

УДК 616.12-089.1/.2-084.4

ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У КРОЛИКОВ

Макарова Татьяна Николаевна

Кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, экологии, генетики и разведения животных, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский ГАУ», г. Троицк, Россия
e-mail: e-ugavmd@mail.ru

Аннотация. В научной статье представлены динамика электрофизиологических показателей у кроликов. Проведён физиологический анализ прироста массы тела у исследуемых кроликов породы шиншилла в возрасте 4,5 месяца, а в полученных электрокардиограммах измеряли величину зубцов-P, R, S, T, желудочковый комплекс QRS, а также продолжительность интервалов P-Q, S-T, T-P, R-R, в сек.

Ключевые слова: электрокардиограмма, кролики, электрофизиологические показатели.

DYNAMICS OF ELECTROCARDIOGRAPHIC PARAMETERS IN RABBITS

Tatyana Nikolaevna Makarova

PhD (Biology), Associate Professor, Department of Biology, Ecology, Genetics, and Animal Breeding, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia
e-mail: e-ugavmd@mail.ru

Abstract. This scientific article presents the dynamics of electrophysiological parameters in rabbits. A physiological analysis of body weight gain was conducted in 4.5-month-old Chinchilla rabbits. The resulting electrocardiograms were used to measure the magnitude of the P, R, S, and T waves, the ventricular QRS complex, and the duration of the P-Q, S-T, T-P, and R-R intervals (in seconds).

Keywords: electrocardiogram, rabbits, electrophysiological parameters.

ВВЕДЕНИЕ. Одной из важных областей применения количественных подходов является физиология кровообращения и кардиология. В.А. Паркин рекомендовал использовать различные математические методы при анализе сердечного ритма. Большую значимость они приобретают в случаях различных сердечных патологий [2,4]. Особую роль в изучении деятельности сердца приобрела ЭКГ, как свидетельствует многочисленная зарубежная и отечественная

литература, она является весьма ценным инструментом в установлении закономерностей функционирования сердечно-сосудистой системы [3,6].

Изучение показало, что проведение возбуждения в сердце осуществляется электрическим путём, вследствие образования потенциалов действия в мышечных клетках-пейсмекерах [5]. Вначале процесс возбуждения в сердце возникает в области устья полых вен, в синоатриальном узле, а затем распространяется на другие отделы проводящей системы сердца.

Цель исследования: изучить процессы возбуждения миокарда по данным электрокардиографических показателей у кроликов разного пола. Для достижения поставленной была определена задача, изучить особенности электрокардиограммы у данных животных, а также определить физиологические характеристики кроликов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Исследования проводились на кроликах породы шиншилла. У кроликов измеряли температуру тела, определяли частоту пульса и дыхания, массу тела животных. Биоэлектрическую активность сердца регистрировали с помощью электрокардиографа ЭК1Т-04 в трёх стандартных отведениях. В полученных электрокардиограммах измеряли величину зубцов в mV, в том числе P, R, S, T, желудочковый комплекс QRST, продолжительность интервалов P-Q, S-T, T-P, R-R, в сек., методом расчёта – систолический показатель в %. Статистическая обработка выполнялась с помощью программ Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. При изучении физиологических показателей у кроликов нами отмечается следующие данные.

В среднем за период исследования масса тела самцов составила $2979,0 \pm 43,5$, у самок - $2578,0 \pm 53,5$ г и была меньше в 1,34 раза. При этом абсолютный прирост, а также темп роста и прироста у самок были выше в 1,23, 1,38 и в 1,068 раза, на что у них затрачивалось небольшое количество энергии, а у самцов максимальное. Положительная взаимосвязь между массой тела животных и их возрастом со временем снижалась, но более значительно и при меньших энергетических затратах у самцов.

Температура тела оказывается в 1,0008 раза выше у самцов, с возрастом она возрастала на 0,8 %: от $38,4 \pm 0,06$ °C у самцов в возрасте 3,5 месяца, у самок - 4,5 месяца до $38,7 \pm 0,03$ °C у первых к возрасту 4,5 и 8,5 месяца, у вторых - в период 5,5–6,5 месяца. Средний абсолютный прирост и темп роста у самок были выше в 1,5 и в 1,002 раза при одинаковом темпе прироста (100,1). Затраты энергии на поддержание показателя организма у самок были небольшими, а у самцов – максимальными. Положительная взаимосвязь температуры тела и возраста

животных со временем у самок при максимальных затратах энергии возрастала в 1,27 раза; у самцов при небольших затратах энергии она снижалась в 1,76 раза.

Поступление кислорода и вынос углекислого газа у самцов осуществляется в 1,0026 раза интенсивнее. С возрастом происходит снижение частоты дыхания: у самок при значительных затратах энергии в - 1,36 раза к возрасту в 7,5 месяца, у самцов - в 1,63 раза при небольших затратах энергии к 8,5 месяца. Ежемесячное уменьшение показателя осуществлялось в 1,93 раза значительнее у самцов, а темп роста и прироста, наоборот, у самок был выше в 1,26 и 1,047 раза соответственно. Положительная взаимосвязь частоты дыхания и возраста при максимальных затратах энергии животных у самок со временем возрастала в 1,18 раза, у самцов, наоборот, уменьшалась в 1,3 раза.

Интенсивность выброса крови из сердца в аорту у самцов было в 1,016 раза выше. С возрастом у животных отмечалось снижение показателя: у самок в 1,07 раза - с $276,4 \pm 7,44$ (5,5 месяцев) до $259,4 \pm 13,22$ уд/мин (8,5 месяца) при максимальных энергетических затратах; у самцов - в 1,14 раза при значительных затратах энергии - с $295,2 \pm 8,92$ (4,5 месяца) до $259,2 \pm 3,27$ уд/мин (7,5 месяца). Ежемесячное уменьшение показателя было в 1,1 раза выше у самок, а темп роста и прироста, наоборот, был значительнее у самцов - в 1,014 и в 1,003 раза соответственно. Положительная взаимосвязь частоты сокращения сердца и возраста у самок при максимальных затратах энергии к возрасту 7,5 месяца возрастала в 1,45 раза; у самцов при небольших затратах повышалась в 1,9 раза к 4,5 месяца.

Частота пульса у самок оказалась выше в 1,33 раза. Направленность её изменения у кроликов разного пола была противоположной. У самок при небольших затратах энергии она снижалась с $169,3 \pm 10,36$, (4,5 месяца) до $141,8 \pm 5,28$ уд/мин (5,5 месяца) - в 1,19 раза; у самцов при значительных затратах энергии она возрастала в 1,15 раза: с $137,3 \pm 6,57$ (5,5 месяца) до $157,3 \pm 4,99$ уд/мин (6,5 месяца). При этом средний абсолютный прирост и темп роста показателя у самок были ниже в 1,23 и 1,003 раза соответственно, а темп прироста не различался. Положительная взаимосвязь частоты пульса и возраста животных у самок при небольших затратах энергии к 8,5 месяца повышалась в 1,24 раза, у самцов при максимальных затратах энергии, наоборот, уменьшалась в 1,28 раза.

Зубец Р – это предсердный комплекс, отражающий электрическую активность или деполяризацию предсердий, исходящую из синартериального узла[1]. Амплитуда возбуждения предсердий (Р) в 1,1 раза была выше у самок. С возрастом ее уровень уменьшался: у самок - от $0,189 \pm 0,008$ (4,5 месяца) до $0,117 \pm 0,011$ mv (6,5 месяца), или в 1,62 раза, а у самцов - от $0,170 \pm 0,012$ (5,5 месяцев) до $0,108 \pm 0,008$ mv (8,5 месяцев), или в 1,57 раза. Эти изменения

сопровождались у первых максимальными затратами энергии, а у вторых - значительными. Ежемесячное снижение показателя предсердий было выше в 1,17 раза у самцов, а темп его роста и прироста, наоборот, в 1,086 и 1,017 раза соответственно был значительнее у самок. Положительная взаимосвязь возраста и уровня возбуждения предсердий у самок уменьшалась в 1,48 раза в возрасте 5,5 месяца при минимальных затратах энергии, а у самцов при значительных затратах энергии она возрастала в 1,35 раза в возрасте 8,5 месяца.

Скорость распространения возбуждения от предсердий к желудочкам (P-Q) была в среднем выше в 1,06 раза у самок. Показатель был минимальным у самок в возрасте 3,5 месяца ($0,049 \pm 0,003$ сек), максимальным - в 5,5 месяца ($0,06 \pm 0,002$ сек), возрастая в 1,22 раза: у самцов соответственно в 4,5 ($0,03 \pm 0,001$ сек) и 7,5 месяца ($0,06 \pm 0,001$ сек), повышаясь в 2,0 раза. Замедление скорости распространения возбуждения сопровождается у самок небольшими затратами энергии, у самцов - минимальными. Ежемесячное повышение показателя у самок, как и темп роста и прироста, был значительнее в 3,3, в 1,05 и в 1,01 раза соответственно. В целом взаимосвязь возраста и продолжительности интервала P-Q у самцов оказалась выше в 1,024 раза. При этом зависимость показателя с возрастом повышалась, и в 3,4 раза интенсивнее это происходит у самцов. Причём у них использовалось небольшое количество энергии, а у самок - максимальное.

Уровень возбуждения миокардиоцитов верхушки желудочка (R) у самцов в среднем оказался выше в 1,0035 раза. Максимальная величина показателя у них наблюдалась в возрасте 4,5 месяца, а у самок - в 6,5 ($0,625 \pm 0,025$ mv), минимальная в обеих группах - в 7,5 месяца ($0,517 \pm 0,039$ mv). Ежемесячное снижение величины возбуждения происходило в 3,0 раза интенсивнее у самцов, в то же время темп роста и прироста был соответственно в 1,03 и 1,006 раза выше. Взаимосвязь возраста и амплитуды зубца R у самцов при небольших энергозатратах оказался выше в 1,09 раза. При этом зависимость возбуждения миокардиоцитов и возраста у самок возрастала, а у самцов, наоборот, уменьшалась в 13,0 раз интенсивнее.

Амплитуда возбуждения оснований желудочков (S) у самцов в среднем оказалась в 1,1 раза выше. У животных обеих групп величина показателя максимальна в возрасте 3,5 месяца: $0,40 \pm 0,02$ и $0,475 \pm 0,055$ mv, но минимальна у самок - в 8,5 месяца ($0,267 \pm 0,036$ mv), снижаясь в 1,48 раза, у самцов - в 5,5 месяца ($0,275 \pm 0,021$ mv), в 1,73 раза. Эти изменения у самок сопровождались значительными затратами энергии, а у самцов - максимальными. Ежемесячное уменьшение показателя, темп его роста и прироста происходит интенсивнее у самцов: соответственно в 1,1 раза, в 1,02 и 1,005 раза. Взаимосвязь возраста и

амплитуды зубца S у самок оказалась выше в 1,17 раза. При одинаковой величине снижения взаимосвязи у самок на её поддержание использовалось небольшое количество энергии, а у самцов - минимальное.

Скорость перехода деполяризации в реполяризацию желудочков (S–T) в 1,01 раза выше у самок. У них длительность интервала S-T была минимальной в возрасте 5,5 месяца ($0,102 \pm 0,003$ сек), а у самцов - в 3,5 месяца ($0,100 \pm 0,007$ сек.), максимальной в обеих группах - в 7,5 месяца: $0,112 \pm 0,004$ и $0,108 \pm 0,003$ сек. При значительных затратах энергии ежемесячное повышение скорости развития реполяризации желудочков, темп её роста и прироста был выше в 2,0, в 1,035 и 1,007 раза соответственно у самцов. Взаимосвязь возраста и продолжительности интервала S-T в 1,37 раза значительнее у самок. При небольших расходах энергии связь интервала S–T и возраста у самцов возрастала, а у самок, наоборот, снижалась, интенсивнее в 1,73 раза.

Активность реполяризации в области оснований желудочков (T) оказалась в среднем в 1,15 раза выше у самок. Ее минимальный уровень у них наблюдался в возрасте 4,5 и 8,5 месяца ($0,157 \pm 0,015$ mv), максимальный - в 7,5 месяца ($0,215 \pm 0,024$ mv), возрастая в 1,37 раза; у самцов - соответственно в 8,5 месяца ($0,108 \pm 0,008$ mv) и в 5,5-6,5 месяца ($0,183 \pm 0,011$ mv), что было выше в 1,69 раза. При максимальных затратах энергии ежемесячное уменьшение уровня реполяризации оснований желудочков у самцов было в 8,5 раза выше, в то время как величина среднего темпа роста и прироста были, наоборот, в 1,66 и 1,11 раза соответственно меньше. Зависимость возраста и реполяризации желудочков у самцов оказалась ниже в 1,27 раза, чем у самок. При этом связь амплитуды реполяризации желудочков и возраста у самок при значительных затратах энергии увеличивалась, а у самцов при небольших затратах энергии, наоборот, уменьшалась, интенсивнее в 1,54 раза.

Длительность электрической активности миокардиоцитов желудочков (QRST) в 1,016 раза больше у самок. Она была минимальной у самок в возрасте 5,5 месяца ($0,122 \pm 0,003$ сек.), а у самцов - в 3,5 месяца ($0,118 \pm 0,007$ сек.), максимальной у первых - в 7,5 месяца ($0,132 \pm 0,004$ сек), у вторых - 5,5-7,5 месяца ($0,128 \pm 0,005$ сек.), что больше в 1,08 раза. Поддержание величины комплекса у самок осуществлялась с максимальными затратами энергии, а у самцов – небольшими. Ежемесячное повышение активности миокардиоцитов желудочков, а также средний темп роста и прироста были выше у самцов соответственно в 2,0, 1,077 и 1,015 раза. При небольших затратах энергии взаимосвязь возраста и комплекса QRST у самцов оказалась выше в 1,007 раза, чем у самок. Связь длительности электрической активности и возраста у самцов возрастала, а у самок, наоборот, снижалась, интенсивнее в 1,78 раза.

Продолжительность диастолы (Т-Р) оказалась в 1,023 раза выше у самок. Длительность отдыха сердечной мышцы у них была минимальной в возрасте 3,5 месяца ($0,035 \pm 0,005$ сек.), а у самцов - в 4,5 месяца ($0,04 \pm 0,01$ сек), максимальной - в 6,5 и 8,5 месяца ($0,05 \pm 0,003$ сек.) и в 6,5 месяца ($0,05 \pm 0,01$ сек.) соответственно. Поддержание диастолы в обеих группах кроликов происходит при небольших затратах энергии. Интенсивность ежемесячного снижения диастолы у самцов, а у самок - её роста развивается в 3,3 раза значительнее у первых, тогда как средний темп роста и прироста в 1,11 и 1,02 раза соответственно был выше у вторых. Взаимосвязь возраста и диастолы в среднем у самок оказалась выше в 1,126 раза. На её поддержание организму самок приходилось затрачивать небольшое количество энергии, а самцам - максимальное. Связь диастолы сердца и возраста у самцов усиливалась, а у самок, наоборот, снижалась более интенсивно - в 1,5 раза.

Продолжительность сердечного цикла (R-R) оказалась в 1,018 раза больше у самок. Его продолжительность была минимальной у самок в возрасте 5,5-6,5 месяца ($0,22 \pm 0,01$ сек.), а у самцов - в 4,5 месяца ($0,21 \pm 0,01$ сек), максимальной - соответственно в 8,5 и 6,5 месяца ($0,23 \pm 0,01$ сек.), что выше в 1,07 раза. Поддержание продолжительности сердечного цикла осуществлялась у самок с максимальными энергетическими затратами, а у самцов - с минимальными. Интенсивность ежемесячного повышения длительности цикла в обеих группах одинакова, а величина среднего темпа роста и прироста в 1,009 и 1,002 раза соответственно выше у самцов. Взаимосвязь возраста и длительности цикла на протяжении исследуемого периода у животных происходила при небольших энергозатратах, а у самцов она оказалась выше в 1,51 раза. Связь продолжительности сердечного цикла и возраста у самцов возрастала, а у самок, наоборот, снижалась более интенсивно - в 15,0 раз.

Время активности желудочков сердца (систолический период) было в 1,0007 раза выше у самцов. У самок оно минимально в возрасте 8,5 месяца ($54,83 \pm 1,93$ %), а у самцов - в 6,5 месяца ($54,17 \pm 1,08$ %), максимально соответственно в 7,5 месяца ($58,75 \pm 1,26$ %) и в 5,5 месяца ($59,48 \pm 1,44$ %). Интенсивность ежемесячного повышения активности желудочков у самцов, а у самок её уменьшения развивалась в 2,6 раза значительнее у последних, тогда как средний темп роста и прироста в 1,07 и 1,014 раза соответственно был выше у самцов. На протяжении исследуемого периода взаимосвязь возраста и активности желудочков у самок оказалась в 1,29 раза выше, чем у самцов, на фоне максимальных энергозатрат у первых и минимальных у вторых.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Рост и развитие самцов кроликов происходит по наиболее сложному и энергетически емкому пути. С возрастом у самок в большей степени

происходит повышение температуры тела, ее становление сопровождается максимальными затратами, а у самцов - небольшими энергией. С возрастом снижение частоты дыхания у первых связано со значительными, а у самцов - с небольшими затратами энергии.

Таким образом, для развития электрогенеза сердца кроликов характерен гетерохронизм и половые различия, начиная с самого раннего возраста. Менее всего для обеспечения оптимального функционирования сердца имеет значение состояние внутрипредсердной проводимости, а атриовентрикулярное проведение и внутрижелудочковые особенности распространения возбуждения приобретают решающую роль. У самцов больше, чем у самок, определяющим фактором является величина электропотенциалов, что, по-видимому, связано с различиями в массе и структуре клеток миокарда.

Список литературы

1. Емельянова, А. С. Анализ зубца-Р ЭКГ животных с разным вегетативным статусом / А. С. Емельянова, Т. Н. Макарова, Е. Е. Степура // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Пенза, 24–26 марта 2021 года. Том IV. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 85-87. – EDN OJQYUE.
2. Макарова, Т. Н. Системный подход в оценке функционального состояния клинических и электрографических показателей самцов растущих кроликов / Т. Н. Макарова, А. А. Самотаев // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2. – С. 29-33. – EDN PABOYF.
3. Надареишвили К.Ш., Месхишвили И.И., Кахиани Д.Д. и др. Вариабельность сердечного ритма среди кроликов породы шиншилла / Бюл. эксперимен. биологии и медицины. 2002. Т. 134. № 12. С. 657-659.
4. Паркин В.А. Применение количественных методов в медицине и физиологии // Математические методы анализа сердечного ритма: сборник. М.: Изд-во АН СССР, 1968. С. 5.
5. Степура, Е.Е. Клиническая электрофизиология животных / М.М. Наумов, А.С. Емельянова, Н.М. Наумов, Е.Е. Степура, И.А. Брусенцев // Курск, 2020.
6. Симонова, Е.В., Султанова К.Т., Бородин А.Ю., Мазукина Е.В. Основные показатели функционирования сердечно-сосудистой системы лабораторных кроликов// Ветеринарная патология. – 2025. – Т. 24. - № 2. – С. 29–42. <https://doi.org/10.23947/2949-4826-2025-24-2-29-42>. EDN INMCMS.