

Е. Е. Степура, В. И. Федоров

Физиологические зависимости между показателями вариационной пульсометрии спортивных лошадей

Аннотация.

Цель: проанализировать физиологические зависимости между показателями вариационной пульсометрии у спортивных лошадей в состоянии относительного покоя для оценки возможности включения их в комплексный подход к анализу функционального состояния организма.

Материалы и методы. Объектом исследования были 150 спортивных лошадей – орловской рысистой, русской рысистой, американской рысистой и ганноверской пород. Для записи ЭКГ была использована комплексная электрофизиологическая лаборатория «CONAN». Запись электрокардиограммы проводили в положении стоя на привязи на развязке. Статистический анализ данных проводили при помощи программы Statistica 10.0. Для анализа корреляционных связей использовался непараметрический метод Спирмена.

Результаты. Изучили корреляционные физиологические зависимости между основными показателями вариационной пульсометрии у спортивных лошадей на основе математического анализа вариабельности сердечной электрокардиограммы по методике Р. М. Баевского. Изучали указанные показатели вариационной пульсометрии у 150 лошадей разной спортивной направленности. Корреляционные связи оценивали на основе метода Спирмена. Вариационная пульсометрия позволяет получить оценки сердечной деятельности, которые в значительной мере коррелируют между собой.

Ключевые слова: вариабельность ритма сердца, электрокардиограмма, корреляция, вариационная пульсометрия, лошади.

Авторы:

Степура Е. Е. – кандидат биологических наук; Институт естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет; 129226, Россия, Москва, 2-й Сельскохозяйственный проезд, 4; e-mail: ranova_na@mail.ru.

Федоров В. И. – доктор биологических наук, ректор Арктического государственного агротехнологического университета; 677007, Россия, Респ. Саха (Якутия), Якутск, Сергеляхское ш., 3 км, дом 3.

Введение. Оценка функционального состояния организма по вариабельности сердечного ритма (ВСР) является одним из методов неинвазивного контроля гуморальной и автономной нервной регуляции. Исследований показателей вариационной пульсометрии у лошадей описано очень мало, а изучение индексов Каплана и показателей сердечной деятельности (показатель сердечного стресса и показатель сердечной аритмии) у исследуемых животных ранее не проводились, и их значения как в отечественной, так и в зарубежной доступной литературе не описаны.

Для исследования ВСР в российской литературе традиционно чаще использовались показатели вариационной пульсометрии (Mo, AMo и dRR) и расчет временных показателей изменчивости интервалов RR (pNN50, rMMSD). Одним из основных достоинств данных показателей является их относительная простота вычисления.

Состояние регуляции CCC, а именно функциональное состояние организма и различных его отделов вегетативной регуляции у животных, в част-

ности, у лошадей исследовано мало. Вариабельность сердечного ритма позволяет исследовать более тонкие механизмы регуляции сердечно-сосудистой системы, тогда как традиционная запись и анализ ЭКГ, принятый у лошадей в целом, не позволяют оценить правильно и полно состояние механизмов регуляции сердечной деятельности.

Цель исследования – проанализировать физиологические зависимости между показателями вариационной пульсометрии у спортивных лошадей в состоянии относительного покоя для оценки возможности включения их в комплексный подход к анализу функционального состояния организма.

Материалы и методы. Исследования проводили в Конном Клубе «Рязанский табунок» Требухино (поселок Ласковский, Рязань), КСК «Росинант» (Рязанская область, д. Хирино), Пермский племенной конный завод №9 (Рязанская область, Сапожковский район, Село Черная Речка).

Объектом исследования были 150 спортивных лошадей – орловской рысистой, русской рысистой, американской рысистой и ганноверской пород.

Для записи ЭКГ использована комплексная электрофизиологическая лаборатория «СОНАН», которая позволяет сделать традиционную запись электрической активности сердца, а также произвести дополнительные кардиографические исследования — анализ вариабельности сердечного ритма. Запись электрокардиограммы проводили в положении стоя на привязи на развязке (рис. 1).

Клинические исследования включали в себя пальпацию, перкуссию и аускультацию в строгом соответствии с методикой клинического обследования животных по Б. В. Уша [9].

Статистический анализ данных проводили при помощи программы Statistica 10.0. Для анализа корреляционных связей использовался непараметрический метод Спирмена. Согласно классификации силы корреляции взаимосвязь признавалась сильной при значении модуля коэффициента корреляции $r \geq 0,75$, умеренной — при $0,25-0,75$, слабой — при $r \leq 0,25$. Количественные данные представлены в виде $M \pm \sigma$. Статистически значимыми считали результаты при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Результаты исследования электрокардиографического статуса у 150 лошадей при записи ЭКГ в сагитальных отведениях позволили установить нормативы ЭКГ.

Полученные числовые значения вариационной пульсометрии у лошадей представлены в таблице 1.

Полученные значения моды (M_o), оценивающая наиболее вероятный уровень функционирования ССС в состоянии покоя у исследуемых лошадей, в среднем составила $1,475 \pm 0,026$ сек (изменяется от 1,423 до 1,527 сек).

Амплитуда мода (AM_o), отражает стабилизи-



Рис. 1. Запись электрокардиограммы у лошади

рующий эффект централизации управления ритмом сердца, т.е. определяет состояние активности ВНС, и в состоянии покоя у исследуемых лошадей в среднем составила $33,53 \pm 1,02$ % (изменяется от 31,339 до 35,368 %).

Вариационный размах (ΔX) отражает уровень активности парасимпатического отдела ВНС в состоянии покоя у исследуемых лошадей и составил $1,31 \pm 0,07$ сек (изменяется от 1,165 до 1,464 сек).

Проведен анализ вторичных показателей вариационной пульсометрии: показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР), вегетативный показатель ритма (ВПР), индекс вегетативного равновесия (ИВР) и индекс напряжения регуляторных систем (ИН) у исследуемых спортивных лошадей.

Индекс напряжения регуляторных систем организма (ИН), определяющий степень централизации управления сердечным ритмом над авто-

Таблица 1. Показатели математического анализа сердечного ритма лошадей в состоянии покоя ($n=150$, $M \pm \sigma$)

Показатели	$M \pm m$	Limmax	Limmin
M_o , сек	$1,475 \pm 0,026$	1,527	1,423
AM_o , %	$33,53 \pm 1,02$	35,368	31,339
ΔX , сек	$1,31 \pm 0,07$	1,464	1,165
ИН, у.ед.	$15,14 \pm 1,13$	17,38	12,89
ИВР, у.ед.	$48,55 \pm 3,35$	55,178	41,928
ВПР, у.ед.	$0,81 \pm 0,06$	0,929	0,685
ПАПР, у.ед.	$23,24 \pm 0,78$	24,798	21,682
RMMSSD, мс	$353,19 \pm 31,3$	415,2	291,2
pNN50, %	$46,81 \pm 1,91$	50,6	43,03
ЧСС, уд/мин	$38,39 \pm 7,02$	39,527	37,259

Примечания: M_o – мода, AM_o – амплитуда моды, ΔX – вариационный размах, ИН – индекс напряжения, ИВР – индекс вегетативного равновесия, ВПР – вегетативный показатель ритма, ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции, M – математическое ожидание, RMSSD – квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов; pNN50 – число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов в массиве; ЧСС – частота сердечных сокращений

номным, в среднем составил $15,14 \pm 1,13$ у.е. и изменялся от 12,894 до 17,386 у.е.

Индекс вегетативного равновесия (ИВР) — определяет соотношение активности парасимпатического и симпатического отдела вегетативной нервной системы, изменяется от 41,928 до 55,178 у.е., в среднем составил $48,553 \pm 3,35$ у.е. у всех исследуемых лошадей.

Вегетативный показатель ритма (ВПР) — баланс симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, в среднем составил $0,807 \pm 0,06$ у.е., и изменялся от 0,685 до 0,929 у.е.

Показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР) — определяет активность симпатического отдела ВНС, контролирует и определяет ведущий уровень функционирования синусового узла, в среднем составил $23,24 \pm 0,78$ у.е. и изменяется от 21,682 у.е. до 24,798 у.е.

RMMSSD отражает влияние парасимпатического отдела ВНС на ритм сердца, в том числе на синусовую аритмию, связанную с дыханием, среднее значение его составило $353,19 \pm 31,3$ мс, изменяется в пределах от 291,2 мс до 415,2 мс.

pNN50 отражает влияние парасимпатического отдела на сердечный ритм, в том числе на проявление синусовой аритмии, связанную с дыханием, в среднем составил $46,81 \pm 1,91$ %, изменяется от 43,03 до 50,6% у здоровых лошадей.

При анализе вариационной пульсометрии лошадей были получены и проанализированы индексы Каплана, представленные в таблице 2.

Индекс дыхательной модуляции (ИДМ) оценивает степень влияния дыхательного ритма на вариабельность кардиоинтервалов, в среднем составил $13,38 \pm 1,19$ и изменяется от 11,03 до 15,75.

Значение индекса симпато-адреналового тонуса (ИСАТ), эффективен для оценки сердечной деятельности, в среднем для исследуемых животных составил — $70,54 \pm 6,67$, изменяется от 57,35 до 83,72.

Индекс медленноволновой (функциональной) аритмии (ИМА) оценивает состояние организма животных на аритмии, для лошадей в среднем — $14,97 \pm 1,34$ и изменяется от 12,32 до 17,62.

Показатели, характеризующие активность сердечной деятельности, представлены в таблице 3.

Индекс показателя сердечного стресса (ПСС) предназначен для оценки вариабельности кардиоинтервалов, выражающейся в присутствии кардиоинтервалов одинаковой или очень близкой длительности с различием до 5 мс. Среднее значение в норме равно $27,82 \pm 11,8$ %, и изменяется от 4,38 до 51,25 %.

Индекс показателя сердечной аритмии (ПСА) предназначен для оценки экстравариабельности

Таблица 2. Индексы Каплана лошадей в состоянии покоя, (n=150, M $\pm$ σ)

Показатели	ИДМ	ИСАТ	ИМА
M $\pm$ m	$13,38 \pm 1,19$	$70,54 \pm 6,67$	$14,97 \pm 1,34$
Lim _{max}	15,75	83,72	17,62
Lim _{min}	11,03	57,35	12,32

Примечания: ИДМ – индекс дыхательной модуляции, ИСАТ – индекс симпатоадреналового тонуса; ИМА – индекс медленноволновой аритмии

Таблица 3. Показатели сердечного стресса (ПСС) и сердечной аритмии (ПСА) лошадей в состоянии покоя, (n=150, M $\pm$ σ)

Показатели	ПСС, %	ПСА, %
M $\pm$ m	$27,82 \pm 11,8$	$5,99 \pm 0,56$
Limmax	51,25	7,11
Limmin	24,38	4,88

кардиоинтервалов или уровня аритмии, значение у здоровых лошадей составило $5,99 \pm 0,56$ % и изменяется от 4,88 до 7,11 %.

Таким образом, полученные референтные значения вариационной пульсометрии предназначены для оценки функционального состояния сердечного ритма у исследуемых лошадей.

Для оценки сопоставимости и взаимозаменяемости оценки вариабельности сердечного ритма (вариационная пульсометрия) последовательно изучена корреляционная связь между основными показателями этого метода у спортивных лошадей и полученными данными во время исследования (табл. 4).

По мнению Р. М. Баевского и соавторов [7], коэффициенты корреляции между показателями вариационной пульсометрии являются самостоятельными физиологическими значениями, позволяющими оценивать степень функциональной взаимосвязи механизмов регуляции ритма сердца.

Как видно из таблицы 4, у спортивных лошадей показатели вариационной пульсометрии в значительной мере коррелируют между собой, свидетельствуя о тесных функциональных взаимосвязях (в том числе и антагонистических) между механизмами регуляции ритма сердца.

Индекс напряжения регуляторных систем у спортивных лошадей имеет корреляционные взаимосвязи разной взаимосвязи с модой ($r=-0,85$), амплитудой модой ($r=0,42$), вариационным размахом ($r=-0,67$), индексом вегетативного равновесия ($r=0,86$), вегетативным показателем ритма ($r=0,87$), показателем адекватности процессов регуляции ($r=0,84$), частотой сердечных сокращений ($r=0,84$), индексом дыхательной модуляции ($r=-0,51$), индексом симпато-адреналового тонуса ($r=0,83$), индексом медленно-волновой аритмии

($r=0,43$), показателем сердечного стресса ($r=0,72$), показателем сердечной аритмии ($r=-0,41$), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ($r=-0,51$), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ($r=-0,44$).

Мода у спортивных лошадей имеет корреляционные взаимосвязи разной взаимосвязи с амплитудой модой ($r=0,26$), вариационным размахом ($r=-0,02$), индексом вегетативного равновесия ($r=0,13$), вегетативным показателем ритма ($r=-0,14$), показателем адекватности процессов регуляции ($r=-0,39$), частотой сердечных сокращений ($r=-0,21$), индексом дыхательной модуляции ($r=-0,32$), индексом симпато-адреналового тонуса ($r=0,16$), индексом медленно-волновой аритмии ($r=-0,03$), показателем сердечного стресса ($r=0,04$), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ($r=0,14$), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ($r=-0,08$).

Амплитуда моды у спортивных лошадей имеет корреляционные взаимосвязи разной взаимосвязи с вариационным размахом ($r=-0,50$), индексом вегетативного равновесия ($r=0,41$), вегетативным показателем ритма ($r=0,16$), показателем адекватности процессов регуляции ($r=0,65$), частотой сердечных сокращений ($r=0,05$), индексом дыхательной модуляции ($r=-0,24$), индексом симпато-адреналового тонуса ($r=0,39$), индексом медленно-волновой аритмии ($r=-0,09$), показателем сердечного стресса ($r=0,01$), показателем сердечной аритмии ($r=0,09$), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ($r=-0,05$), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ($r=-0,46$).

Вариационный размах у спортивных лошадей имеет корреляционные взаимосвязи разной взаимосвязи с индексом вегетативного равновесия ($r=-0,65$), вегетативным показателем ритма ($r=-0,74$), показателем адекватности процессов регуляции ($r=0,01$), частотой сердечных сокращений ($r=-0,39$), индексом дыхательной модуляции ($r=0,61$), индексом симпато-адреналового тонуса ($r=-0,59$), индексом медленно-волновой аритмии ($r=-0,50$), показателем сердечного стресса ($r=-0,09$), показателем сердечной аритмии ($r=0,13$), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ($r=0,63$), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ($r=0,34$).

Индекс вегетативного равновесия у спортивных лошадей имеет корреляционные взаимосвязи разной взаимосвязи с вегетативным показате-

Таблица 4. Значения коэффициентов корреляции (r) вариационной пульсометрии у спортивных лошадей в состоянии относительного покоя

	Мо, сек	АМо, %	ΔХ, сек	ИВР, у.ед.	ВПР, у.ед.	ПАПР, у.ед.	RMSSD, мс	pNN50, %	ЧСС, уд./мин	ИДМ	ИСАТ	ИМА	ПСС, %	ПСА, %
ИН, у.ед.	-0,85	0,42	-0,67	0,86	0,87	0,84	-0,51	-0,44	0,84	-0,51	0,83	0,43	0,72	-0,44
Мо, сек		0,26	-0,02	0,13	-0,14	-0,39	0,14	-0,08	-0,21	-0,32	0,16	-0,03	0,04	0,04
АМо, %			-0,5	0,41	0,16	0,65	-0,05	-0,46	0,05	-0,24	0,39	-0,09	0,01	0,09
ΔХ, сек				-0,65	-0,74	0,01	0,63	0,34	-0,39	0,61	-0,59	-0,5	-0,09	0,13
ИВР, у.ед.					0,77	0,42	-0,51	-0,41	0,86	-0,55	0,83	0,45	0,11	-0,05
ВПР, у.ед.						0,51	-0,6	-0,33	0,43	-0,57	0,74	0,52	0,14	-0,14
ПАПР, у.ед.							-0,13	-0,3	0,83	0,03	0,45	-0,05	-0,01	0,08
RMSSD, мс								0,29	-0,42	0,61	-0,47	-0,43	-0,06	0,12
pNN50, %									-0,29	0,45	-0,47	-0,42	0,04	0,08
ЧСС, уд./мин										-0,5	0,72	0,37	-0,03	-0,81
ИДМ											-0,49	-0,47	-0,07	0,12
ИСАТ												0,61	0,06	-0,12
ИМА													-0,05	-0,17
ПСС, %														-0,03

лем ритма ($r=0,77$), показателем адекватности процессов регуляции ($r=0,42$), частотой сердечных сокращений ($r=0,86$), индексом дыхательной модуляции ($r=-0,55$), индексом симпатoadреналового тонуса ($r=0,83$), индексом медленно-волновой аритмии ($r=0,45$), показателем сердечного стресса ($r=0,11$), показателем сердечной аритмии ($r=-0,05$), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ($r=-0,51$), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ($r=-0,41$).

Вегетативный показатель ритма у спортивных лошадей имеет корреляционные взаимосвязи разной взаимосвязи с показателем адекватности процессов регуляции ($r=0,51$), частотой сердечных сокращений ($r=0,43$), индексом дыхательной модуляции ($r=-0,57$), индексом симпатoadреналового тонуса ($r=0,74$), индексом медленно-волновой аритмии ($r=0,52$), показателем сердечного стресса ($r=0,14$), показателем сердечной аритмии ($r=-0,14$), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ($r=-0,60$), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ($r=-0,33$).

Показатель адекватности процессов регуляции у спортивных лошадей имеет корреляционные взаимосвязи разной взаимосвязи с частотой сердечных сокращений ($r=-0,83$), индексом дыхательной модуляции ($r=0,03$), индексом симпатoadреналового тонуса ($r=0,45$), индексом медленно-волновой аритмии ($r=-0,05$), показателем сердечного стресса ($r=-0,01$), показателем сердечной аритмии ($r=0,08$), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ($r=-0,13$), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ($r=-0,30$).

Частота сердечных сокращений у спортивных лошадей имеет корреляционные взаимосвязи разной взаимосвязи с индексом дыхательной модуляции ($r=-0,50$), индексом симпатoadреналового тонуса ($r=0,72$), индексом медленно-волновой аритмии ($r=0,37$), показателем сердечного стресса ($r=-0,03$), показателем сердечной аритмии ($r=0,81$).

Квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N у спортивных лошадей имеет корреляционные взаимосвязи разной взаимосвязи с процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ($r=0,29$), индексом дыхательной модуляции ($r=0,61$), индексом симпатoadреналового тонуса ($r=-0,47$), индексом медленно-волновой аритмии ($r=-0,43$), показателем

сердечного стресса ($r=-0,06$), показателем сердечной аритмии ($r=0,12$).

Процент от общего количества последовательных пар интервалов R–R у спортивных лошадей имеет корреляционные взаимосвязи разной взаимосвязи с индексом дыхательной модуляции ($r=0,45$), индексом симпатoadреналового тонуса ($r=-0,47$), индексом медленно-волновой аритмии ($r=-0,42$), показателем сердечного стресса ($r=0,04$), показателем сердечной аритмии ($r=0,08$).

Индекс дыхательной аритмии у спортивных лошадей имеет корреляционные взаимосвязи разной взаимосвязи с индексом симпатoadреналового тонуса ($r=-0,49$), индексом медленно-волновой аритмии ($r=-0,47$), показателем сердечного стресса ($r=-0,07$), показателем сердечной аритмии ($r=0,12$).

Индекс симпатoadреналового тонуса у спортивных лошадей имеет корреляционные взаимосвязи разной взаимосвязи с индексом медленно-волновой аритмии ($r=0,61$), показателем сердечного стресса ($r=0,06$), показателем сердечной аритмии ($r=-0,12$).

Индекс медленно-волновой аритмии у спортивных лошадей имеет корреляционные взаимосвязи разной взаимосвязи показателем сердечного стресса ($r=-0,05$), показателем сердечной аритмии ($r=-0,17$).

Показатель сердечного стресса у спортивных лошадей имеет корреляционные взаимосвязи разной взаимосвязи показателем сердечной аритмии ($r=-0,03$).

Заключение. Вариационная пульсометрия позволяет получить показатели сердечной деятельности, которые в значительной мере коррелируют между собой. Учитывая данный факт, можно полагать, что указанный метод изучения является в целом взаимозаменяемым при общей оценке состояния вегетативной регуляции сердечной деятельности.

Полученные результаты вариационной пульсометрии при анализе электрокардиограммы у спортивных лошадей могут стать основой для выполнения метаанализов исследований, использующих разные подходы к оценке ВСР, позволяя интерполировать и обобщать их результаты. Однако данный вопрос требует дальнейшего детального изучения.

В результате проведенного корреляционного анализа между первичными и вторичными показателями вариационной пульсометрии по методике Р.М. Баевского, индексами Каплана и показателями сердечной деятельности и сердечной аритмии с использованием непараметрического метода Спирмена были получены силы корреляции разной взаимосвязи как сильной, умеренной, так и слабой взаимосвязи.

Литература

1. Баевский Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма: история и философия, теория и практика / Р. М. Баевский // Клиническая информатика и телемедицина. — 2004. — № 1. — С. 54–64.
2. Баевский Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине / Р. М. Баевский // Физиология человека. — 2002. — Т. 28. — № 2. — С. 70–82.
3. Баевский Р. М. Кибернетический анализ процессов управления сердечным ритмом / Р. М. Баевский // Актуальные проблемы физиологии и патологии кровообращения. — 1976. — С. 161–175.
4. Баевский Р. М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. — 2001. — № 3. — С. 106–127.
5. Вальциферова С. В. Вариационная пульсометрия как прогностический метод изучения адаптированности лошадей к стрессовым воздействиям [Текст] / С. В. Вальциферова, Е. В. Вербовик // Болезни лошадей: диагностика, профилактика, лечение: Материалы третьей научно-практической конференции по болезням лошадей. — Москва, 2002. — С. 89–91.
6. Вербовик Е. В. Вариабельность сердечного ритма у рысистых пород лошадей / Е. В. Вербовик, С. В. Вальциферова // Сельскохозяйственная биология. — 2006. — № 6. — С. 58–61.
7. Вербовик Е. В. Волновая структура сердечного ритма лошадей / Е. В. Вербовик, С. В. Вальциферова // Ветеринарная медицина. — 2006. — № 1. — С. 13–14.
8. Вербовик Е. В. Исследование адаптационных возможностей по анализу сердечного ритма у спортивных лошадей / Вербовик Е. В. // Материалы Международной учебно-методической и научно-практической конференции, посвященной 85-летию академии // ФГОУ ВПО «МГАВМ и Б им. К.И. Скрябина». — Москва. — 2004. — № 4.2. — С. 21–24.
9. Вербовик Е. В. Метод вариационной пульсометрии в оценке вегетативного тонуса спортивных лошадей / Е. В. Вербовик // Инновация молодых ученых сельского хоз-ва. — Москва, 2006. — Ч. 1. — С. 44–46.
10. Восканян Р. М. Физиологическое обоснование отведения электрических токов сердца лошади / Сборник научных трудов // Узбекский сельхозинститут, Самарканд, 1950. — Т. 8. — С. 161–182.
11. Восканян Р. М. Электрокардиография лошадей. — Тр. XV пленума ветеринарной секции Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук, Москва, 1941. — С. 250–256.
12. Габрашански П. 1964. Динамика электрокардиограмм в различных системах отведений при развитии экспериментального перикардита у сельскохозяйственных животных. Сборник. — С. 115–122.
13. Домрачев Г. И. К вопросу о мерцании предсердий у лошадей / Г. И. Домрачев // Уч. зап. Казанск. вет. ин-та. — 1927. — Т. 37. — Вып. 82. — С. 192–203.
14. Шестакова А. Н. Изменения ЭКГ у коров и лошадей при применении кормовой добавки «янтарь» / С. Н. Копылов, А. Н. Шестакова // Ветеринария. — 2007. — № 5. — С. 44–47.
15. Шестакова А. Н. Электрическая активность сердца у спортивных лошадей в зависимости от тренинга Шестакова А. Н. В сборнике: Теор. и практ. вопросы вет. медицины. Сб. статей Всероссийской научно-практической конференции, посв. 90-летию со дня рождения доктора ветеринарных наук, профессора Лыжиной Веры Александровны. — 2007. — С. 132–134.
16. Шестакова А. Н. Электрокардиография у лошадей и коров под влиянием тренинга и молочной продуктивности / С. Н. Копылов, А. Н. Шестакова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 2009. — № 5 (197). — С. 82–86.
17. Уша Б. В. Клиническая диагностика внутренних незаразных болезней животных / Б. В. Уша, И. М. Беляков, Р. П. Пушкарев; под редакцией В. Н. Сайтаниди. — 2-е изд. — Санкт-Петербург: Квадро, 2021.
18. Orlova N. E. Prevalence of cardiovascular diseases in racehorses of various age groups / N. E. Orlova, M. E. Ponomareva, E. S. Latynina, D. V. Svistunov. В сборнике: AIP Conference Proceedings. International Conference “Sustainable Development: Veterinary Medicine, Agriculture, Engineering and Ecology” (VMAEE2022). Moscow, Russia, 2023. С. 020019.
19. Paśłwska U. Badanie elektrokardiograficzne koni / U. Paśłwska // Magazyn weterynaryjny. — 2000. — Vol. 61. — № 52. — P. 30–31.
20. Ohmura H. Changes in heart rate and heart rate variability in Thoroughbreds during prolonged road transportation / H. Ohmura, A. Hiraga, H. Aida [et al.] // Am. J. Vet. Res. — 2006. — Vol. 67 (3). — P. 455–462.
21. Kiryu K. Pathologic and electrocardiographic findings in sudden cardiac death in racehorses / K. Kiryu, N. Machida, Y. Kashida [et al.] // J. Vet. Med. Sci. — 1999. — Vol. 61 — № 8. — P. 921–928.

Stepura E., Fedorov V.

Physiological relationships between the indices of variational pulsometry in sport horses

Abstract.

Purpose: to analyze physiological dependencies between the parameters of variational pulsometry in sport horses at relative rest to assess the possibility of including them in a comprehensive approach to analyzing the functional state of the body.

Materials and methods. The object of the study was 150 sport horses – Orlov trotter, Russian trotter, American trotter and Hanoverian breeds. The complex electrophysiological laboratory "CONAN" was used to record the ECG. The electrocardiogram was recorded in a standing position on a tether at the tie-up. Statistical analysis of the data was performed using the Statistica 10.0 program. Spearman's nonparametric method was used to analyze correlation relationships.

Results. The correlation physiological dependencies between the main parameters of variational pulsometry in sport horses were studied based on the mathematical analysis of the variability of the cardiac electrocardiogram according to the method of R.M. Baevsky. The specified parameters of variational pulsometry were studied in 150 horses of different sports orientations. Correlation relationships were estimated using Spearman's method. Variational pulsometry allows obtaining cardiac activity estimates that correlate significantly with each other.

Key words: heart rate variability, electrocardiogram, correlation, variational pulsometry, horses.

Authors:

Stepura E. – PhD (Biol. Sci.); Institute of Natural Science and Sports Technologies, Moscow City Pedagogical University; 129226, Russia, Moscow, 2-y Selskokhozyaistvenny proezd, 4; e-mail: panova_na@mail.ru.

Fedorov V. – Dr Habil. (Biol. Sci.); 677007, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Sergelyakhskoye sh., 3 km, house 3.

References

1. Baevsky R. M. Analysis of heart rate variability: history and philosophy, theory and practice / R. M. Baevsky // Clinical informatics and telemedicine. – 2004. – № 1. – P. 54–64.
2. Baevsky R. M. Analysis of heart rate variability in space medicine / R. M. Baevsky // Human physiology. – 2002. – Vol. 28. – № 2. – P. 70–82.
3. Baevsky R. M. Cybernetic analysis of heart rate control processes / R. M. Baevsky // Actual problems of physiology and pathology of blood circulation. – 1976. – P. 161–175.
4. Baevsky R. M. Heart rate variability: theoretical aspects and possibilities of clinical application / R. M. Baevsky, G. G. Ivanov // Ultrasound and functional diagnostics. – 2001. – № 3. – P. 106–127.
5. Val'tsiferova S. V. Variation pulsometry as a prognostic method for studying the adaptability of horses to stress [Text] / S. V. Val'tsiferova, E. V. Verbovik // Horse diseases: diagnostics, prevention, treatment: Materials of the third scientific and practical conference on horse diseases. – Moscow, 2002. – P. 89–91.
6. Verbovik E. V. Heart rate variability in trotting horse breeds / E. V. Verbovik, S. V. Val'tsiferova // Agricultural biology. – 2006. – №6. – P. 58–61.
7. Verbovik E. V. Wave structure of the equine heart rate / E. V. Verbovik, S. V. Valtsiferova // Veterinary medicine. – 2006. – № 1. – P. 13–14.
8. Verbovik E. V. Study of adaptive capabilities for heart rate analysis in sport horses / Verbovik E. V. // Proceedings of the International educational-methodical and scientific-practical conference dedicated to the 85th anniversary of the Academy // Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biology named after K. I. Skryabin". – Moscow. – 2004. – № 4.2. – P. 21–24.
9. Verbovik E. V. Method of variation pulsometry in assessing the vegetative tone of sport horses / E. V. Verbovik // Innovation of young scientists in agriculture. – Moscow, 2006. – Part 1 – P. 44–46.
10. Voskanyan R. M. Physiological justification for the recording of electrical currents of the horse's heart / Collection of scientific papers // Uzbek Agricultural Institute, Samarkand, 1950. – V. 8. – P. 161–182.

11. Voskanyan R. M. Electrocardiography of horses. — Proc. XV Plenum of the Veterinary Section of the All-Russian Academy of Agricultural Sciences, Moscow, 1941. — P. 250–256.
12. Gabrashansky P. 1964. Dynamics of electrocardiograms in various lead systems during the development of experimental pericarditis in farm animals. Collection. — P. 115–122.
13. Domrachev G. I. On the issue of atrial fibrillation in horses / G. I. Domrachev // Uch. zap. Kazan. veterinary in-ta. — 1927. — Vol. 37. — Issue. 82. — P. 192–203.
14. Shestakova A. N. ECG changes in cows and horses with the use of the feed additive "amber" / S. N. Kopylov, A. N. Shestakova // Veterinary science. — 2007. — № 5. — P. 44–47.
15. Shestakova A. N. Electrical activity of the heart in sport horses depending on training Shestakova A. N. In the collection: Theor. and practical issues of veterinary medicine. Collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Doctor of Veterinary Sciences, Professor Vera Aleksandrovna Lyzhina. — 2007. — P. 132–134.
16. Shestakova A. N. Electrocardiography in horses and cows under the influence of training and milk productivity / S. N. Kopylov, A. N. Shestakova // Siberian Bulletin of Agricultural Science. — 2009. — № 5 (197). — P. 82–86.
17. Usha B. V. Clinical diagnostics of internal non-infectious diseases of animals / B. V. Usha, I. M. Belyakov, R. P. Pushkarev; edited by V. N. Saitanidi. — 2nd ed. — St. Petersburg: Quadro, 2021.
18. Orlova N. E. Prevalence of cardiovascular diseases in racehorses of various age groups / N. E. Orlova, M. E. Ponomareva, E. S. Latynina, D. V. Svistunov. В сборнике: AIP Conference Proceedings. International Conference "Sustainable Development: Veterinary Medicine, Agriculture, Engineering and Ecology" (VMAEE2022). Moscow, Russia, 2023. С. 020019.
19. Paśłwska U. Badanie elektrokardiograficzne koni / U. Paśłwska // Magazyn weterynaryjny. — 2000. — Vol. 61. — № 52. — P. 30–31.
20. Ohmura H. Changes in heart rate and heart rate variability in Thoroughbreds during prolonged road transportation / H. Ohmura, A. Hiraga, H. Aida [et all.] // Am. J. Vet. Res. — 2006. — Vol. 67 (3). — P. 455–462.
21. Kiryu K. Pathologic and electrocardiographic findings in sudden cardiac death in racehorses / K. Kiryu, N. Machida, Y. Kashida [et all.] // J. Vet. Med. Sci. — 1999. — Vol. 61 — № 8. — P. 921–928.