия. Своевременное выявление признаков умеренной гипоксемии позволило избежать дальнейшего её развития.

Показатель напряжения углекислого газа в артериальной крови (PaCO_2) опре-

делялся для комплексной оценки состояния газообмена и эффективности легочной вентиляции. Регистрация показателя PaCO_2 в ходе применения галогенсодержащих анестетиков у лошадей позволяла выявить на раннем этапе развитие гиперкапнии и произвести коррекцию выявленных нарушений функции дыхательной системы. Динамика изменений величины PaCO_2 во всех группах исследуемых животных отражена в таблице 1.

В первой группе животных показатель PaCO_2 на всём протяжении наркоза значительно отличался от исходных данных. У лошадей при анестезии фторотаном в сравнении с животными второй и третьей групп уже на 5-й минуте вводной анестезии отмечалось достоверное увеличение напряжения углекислого газа в артериальной крови до $64,6 \pm 0,7$ мм рт.ст., что на 41% выше исходного уровня. Это привело к развитию выраженной гиперкапнии у большинства животных первой группы. Во второй группе данный показатель на всём протяжении анестезии изофлураном был относительно стабилен и достоверных отличий показателя от исходного уровня выявлено не было. В третьей группе лошадей увеличение PaCO_2 было незначительным в период введения, а начиная с периода поддержания анестезии было достоверным по сравнению с исходными показателями, что свидетельствовало о развитии умеренной гиперкапнии на 30-й минуте анестезии севофлураном. В период пробуждения по прекращении подачи анестетика показатель PaCO_2 постепенно снижался и составил $54,2 \pm 2,5$ мм рт.ст., что достоверно ниже, чем при анестезии фторотаном у первой группы лошадей.

Изменения показателей газового состава крови под влиянием примененных галогенсодержащих анестетиков отражаются на КОС крови, поэтому был исследован показатель кислотно-основного состояния – pH крови, отражающий способность организма поддерживать постоянно внутреннюю среду.

Умеренная и выраженная гиперкапния, которая имела место у лошадей при

использовании фторотана и севофлурана сопровождалась повышением величины PaCO_2 . Как следствие избытка CO_2 было не только повышение PaCO_2 , но и снижение $[\text{HCO}_3^-]$, в силу того, что часть ионов бикарбоната $[\text{HCO}_3^-]$ уходит на нейтрализацию ионов водорода $[\text{H}^+]$, образовавшихся в результате диссоциации угольной кислоты. Всё это приводит к снижению концентрации метаболического компонента и увеличению дыхательного компонента. В результате отношение в уравнении Гендерсона-Гессельбаха уменьшается и показатель pH смещается в кислую сторону. Достоверное уменьшение pH крови до $7,29 \pm 0,04$, то есть смещение в кислую сторону наблюдалось у лошадей первой группы при анестезии фторотаном на этапе индукции и поддержания наркоза, что отражено в таблице 1.

У лошадей второй группы на этих этапах анестезии не было значимых сдвигов pH, а при анестезии севофлураном имела лишь тенденция к сдвигу pH крови в кислую сторону с достоверным уменьшением до $7,34 \pm 0,01$ на 30-й минуте поддержания наркоза за счет увеличения дыхательного компонента. В остальные периоды наркоза существенных сдвигов pH крови при применении галогенсодержащих анестетиков не наблюдалось. В период пробуждения величина pH крови в третьей группе возвращалась к исходному уровню быстрее, чем при анестезии фторотаном.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Результаты исследований влияния галогенсодержащих анестетиков на эффективность газообмена показали, что изменения газового состава крови более выражены при ингаляционной анестезии фторотаном. Причем наибольшие изменения отмечались в период введения и выведения из наркоза и касались величин PaO_2 и PaCO_2 . Уровень насыщения крови кислородом менялся только в период введения в анестезию. Величина оксигенации крови на остальных этапах обезболивания, несмотря на имевшие место случаи изменения SaO_2 во второй и третьей группах оставалась стабильной. Это объ-

яснялось тем, что оксигенированной артериальной крови соответствует плато кривой диссоциации гемоглобина. Достоверное изменение величины рН крови в кислую сторону у исследуемых лошадей определялось изменением дыхательного компонента и отмечалось только в период введения и поддержания при анестезии фторотаном. Проведенный сравнительный анализ газового состава и показателей КОС крови при использовании различных галогенсодержащих анестетиков позволил определить возможные механизмы нарушений легочного газообмена и пути профилактики таких нарушений при проведении общей анестезии у лошадей.

THE EFFECT OF HALOGEN-CONTAINING ANESTHETICS ON THE INDICATORS OF THE GAS COMPOSITION OF THE BLOOD OF HORSES

Nechaev A.J. * – Doctor of Veterinary Sciences, associate Professor, **Soroka V.A.** – Assistant

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine
*netschajew@yandex.ru

ABSTRACT

The aim of the work was to determine the parameters of the gas composition and acid-base state (CBS) of blood to assess the adequacy of general anesthesia of horses with halogen-containing anesthetics in clinical and instrumental studies. The object of the study was 18 horses aged four to six years, which were castrated. The paper compared the dynamics of blood gas composition indicators at various stages of inhalation anesthesia with fluorotane, isoflurane and sevoflurane in order to prevent and timely detect hypoxemia and hypercapnia in horses. Based on a comprehensive assessment of the clinical examination data, laboratory studies of the gas composition of arterial blood, objectively determine the severity of hypoxemia and hypercapnia, which made it possible to provide the necessary assistance to the animal in a timely manner. The study of blood gas composition indicators has established that the amount of carbon dioxide

tension in arterial blood (PaCO_2) with both types of anesthesia is subject to the greatest changes during induction and during awakening. During the induction period, it increased both with the inhalation of fluorotane and with the use of isoflurane and sevoflurane, respectively, by 41%, 3.1% and 3.4% compared to the initial values. During the period of awakening, the value of PaCO_2 returned to the initial level with anesthesia with isoflurane, with anesthesia with sevoflurane and fluorotane remained above the initial values by 21.8% and 42.8%, respectively. Early detection of signs of hypoxemia and hypercapnia made it possible to avoid the development of further complications during general anesthesia in horses

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Общая анестезия и эвтаназия в ветеринарии: учебное пособие / Р.Бетшарт-Вольфенсбергер, А.А.Стекольников, К.В. Племяшов, А.Ю.Нечаев. – СПб.: Проспект науки, 2017. – 376 с.
2. Стекольников, А.А. Применение препаратов для наркоза при хирургических операциях у лошадей / А.А. Стекольников, А.В. Лебедев, М.А. Нарусбаева // Ветеринария. – 1999. – № 1. – С. 37-39.
3. Полатайко, О.Р. Ветеринарная анестезия : практическое пособие / О.Р. Полатайко. – Киев : Перископ, 2009. – 408 с.
4. Павлов, О. Б. Эффективность вариантов анестезиологического обеспечения у животных в эксперименте / О. Б. Павлов, С. С. Грачев // Медицинский журнал. – 2014. – № 1 (47). – С. 96-99.
5. Физиологическое обоснование ингаляционной анестезии животных К. А. Сидорова, О. А. Драгич, Т. А. Юрина [и др.] // Научная жизнь. – 2018. – № 12. – С. 189-196.
6. Местное и общее обезболивание животных: учебное пособие / А. А. Стекольников, В. А. Лукьяновский, И. Б. Самошкин, С. В. Тимофеев. – Санкт-Петербург: Лань, 2004. – 208 с.
7. Особенности проведения общей анестезии жеребят / В.А. Сорока, А.И. Карклин, О. В. Балашова, А.Л. Смелкова // Международный вестник ветеринарии. – 2021. –

№ 1. – С.359-366.

8. Берлин, А.З. Аппарат и способ ингаляционной анестезии / А.З. Берлин, А.Ю.Нечаев, Л.Л. Николаев, Ян Папулак // Патент на изобретение 2729943 С1, 13.08.2020. Заявка № 201119254 от 20.06.2019.

REFERENCES

1. General anesthesia and euthanasia in veterinary medicine: textbook / R.Betshart-Wolfensberger, A.A.Stekolnikov, K.V. Plemmyashov, A.Yu.Nechaev. – St. Petersburg: Prospect nauki, 2017. – 376 p.
2. Stekolnikov, A.A. The use of drugs for anesthesia during surgical operations in horses / A.A. Stekolnikov, A.V. Lebedev, M.A. Narusbaeva // Veterinary medicine. – 1999. – No. 1. – P. 37-39.
3. Polatayko, O.R. Veterinary anesthesia : a practical guide / O.R. Polatayko. – Kiev : Periscope, 2009. – 408 p.
4. Pavlov, O. B. The effectiveness of options

for anesthetic support in animals in an experiment / O. B. Pavlov, S. S. Grachev // Medical Journal. – 2014. – № 1 (47). – P. 96-99.

5. Physiological substantiation of inhalation anesthesia of animals K. A. Sidorova, O. A. Dragich, T. A. Yurina [et al.] // Scientific life. – 2018. – No. 12. – P. 189-196.

6. Local and general anesthesia of animals: textbook / A. A. Stekolnikov, V. A. Lukyanovsky, I. B. Samoshkin, S. V. Timofeev. – St. Petersburg: Lan, 2004. – 208 p.

7. Features of general anesthesia of foals / V.A. Soroka, A.I. Karklin, O. V. Balashova, A.L. Smelkova // International bulletin of Veterinary Medicine. - 2021. – No. 1. – P.359-366.

8. Berlin, A.Z. Apparatus and method of inhalation anesthesia / A.Z. Berlin, A.Yu. Nechaev, L.L. Nikolaev, Jan Papulak // Patent for invention 2729943 S1, 08/13/2020. Application No. 201119254 dated 20.06.2019.