

УДК 616; 619
DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.4.265

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММА СВИНЕЙ В САГИТТАЛЬНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ОТВЕДЕНИЯХ

Гуляева А.С. – к. б. н., ст. науч. сотр. отдела сравнительной кардиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (ORCID: 0000-0003-3517-4169), Смирнова С.Л. – к. биол. н., ст. науч. сотрудник зав. отделом сравнительной кардиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (ORCID: 0000-0003-4292-2444), Рощевская И.М. – д. биол.н., член-корр. РАН, главный науч. сотр. отдела сравнительной кардиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (ORCID: 0000-0002-6108-1444).

Ключевые слова: электрокардиограмма, биполярные туловищные отведения, предсердия, желудочки, свинья.

Key words: electrocardiogram, bipolar trunk leads, atrium, ventricles, pig.



РЕФЕРАТ

Сердце свиньи является наиболее подходящей экспериментальной моделью сердечно-сосудистых заболеваний, характерных для человека. Общеизвестным считается сходство коронарного кровообращения свиньи с человеком [15], гемодинамических показателей [16], а также свиньи являются источником

биопротезов клапана человека [12]. Исследование свиней в качестве доноров для ксенотрансплантации показало, что однозначно считать сердце свиньи идентичным сердцу человека нельзя. Особенности топографии проводящей системы свиньи приводят к существенным отличиям в последовательности деполяризации желудочков сердца, что необходимо учитывать при проведении электрокардиографических исследований [3, 4]. Электрокардиография является актуальным методом оценки электрической активности сердца.

Целью исследования было изучить амплитудно-временные характеристики ЭКГ свиньи в норме.

ЭКГ у свиней регистрировали в сагиттальных биполярных туловищных отведениях по Рощевскому [7]. Животных наркотизировали 1% раствор вентранквила (0,02 мл/кг), уретана (1,5 г/кг) внутримышечно. ЧСС у наркотизированных свиней варьировала от 74 до 194 уд/мин. В соответствии с ЧСС животных разделили на три группы: в первую группу включили животных с ЧСС меньше 100 уд/мин; во вторую от 100 до 150 уд/мин; в третью более 150 уд/мин.

В ходе проведенного исследования, показано, что в биполярных сагиттальных отведениях Р-волна положительная однофазная; самая часто встречаемая конфигурация комплекса начальной желудочковой активности – rS; Т-волна в основном имеет положительную форму. У животных из групп со значимыми различиями ЧСС на ЭКГ в трех биполярных сагиттальных отведениях форма и длительность зубцов Q, R, S не отличались, длительности интервалов PQ, и QT отличались достоверно. Длительности коррегированного интервала QTc животных с различной ЧСС практически не отличались.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы существенно повысился интерес к исследованию сердца свиньи, как наиболее подходящей экспериментальной модели сердечно-сосудистых заболеваний, характерных для человека. Общеизвестным считается сходство коронарного кровообращения свиньи с человеком [15], гемодинамических показателей [16], а также свиньи являются возможным источником биопротезов клапана человека [12].

Первоначальный энтузиазм по поводу того, что сердце свиньи почти идентично сердцу человека, несколько утих, в основном, благодаря исследованиям свиней в качестве доноров для ксенотрансплантации сердца [11]. Показано, что имеются существенные отличия в ориентации и расположении слоев рабочего миокарда в желудочках свиньи по сравнению с человеком [3]. Выявлено, что для свиней характерно распределение сети волокон Пуркинье по всей толщине стенок желудочков, вплоть до субэпикардального слоя, в то время как для человека характерно субэндокардиальное ее расположение [14]. Специфика топографии проводящей системы свиньи приводит к существенным отличиям в последовательности деполяризации желудочков сердца [4], что необходимо учитывать при проведении электрокардиографических исследований. В связи с этим неинвазивный метод оценки функции сердца – электрокардиография является актуальным методом оценки электрической активности.

Цель исследования – изучить амплитудно-временные характеристики ЭКГ свиньи в норме.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на практически здоровых свиньях (n=36, 17 самцов и 19 самок) породы Ландрас (Landrace) в возрасте трех месяцев с массой тела $25,3 \pm 5,1$ кг для самцов и $24,3 \pm 4,3$ кг для самок.

Все свиньи получали гуманный уход в соответствии с Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых в экспериментальных и дру-

гих научных целях (ETS № 170, Страсбург, 22 июня 1998 г.).

В качестве премедикации животным вводили внутримышечно 1% раствор вентранквила (CEVA Sante Animale, Франция) в дозировке 0,02 мл/кг. Общая анестезия обеспечивалась однократным внутримышечным введением уретана (Sigma, Германия) в дозировке 1,5 г/кг. Во время эксперимента с помощью ветеринарного монитора Dixon Storm 5770 VET (DIXION, Россия) контролировали сатурацию крови датчиком, расположенным на ухе, измеряли неинвазивное артериальное давление на передней конечности, частоту дыхания и ректальную температуру.

ЭКГ у свиней регистрировали в сагитальных биполярных туловищных отведениях по Рошевскому [7] лежа на спине (рис. 1). Первое отведение – предгрудинная область (краниальная часть грудной кости) – средняя точка линии, соединяющей каудальные углы правой и левой лопаток. Второе отведение – предгрудинная область – точка пересечения перпендикуляра, опущенного от 13 грудного позвонка, с белой линией живота. Третье отведение – средняя точка линии, соединяющей каудальные углы правой и левой лопаток – точка пересечения перпендикуляра, опущенного от 13 грудного позвонка, с белой линией живота. Сбор данных осуществлялся с помощью электрокардиотопографической системы (16 бит, полоса пропускания от 0,05 до 1000 Гц, частота дискретизации 4000 Гц).

Анализировали ЭКГ в каждом из отведений (SI, SII, SIII), измеряли амплитуду зубца P, длительность и амплитуду зубцов Q, R, S, амплитуду зубца T, длительность интервалов PQ, QRS, QT, интервала RR. На основе частоты сердечных сокращений (ЧСС) вычисляли скорректированный QTc. Анализ параметров для каждого животного проведено по трем комплексам ЭКГ.

В соответствии с ЧСС животных разделили на три группы: в первую группу (А, n=9) включили животных с ЧСС меньше 100 уд/мин; во вторую (В, n=17)

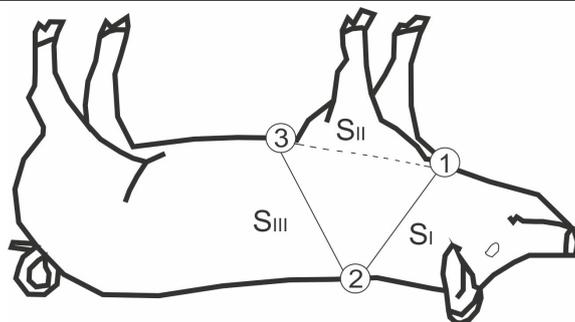


Рис. 1. Схема расположения электродов при регистрации сагиттальных (S_I , S_{II} , S_{III}) биполярных отведений ЭКГ у свиньи во время эксперимента.

Таблица 1
ЧСС (уд/мин) и интервал RR (мс) у животных групп А, В, С.

Группа	ЧСС (уд/мин)			RR интервал (мс)			Количество животных (n)		Масса тела (кг)
	min	max	M±SD	min	max	M±SD	самцы	самки	M±SD
А	74,0	98,0	87,0±9,0 ^a	608,0	806,0	693,0±75,0 ^a	3	6	23,0±3,0
В	102,0	147,0	118,0±13,0 ^b	407,0	595,0	512,0±57,0 ^b	9	8	25,0±5,0
С	156,0	197,0	171,0±15,0 ^c	305,0	383,0	350,0±31,0 ^c	6	4	25,0±3,0

Различные верхние индексы (a, b, c) показывают значимые различия ($p < 0,05$) между группами А, В и С.

от 100 до 150 уд/мин; в третью (С, n=10) более 150 уд/мин. В каждую из групп включены животные обоего пола, так как не выявлена зависимость ЧСС обследованных свиней от пола.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 10.0 (StatSoft, Inc., США). Тип распределения оценивали с помощью W-критерия Шапиро-Уилка. Для определения значимости различий между группами использовали однофакторный дисперсионный анализ и апостериорный критерий Фишера при $p < 0,05$. Данные представлены в виде среднего ± стандартное отклонение.

РЕЗУЛЬТАТЫ

ЧСС у животных, включенным нами в три разные группы достоверно отличались друг от друга. Интервал RR на ЭКГ в сагиттальных отведениях существенно отличался между животными групп А, В и С. Масса тела животных, имеющих значительную разницу в ЧСС практически не отличалась.

Форма зубцов Р, Т и комплекса QRS

Р-волна у свиньи на ЭКГ в трех сагиттальных биполярных отведениях положительная однофазная, имеет округлую форму, восходящая фаза плавно переходит в нисходящую у всех экспериментальных животных.

Форма начального желудочкового комплекса QRS на ЭКГ в трех биполяр-

ных сагиттальных отведениях у животных с различными показателями ЧСС не отличалась.

На ЭКГ в отведении SI самая частая конфигурация начального желудочкового комплекса - rS (25%) и qrS (25%), реже встречались формы типа qRs (19,4%), qRS (14%), qR (8,3%), RS (5,5%) и rs (2,8%). На ЭКГ в SII отведении наиболее частая конфигурация начального желудочкового комплекса - rS (36,1%) и qrS (38,8%), формы qRS (14%), qR (5,5%), RS и rs (2,8%) встречались реже, qRs не наблюдался. На ЭКГ в отведении SIII у большинства животных форма начальной желудочковой активности - rS (69,4%), qrS (22,2%), формы qRs, qRS and RS составили по 2,8% животных, форма типа qR отсутствовала.

Зубец R на ЭКГ в отведениях SI, SII и SIII регистрировали у всех животных. Зубец S на ЭКГ в отведении SIII присутствовал у всех животных, в отведениях SI и SII - у 91,6% и 94,4%, соответственно. Зубец Q был обнаружен на ЭКГ у 66,6% животных в отведениях SI, на ЭКГ в отведениях SII и SIII зубец Q наблюдали у 58,3% и 27,7% свиней, соответственно.

Конфигурация T-волны на ЭКГ в трех биполярных сагиттальных отведениях у свиней имеет низкую вариабельность, с преобладанием положительной формы. На ЭКГ в отведении SI положительная T волна встречается у 66,7% животных, отрицательная - у 13,8%, двухфазная (+/-) - у 19,5%. На ЭКГ в отведении SII положительная T волны регистрируется в 83,4% случаев, отрицательная - в 2,8%, двухфазная (+/-) - в 13,8%. На ЭКГ в отведении SIII отрицательная T волна не обнаружена, положительная T волна выявлена у 94,5% животных, двухфазная (+/-) - у 5,5%. При двухфазной форме T волны положительная фаза преобладает над отрицательной во всех трех сагиттальных отведениях.

Амплитуда зубцов

Амплитуды зубцов начальной предсердной, начальной и конечной желудочковой активности (P, Q, R, S, T) на ЭКГ в трех биполярных сагиттальных отведениях у свиней с высокими, средними и низ-

кими значениями ЧСС не имела достоверных различий (табл. 3).

Длительность зубцов и интервалов

Длительность зубцов Q, R, S по ЭКГ в трех биполярных сагиттальных отведениях не отличалась у животных с различной ЧСС (табл. 4). Длительность интервалов PQ, QT достоверно изменялась. У животных с ЧСС до 150 уд/мин и выше длительность PQ, QRS и QT уменьшалась.

Длительность корригированного QTc у животных разных групп практически не различалась, несмотря на существенные различия в ЧСС (табл. 5).

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное нами исследование ЭКГ свиней, показало различную ЧСС у животных от 74 до 194 уд/мин. В зависимости от ЧСС животные были нами разделены на три группы. Зависимости ЧСС от массы тела и пола животных не были обнаружены.

ЧСС у наркотизированных свиней в возрасте 10-15 недель составляет от 91 до 167 уд/мин., в среднем 132 ± 32 уд/мин [9]. Сердечный ритм значительно коррелирует с массой тела свиней. У свиней с массой тела менее 70 кг среднее значение ЧСС составляет 100 уд/мин, а с массой тела более чем 120 кг - менее чем 80 уд/мин. Большие колебания ЧСС возможно связаны с разным уровнем активности симпатической нервной системы этих животных [13]. Животные, у которых мы регистрировали ЭКГ были массой тела 25 ± 5 кг и достаточно однородными по массе тела.

Форма предсердного зубца P у свиней, зарегистрированного в трех сагиттальных отведениях положительная, однофазная и без зазубрин. У разных видов копытных животных выявляется и однофазная и с зазубринами P волна: у здоровых коров P волна во всех сагиттальных отведениях положительная [2]; у овец положительная P волна расщеплена на две полуволны, каждая из которых может иметь зазубрины [7].

Длительность PQ у здоровых лошадей составляет $0,28 \pm 0,02$ с [6], у коров - $0,19-0,21$ с [3], у свиней пород Крупная белая и

Таблица 3
Амплитуда зубцов по ЭКГ по трем биполярным сагиттальным отведениям (мВ) у разных групп животных.

	A (n=9)			B (n=17)			C (n=9)		
	S _I	S _{II}	S _{III}	S _I	S _{II}	S _{III}	S _I	S _{II}	S _{III}
P	0,15±0,0	0,23±0	0,09±0	0,13±0	0,22±0	0,17±0	0,14±0	0,26±0	0,14±
a	4	,06	,06	,09	,09	,12	,06	,05	0,06
Q	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a	0,02±0,0	0,05±0	0,01±0	0,05±0	0,08±0	0,02±0	0,03±0	0,02±0	0,01±
	2	,08	,01	,05	,11	,05	,03	,02	0,01
R	0,18±0,1	0,25±0	0,08±0	0,35±0	0,58±0	0,38±0	0,18±0	0,32±0	0,18±
a	2	,14	,07	,22	,45	,37	,16	,32	0,29
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a	0,57±0,2	1,44±0	0,88±0	0,50±0	1,14±0	1,09±0	0,47±0	1,50±0	1,14±
	1	,5	,6	,5	,7	,7	,3	,4	0,4
T	0,14±0,0	0,32±0	0,18±0	0,10±0	0,29±0	0,29±0	0,20±0	0,50±0	0,34±
a	9	,11	,10	,27	,28	,28	,17	,32	0,23

Значимых различий между животными групп A, B и C не обнаружено ($p > 0,05$).

Таблица 4
Длительность зубцов и сегментов ЭКГ по трем биполярным сагиттальным отведениям (сек) у разных групп животных.

	A (n=9)			B (n=17)			C (n=9)		
	S _I	S _{II}	S _{III}	S _I	S _{II}	S _{III}	S _I	S _{II}	S _{III}
Q _d	0,02±	0,01±0,	0,01±0,	0,02±	0,02±0,	0,01±	0,01±0	0,02±	0,01±
	0,03	03	03	0,01	02	0,01	,02	0,02	0,01
R _d	0,01±	0,014±	0,013±	0,02±	0,02±0,	0,02±	0,01±0	0,01±	0,01±
	0,005	0,005	0,005	0,09	006	0,01	,01	0,01	0,01
S _d	0,02±	0,03±0,	0,03±0,	0,02±	0,03±0,	0,03±	0,03±0	0,03±	0,03±
	0,01	01	01	0,01	01	0,01	,01	0,01	0,01
PQ	0,11±	0,11±0,	0,11±0,	0,10±	0,10±0,	0,10±	0,09±0	0,09±	0,09±
*	0,01^a	01^a	01^a	0,01^a	01^b	0,01^b	,01^b	0,01^b	0,01^b
QR	0,08±	0,08±0,	0,08±0,	0,07±	0,07±0,	0,07±	0,07±0	0,07±	0,07±
S	0,01	01	01	0,01	01	0,01	,01	0,01	0,01
QT	0,33±	0,33±0,	0,33±0,	0,31±	0,31±0,	0,31±	0,26±0	0,26±	0,26±
*	0,06^a	06^a	06^a	0,04^a	04^{a,b}	0,04^a	,04^b	0,04^b	0,04^b

*Различные верхние индексы (a, b) показывают значимые различия ($p < 0,05$) между отведениями для показателей PQ и QT. ($p > 0,05$).

Таблица 5

Длительность скорректированного QT_c и интервала RR у животных разных групп (мс)

Группы	QT (Формула Фрамингема)	QT (Формула Базетта)	Интервал RR (мс)*
A (n=9)	408,0±45,9	431,8±54,2	696,7±76,4 ^a
B (n=17)	386,4±36,2	435,9±49,3	514,5±60 ^b
C (n=10)	339,6±12,4	404,4±16,5	351,9±31,4 ^c

*Различные верхние индексы (a, b, c) показывают значимые различия ($p < 0,05$) между группами A, B и C для показателя интервал RR

Пьетрен интервал PQ значительно короче и составляет 0,129 с и 0,113 с соответственно [1]. У обследованных нами свиной интервал PQ составляет от 0,09 с до 0,11 с, что соответствует здоровым животным, несмотря на существенную разницу в ЧСС между ними.

Нами показано, что у свиной на ЭКГ в отведениях SI,II,III наиболее часто встречаются комплексы типа rS и qrS, зубец S глубокий отрицательный. Наличие у копытных животных глубокого отрицательного зубца S свидетельствует о специфике возбуждения миокарда желудочков [7], вследствие чего формируется основной вектор QRS, направленный от верхушки к основанию сердца, т.е. в противоположном направлении, чем у грызунов, хищных и приматов [10]. Благодаря «вспышечному» характеру возбуждения желудочков, длительность интервала QRS у копытных мала [7]. Наличие у свиной вспышечного характера деполяризации желудочков была подтверждена прямыми экспериментальными исследованиями [4].

У свиной зубец R регистрируется у всех исследованных животных во всех трех сагитальных отведениях, тогда как зубец Q встречался реже. У здоровых лошадей зубец Q на ЭКГ также редко проявляется [5]. Начальная желудочковая активность здоровых коров на ЭКГ в трех сагитальных отведениях представлена комплексами типа RS и qrS, длительность составляет 0,07-0,08 с [2]. Нами показано, что у свиной породы Ландрас длительность интервала QRS в среднем составляет 0,07-0,08 с. У свиной других пород

длительность интервала QRS может быть несколько меньше (0,05-0,07 с), однако у свиной породы Пьетрен зубец R может иметь зазубрину и интервал QRS удлиняется до 0,09 с, что свидетельствовало о признаках нарушения проводимости сердца и являлось показателем слабо выраженной блокады одной из ножек пучка Гиса [1].

Исследованные нами свиные в большинстве случаев во всех трех сагитальных отведениях имели положительную T-волну, характеризующую конечную желудочковую активность. Процесс реполяризации желудочков сердца чрезвычайно лабильный процесс и форма T-волны может варьировать. У свиной породы Пьетрен встречаются положительная, отрицательная и двухфазная формы T-волны, что не является патологией, а указывает на нестабильность обменных процессов в миокарде [1]. У телят в сагитальных отведениях форма T-волны положительная [8]. При увеличении напряжения сердечно-сосудистой системы у коров, T зубец становится двухфазным, с остроконечной вершиной и узким основанием, свидетельствующим о развитии гипоксии миокарда [2]. У большинства спортивных лошадей наблюдается двухфазность зубца T, преобладание положительной или отрицательной фазы зубца T зависит от возраста животного [8].

Согласно нашим данным у свиной породы Ландрас длительность интервала QT достоверно зависит от ЧСС. У животных с высокими значениями ЧСС интервал QT составлял 0,26 с, а с низкими –

0,33 с. Корректированный QTc рассчитанный по формулам Фрамингема и Базетта варьировал в пределах 0,34-0,40 с, RR интервал - в пределах 0,35-0,70 с, что соответствует норме для копытных животных. У лошадей длительность QT составляет $0,46 \pm 0,01$ с [5], у коров – 0,36-0,40 с [2], у свиной породы Крупная белая и Пьетрен интервал QT короче и составляет 0,289 с и 0,250 с соответственно [1].

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование амплитудно-временных характеристик ЭКГ свиней в трех сагиттальных биполярных отведениях, являющейся физиологически обоснованной системой отведений для копытных животных, показало характерные для животных породы Ландрас особенности электрической активности сердца: положительная однофазная P-волна; конфигурация комплекса начальной желудочковой активности типа rS; положительную T-волну. У животных с существенной разницей в ЧСС длительность и форма зубцов начальной желудочковой активности (Q, R, S) на ЭКГ в сагиттальных отведениях SI,II,III не имели различий, длительности интервалов PQ и QT существенно отличались, однако длительность скорректированного интервала QTc была практически неизменной.

ELECTROCARDIOGRAM OF PIGS IN SAGITTAL BIPOLAR LEADS

Gulyaeva A.S. – PhD Biol.,Scie., senior scientific researcher, Smirnova S.L. PhD Biol Scie.,senior scientific researcher; Roshevskaya I.M. – Dr Biol., Scien., corresponding member.,leading scientific specialist

Department of Comparative Cardiology Federal Research Center “Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences”, Syktyvkar.

ABSTRACT

The similarity of porcine coronary circulation with humans [15], hemodynamic parameters [16] is suitable for using the porcine heart as an experimental model of cardiovascular diseases specific to humans. Pigs are a source of human valve bioprostheses [12]. Studies of pigs as donors for xenotransplantation have shown that it is impossible to

unequivocally consider the heart of a pig to be identical to a human heart. The topography of the conducting system of the pig leads to significant differences in the sequence of depolarization of the heart ventricles, which must be taken into account when conducting electrocardiographic studies [3, 4].

The aim of the study was to study the amplitude-temporal characteristics of the ECG in a normal pig. ECG in pigs was recorded in sagittal bipolar trunk leads according to Roshevsky [7]. Animals were anesthetized with 1% solution of ventranquil (0,02 ml/kg), urethane (1,5 g/kg) intramuscularly. Heart rate in anesthetized pigs varied from 74 to 194 beats/min, the animals were divided into three groups. In the first group, animals with heart rate less than 100 beats/min, in the second from 100 to 150 beats/min, in the third more than 150 beats/min.

In the course of the study, it was shown that in bipolar sagittal leads, the P-wave is positive single-phase; the most common configuration of the initial ventricular activity complex is rS; The T-wave is mostly positive. In animals from groups with significant differences in heart rate on the ECG in three bipolar sagittal leads, the shape and duration of the Q, R, S waves did not differ, the duration of the PQ and QT intervals differed significantly. The duration of the corrected QTc interval in animals with different heart rates practically did not differ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранников А.И. Аритмии сердца у свиней / А.И. Баранников, С.З. Гайнутдинов // Современ. аспекты разведения и селекции свиней на Дону. П. Персиановский, – 1997. – С. 62-66.
2. Голиков А.Н. Электрофизиология сердца сельскохозяйственных животных / А.Н. Голиков, Т.В. Ипполитова, В.Д. Фомина // – М. – 1983. – 29 с.
3. Гуляева А.С. Архитектоника волокон рабочего миокарда желудочков сердца свиньи / А.С. Гуляева, Роцевская И.М. // Морфология. – 2005. – Т. 127, – № 2. – С. 52-55.
4. Гуляева А.С. Формирование областей

- начальной деполяризации в левом желудочке сердца свиньи / А.С. Гуляева, И.М. Рощевская // Ветеринарная медицина. – 2010. – № 3-4. – С. 77-79.
5. Гушин А.И. Критерии оценки данных эхокардиографии и электрокардиографии в диагностике миокардиодистрофии спортивных лошадей / А.И. Гушин, А.Н. Шестакова, С.Н. Копылов // Иппология и ветеринария. – 2016. – №4 (22). – С. 11-16.
6. Ишарина З.Р. ЭКГ лошадей / З.Р. Ишарина, Э.А. Ямалитдинова, Р.Н. Файрушин // Материалы XIV Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL:<ahref="https://scienceforum.ru/2022/article/2018032071">https://scienceforum.ru/2022/article/2018032071
7. Рощевский М.П. Избранные труды / М.П. Рощевский // РАН, УрО Коми научный центр, Отделение физиологических наук. – Сыктывкар. – 2013. – Т. 4. – 889 с.
8. Шестакова А.Н. Электрическая активность сердца у спортивных лошадей в зависимости от тренинга / А.Н. Шестакова // Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. «Теоретические и практические вопросы ветеринарной медицины». Киров, – 2007. – С. 132-134.
9. Bharati S. The conduction system of the swine heart / S. Bharati, M. Levine, S.K. Huang, B. Handler, G.V. Parr, R. Bauernfeind, M Lev // Chest. – 1991. – Vol. 100(1). – P. 207-12.
10. Detweiler D.K. Electrophysiology of the heart, in Dukes' Physiology of Domestic Animals, 10th edn, M.J. Swenson, Editor. Ithaca, NY: Cornell University Press. – 1984. – P. 103-130.
11. Lelovas P.P. A comparative anatomic and physiologic overview of the porcine heart / P.P. Lelovas, N.G. Kostomitsopoulos, T.T. Xanthos // J. Am. Assoc. Lab. Anim. Sci. – 2014. – Vol. 53(5). – P. 432-438.
12. Manji R.A. Porcine bioprosthetic heart valves: the next generation / R.A. Manji, A.H. Menkis, B. Ekser, D.K.C. Cooper // Am. Heart J. – 2012. – Vol. 164. – P. 177-185.
13. Paslawska U. Normal electrocardiographic and echocardiographic (M-mode and twodimensional) values in Polish Landrace pigs / U. Paslawska, A. Noszczyk-Nowak, R. Paslawski, A. Janiszewski, L. Kiczak, D. Zysko, J. Nicpon, E.A. Jankowska, A. Szuba, P. Ponikowski // Acta. Vet. Scand. – 2014. – Vol. 9. – P. 56-54.
14. Ryu S. Intramural Purkinje cell network of sheep ventricles as the terminal pathway of conduction system / S. Ryu, S. Yamamoto, C.R. Andersen, K. Nakazawa, F. Miyake, T.N. James // Anat Rec (Hoboken). – 2009. – Vol. 292. – P. 12-22.
15. Sahni D. Anatomy and distribution of coronary arteries in pig in comparison with human / D. Sahni, G.D. Kaur, H. Jit, I. Jit // Indian. J. Med. Res. – 2008. – Vol. 127. – P. 564-570.
16. Xanthos T. Cardiopulmonary arrest and resuscitation in Landrace–Large White swine: a research model / T. Xanthos, P. Lelovas, I. Vlachos, N. Tsirikos-Karapanos, E. Kouskouni, D. Perrea, I. Dontas // Lab. Anim. – 2007. – Vol. 41. – P. 353-362.

REFERENCES

1. Barannikov A.I., Gainutdinov S.Z. Cardiac arrhythmias in pigs. Modern aspects of breeding and selection of pigs on the Don. 1997, pp. 62-66.
2. Golikov A.N., Ippolitova T.V., Fomina V.D. Electrophysiology of the heart of farm animals. Moscow, 1983, 29 p.
3. Gulyaeva A.S., Roshchevskaya I.M. Architectonic of the working myocardium fibers in pig cardiac ventricles. Morfologiya, 2005, vol. 127, no 2, pp. 52-55.
4. Gulyaeva A.S., Roshchevskaya I.M. The formation of areas of the early depolarization in the left ventricle of the pig's heart. Veterinarnaia medicina, 2010, no 3-4, pp. 77-79.
5. Gushchin A.I., Shestakova A.N., Kopylov S.N. Evaluation criteria for echocardiography and electrocardiography data in the diagnosis of myocardial dystrophy in sport horses. Hippology and veterinary, 2016, no 4 (22), pp. 11-16.
6. Isharina Z.R., Yamalidina E.A., Fairushin R.N. Equine ECG. Materials of the XIV International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum" URL:<ahref="https://

- scienceforum.ru/2022/article/2018032071"><https://scienceforum.ru/2022/article/2018032071>
7. Roschevsky M.P. Selected writings. Russian Academy of Sciences, Ural Branch Komi Scientific Center, Department of Physiological Sciences. Syktyvkar, 2013, vol. 4, 889 p.
8. Shestakova A.N. Electrical activity of the heart in sports horses depending on training. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference "Theoretical and practical issues of veterinary medicine". Kirov, 2007. pp. 132-134.
9. Bharati S., Levine M., Huang S.K., Handler B., Parr G.V., Bauernfeind R., Lev M. The conduction system of the swine heart. 1991, vol. 100(1), pp. 207-212.
10. Detweiler D.K. Electrophysiology of the heart, in Dukes' Physiology of Domestic Animals, 10th edn, M.J. Swenson, Editor. Ithaca, NY: Cornell University Press. 1984, pp. 103-130.
11. Lelovas P.P., Kostomitsopoulos N.G., Xanthos T.T. A comparative anatomic and physiologic overview of the porcine heart. J. Am. Assoc. Lab. Anim. Sci. 2014, vol. 53 (5), pp. 432-438.
12. Manji R.A., Menkis A.H., Ekser B., Cooper D.K.C. Porcine bioprosthetic heart valves: the next generation. Am. Heart J. 2012, vol. 164, pp. 177-185.
13. Paslawska U., Noszczyk-Nowak A., Paslowski R. et.al., Normal electrocardiographic and echocardiographic (M-mode and twodimensional) values in Polish Landrace pigs. Acta. Vet. Scand. 2014, vol. 9, pp. 56-54.
14. Ryu S., Yamamoto S., Andersen C.R., Nakazawa K., Miyake F., James T.N. Intramural Purkinje cell network of sheep ventricles as the terminal pathway of conduction system. Anat. Rec (Hoboken). 2009, vol. 292, pp. 12-22.
15. Sahni D., Kaur G.D., Jit H., Jit I. Anatomy and distribution of coronary arteries in pig in comparison with human. Indian. J. Med. Res. 2008, vol. 127, pp. 564-570.
16. Xanthos T., Lelovas P., Vlachos I., et.al. Cardiopulmonary arrest and resuscitation in Landrace–Large White swine: a research model. Lab. Anim. 2007, vol. 41, pp. 353-362.