

УДК 616; 619

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2021.4.151

## ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММА ХОРЬКОВ В ПЕРИОД РАННЕГО ПОСТНАТАЛЬНОГО ОНТОГЕНЕЗА

Пешкин Е.А. – ст.лаб.иссл. вет.врач; Гуляева А.С. – к.б.н., с.н.с.  
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН отдел сравнительной кардиологии

**Ключевые слова:** электрокардиография, ранний постнатальный период, хорьки.  
**Key words:** electrocardiography, early postnatal period, ferrets.



### РЕФЕРАТ

В экспериментальных исследованиях хорьков используют в качестве модельных животных как альтернативу более крупным хищникам и грызунам при изучении различных патологий. Хорьки являются экзотическими домашними животными, и влияние domestikации проявляется у них развитием различных сердечно-сосудистых заболеваний. Электрокардиографическое исследование позволяет выявить у взрослых зверьков уже приобретенные патологии сердца, такие как аритмии. Наиболее яркая физиологическая адаптация к новым условиям жизни наблюдается у хорьков в ранний постнатальный период. Знания особенностей электрокардиограммы хорьков в этот период помогут выявить врожденные кардиологические заболевания. Целью исследования было изучить электрокардиограммы хорьков в возрасте одного месяца и сопоставить полученные результаты со взрослыми зверьками. Электрокардиограммы регистрировали в стандартных биполярных отведениях от конечностей на 12-канальном компьютерном электрокардиографе в стерильном положении тела. Был проведен анализ морфологии Р-волны, QRS комплекса и Т-волны, представлена характеристика амплитудных показателей и временных интервалов. Выявлено, что Р-волна преимущественно островершинная, с наибольшей амплитудой во втором отведении, комплекс начальной желудочковой активности представлен однофазным зубцом R, Т-волна у некоторых животных во II и III отведениях двухфазная. У всех зверьков на электрокардиограмме зарегистрирован высокий подъем сегмента ST. Полученные результаты показали, что в электрокардиограмме хорьков в возрасте одного месяца не наблюдается значительных изменений по сравнению со взрослыми здоровыми зверьками, поэтому описанную у них электрокардиограмму можно считать нормальной для их возраста.

### ВВЕДЕНИЕ

Хорьков часто используют в качестве модельных животных в экспериментальных биомедицинских исследованиях. Большую популярность эти зверьки получили из-за схожих черт с метаболическими и физиологическими функциями человека, возможности их использования как альтернативу в токсикологических экспериментах более крупным животным, таким как собаки и приматы [2]. Также, являясь хищниками, хорьки рассматриваются как альтернативный грызунам вид животных, что позволяет снизить

риски доклинических исследований [8].

В последнее время все больше людей заводят хорьков в качестве животных компаньонов. Вследствие domestikации у них появляются различные формы сердечно-сосудистых заболеваний, которые диагностируются при электрокардиографическом исследовании [14]. В ветеринарных клиниках кардиологическое исследование хорькам проводят, когда у этих животных уже имеются явные проявления сердечной недостаточности. Наиболее распространенными патологиями сердца хорьков являются дегенератив-

ные изменения клапанов, дилатационная кардиомиопатия, гипертрофическая кардиомиопатия и миокардит [6, 12].

Хорьки относятся к не зрелорождающимся животным, у которых в первый месяц постнатального развития наблюдается наиболее яркая физиологическая адаптация, в связи с переходом к новым условиям среды обитания. Это период, когда у молодняка появляется шерстный покров, открываются уши и глаза [1, 5]. Знания нормальной электрокардиографии у хорьков в возрасте 1 месяца помогут в дальнейших исследованиях сердечно-сосудистой системы у данного вида животных для выявления врожденных кардиологических заболеваний.

Цель данной работы изучить электрокардиограммы хорьков в возрасте одного месяца и сопоставить полученные результаты со взрослыми зверьками.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Электрокардиографическое исследование проводили на 12 хорьках (*Mustela putorius furo* (Linnaeus, 1758)) в возрасте одного месяца. Средняя масса животных (6 самок и 6 самцов) составила  $0,27 \pm 0,06$  кг.

В качестве общей анестезии использовали смесь золетила (12,5 мг/мл) и ксилазина (20 мг/мл), в соотношении 1:1, которую вводили подкожно в дозировке 0,6 мл/кг. ЭКГ регистрировали в стандартных биполярных отведениях от конечностей на 12-канальном компьютерном электрокардиографе «Поли-Спектр-8/ЕХ» (Нейрософт, Россия) в стерильном положении тела. Биоэлектрические потенциалы сердца

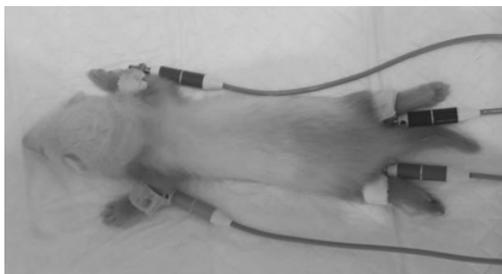


Рис. 1. Расположение электродов при регистрации ЭКГ у хорьков в стерильном положении тела.

регистрировали при помощи самодельных электродов, сделанных в виде браслета из резинки на липучках. Электроды закрепляли на передних конечностях выше локтевого сгиба и на задних конечностях выше коленного сустава (рис. 1). В областях наложения электродов наносили электродный контактный гель «Гельтек-Медика». Амплитуды (мВ) Р-волны, зубцов Q, R, S и Т-волны, длительности (с) Р и Т волн, интервала PQ, комплекса QRS, сегмента ST и интервала RR измеряли по трем сердечным циклам из электрокардиографических записей. Частоту сердечных сокращений (ЧСС) рассчитывали по длительности интервалов RR. Электрическую ось сердца определяли в виде проекции среднего результирующего вектора QRS на фронтальную плоскость. Для анализа ЭКГ использовали программу Поли-Спектр-Анализ (Нейрософт, Россия).

Исследования на хорьках выполняли в соответствии с общепринятыми нормами обращения с экспериментальными животными на основе стандартных операционных процедур, соответствующих правилам европейской Конвенции ETS 123.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 10.0 (StatSoft, Inc., США). Данные



Рис. 2. Электрокардиограмма хорька (№1, самец) в возрасте одного месяца. (скорость записи 50 мм/с, амплитуда 20мм/мВ)

**Таблица 1**  
Амплитудные показатели (мВ) электрокардиограммы зубцов в стандартных биполярных отведениях (I, II, III) у хорьков в стернальном положении тела (M±SD)

параметры отведения	P <sub>a</sub>	R <sub>a</sub>	S-T <sub>a</sub>	T <sub>a</sub>	
				положит.	отрицат.
I	0,04±0,02	0,34±0,24	0±0,004	0,02±0,02	–
II	0,12±0,03	1,23±0,25	0,08±0,03	0,18±0,04	-0,08±0,01
III	0,07±0,04	1,07±0,25	0,09±0,03	0,16±0,04	-0,08±0,01

**Таблица 2**  
Длительность (с) волн электрокардиограммы в стандартных биполярных отведениях (I, II, III) у хорьков в стернальном положении тела (M±SD).

параметры отведения	P	QRS	T
I	0,03±0,002	0,03±0,002	0,06±0,01
II			
III			

**Таблица 3**  
Длительность (с) сегментов и интервалов электрокардиограммы в стандартных биполярных отведениях (I, II, III) у хорьков в стернальном положении тела (M±SD)

параметры отведения	P-Q	Q-T	S-T	R-R
I	0,05±0,01	0,12±0,01	0,013±0,003	0,184±0,03
II				
III				

представляли в виде средних арифметических величин со стандартным отклонением (M±SD).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

ЧСС у обследуемых хорьков в стернальном положении тела варьировала от 141 до 286 уд/мин, в среднем составила 233±38 уд/мин, у самок ЧСС была выше, чем у самцов 241±22 уд/мин и 222±23 уд/мин соответственно. Электрическая ось сердца была

расположена со смещением вправо  $\alpha=73\pm9$ . Морфология P-волны, QRS комплекса и T волны

У четырех хорьков в стернальном положении тела на ЭКГ во всех трех отведениях регистрировали положительную P-волну плавно восходящую и плавно нисходящую, у семи животных форма P-волны была островершинной, у одного хорька двухвершинной (рис. 2). Комплекс начальной желудочковой активности од-

номесячных хорьков во всех трех отведениях имеет форму однофазного положительного зубца R. Небольшой Q-зубец был зарегистрирован в I отведении только у двух исследованных хорьков. Зубец S был зарегистрирован у двух животных в I отведении, у одного хорька во II отведении и у трех в III отведении.

Конфигурация T-волны на ЭКГ в трех стандартных биполярных отведениях хорьков варьировала: в I отведении у большинства животных T-волна положительная, однофазная, у одного животного – изоэлектрична. Во II и III отведениях у четырех животных T волна двухфазная (+/-), где положительная фаза преобладает над отрицательной, у остальных T-волна положительная однофазная. У всех животных во II и III отведениях регистрировали увеличение подъема сегмента ST. Параметры амплитудных показателей и временных интервалов представлены в таблицах 1, 2, 3.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование ЭКГ хорьков в возрасте одного месяца было проведено под действием комбинированного наркоза, состоящего из смеси золетила и ксилазина. Данный вид анестезии широко применяется в ветеринарии в качестве миорелаксации [8]. Регистрацию ЭКГ хорьков проводили в стерильном положении тела, т.к. ранее нами было показано, что у половозрелых хорьков при снятии ЭКГ в вертикальном (висячем) положении тела, по сравнению со стерильным, выявляются отличия в морфологии P-волны, зубца R и T-волны [3].

ЭКГ детенышей кунных характеризуется нормальным синусовым ритмом с относительно постоянной для каждого возраста скоростью сокращений сердца. Показано, что для щенков обыкновенной ласки темп сердечной деятельности к месячному возрасту достигал 450-480 уд/мин, а к полутора месяцам – 420-540 уд/мин [4]. По сравнению с щенками обыкновенной ласки, у хорьков нами были зарегистрированы более низкие значения ЧСС 233±38 уд/мин. Высокие значения ЧСС у незрелорождающихся животных в

этот период связаны с прозреванием и повышением двигательной активности. В месячном возрасте зверьки переходят на самостоятельное питание, что совпадает с началом урежения темпа сердечной деятельности [4]. У взрослых животных показатели ЧСС ниже по сравнению с периодом новорожденности. Так, у половозрелых хорьков ЧСС составляет в среднем 200 уд/мин [3, 9], однако некоторые авторы указывают ЧСС 300-400 уд/мин [6, 10, 13]. Вероятно, отличия в ЧСС взрослых хорьков связаны с использованием различных анестетиков [11], а также зависит от темперамента и симпатической стимуляции во время исследования [6].

Отмечено, что у самок зверьков кунных ЧСС выше, чем у самцов. У взрослых самцов ласки частота пульса составляет 364±13,4 уд/мин, а у самок 383±10,3 уд/мин [4]. У самцов хорьков ЧСС может быть ниже 260 уд/мин, а у самок выше 340 уд/мин [6]. Эта разница невелика, но сохраняется на всех стадиях роста – от прозревания до половозрелости. При расчетах удельного (на единицу массы тела) ритма сердца, так же, как и уровня энергообмена, половая специфика выступает всегда достаточно ярко [4]. Исследуя хорьков в возрасте одного месяца, мы также выявили, что ЧСС самок выше, по сравнению с самцами.

У месячных хорьков в стандартных отведениях ЭКГ регистрируется положительный зубец P, особенно выраженный во втором отведении (0,12±0,03 мВ), форма P-волны преимущественно островершинная, что объясняется повышенной электрической активностью предсердий в связи с условиями внутриутробного кровообращения и постнатальной его перестройкой [7]. С возрастом амплитуда зубца PII снижается и составляет 0,06±0,03 мВ, длительность не меняется (0,03 с), форма P-волны округлая [3]. Согласно данным Vublot с соавторами [10] у здоровых 6-ти месячных хорьков PII-волна однофазная, без расщепления, восходящая фаза плавно переходит в нисходящую. У взрослых особей мелких кунных (ласки, горностая) в первые недели жизни в стан-

дартных отведениях ЭКГ регистрируется увеличенный зубец Р, с возрастом наблюдается уменьшение его вольтажа [4].

На ЭКГ у хорьков в возрасте одного месяца во всех трех отведениях регистрировали комплекс начальной желудочковой активности в виде однофазного положительного зубца R, были отмечены единичные случаи наличия небольшого Q-зубца и зубца S. Наибольшая амплитуда зубца R была выявлена во втором отведении. У половозрелых хорьков зубцы Q и S на ЭКГ отсутствуют, амплитуда зубца RII составила  $1,6 \pm 0,3$  мВ [3], по другим данным 1-3,1 мВ [10]. Dudás-Györki с соавторами [11] отметили, что у взрослых здоровых хорьков в большинстве случаев регистрируется один зубец R. Эти особенности имеют экологическую обусловленность, так как увеличенный вольтаж зубца R указывает на усиление деятельности сердца и повышение биоэлектрических процессов в желудочках. Он специфичен, прежде всего, для активных, подвижных животных, и не случайно высокая амплитуда зубца R наблюдается на ЭКГ быстрого и резкого в движениях зверька, как горностаи [4]. Длительность комплекса QRS у месячных хорьков составила 0,03 с. С возрастом данный показатель у взрослых хорьков увеличивается и составляет 0,05 с [10].

T-волна у 33% месячных хорьков во II и в III отведениях регистрируется двухфазная, из трех отведений амплитуда TIII-волны наибольшая. С возрастом вольтаж T-волны увеличивается. У хорьков TII составляет  $0,26 \pm 0,12$  мВ [3], по другим данным 0,4 мВ [10]. Двухфазность T-волны у хорьков с возрастом исчезает, и становится только положительной [3], по другим данным [10, 11] форма T-волны положительная или отрицательная.

Следует отметить, что у месячных хорьков и у зверьков более старшего возраста нами наблюдался подъем сегмента S-T [3], что так же было замечено Smith [13]. Возможно это вариант нормы, так как у взрослых животных при высоком сегменте ST кардиологические заболевания не описаны, данный факт требует дополнительных исследований.

## ВЫВОДЫ

Проанализировав результаты ЭКГ месячных хорьков выявили, что P-волна преимущественно островершинная, с наибольшей амплитудой во втором отведении; комплекс начальной желудочковой активности представлен однофазным зубцом R; T-волна у некоторых животных во II и III отведениях двухфазная. У всех зверьков на ЭКГ был выявлен высокий подъем сегмента ST. Таким образом, на ЭКГ хорьков в возрасте одного месяца не наблюдали значительных изменений электрокардиографических параметров по сравнению со взрослыми здоровыми животными. Поэтому, можно считать, что исследованные хорьки имели нормальную для их возраста ЭКГ.

## THE ELECTROCARDIOGRAM OF FERRETS DURING EARLY POSTNATAL ONTOGENESIS

Peshkin E.A.; Gulyaeva A.S.

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

## ABSTRACT

In experimental researches, ferrets are used as model animals – an alternative to larger predators and rodents in studying various pathologies. Ferrets are exotic pets, and the effect of their domestication manifests itself in the development of various cardiovascular diseases. An electrocardiographic study allows to reveal already acquired heart pathologies such as arrhythmias in adult small animals. The most striking physiological adaptation to new living conditions is observed in ferrets in the early postnatal period. Knowledge of characteristics of the ferrets' electrocardiogram during this period will help to identify congenital cardiac diseases. The aim of the study was to examine electrocardiograms of ferrets at the age of one month and compare the results obtained with adult small animals. Electrocardiograms were recorded in standard bipolar limb leads on a 12-channel computer electrocardiograph in the sternal body position. The analysis of the morphology of the P-wave, QRS complex, and T-wave was carried out, the characteristics of the amplitude indica-

tors and time intervals was presented. It was revealed that the P-wave was predominantly peaked with the highest amplitude in the second lead, the complex of initial ventricular activity was represented by a single-phase R-wave; in some animals, the T-wave was biphasic in leads II and III. A high elevation of the ST segment was recorded on the electrocardiogram of all the small animals. The results obtained showed that significant changes were not observed in the electrocardiogram of one-month-old ferrets in comparison with adult healthy small animals, so their electrocardiogram described can be considered normal for their age.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1.Бондаренко С.П. Содержание хищных пушных зверей. – М.: ООО «Издательство АСТ»; Донецк: «Сталкер», 2005. 156 с.
- 2.Воронин С.Е. Хорьки, как лабораторные животные / С.Е. Воронин, М.Н. Макарова, К. Л. Крышень [и др.]. // Международный вестник ветеринарии. – 2016. – № 2. – С. 103-116.
3. Гуляева А.С. Электрокардиограмма домашнего хорька (*Mustela putorius furo*) при разных положениях тела / А.С. Гуляева, Е.А. Пешкин, И.М. Рощевская // Ветеринария. – 2017. – № 10. – С. 55-59.
- 4.Ивантер Э.В., Ивантер А.В., Туманов И.Л. Адаптивные особенности мелких млекопитающих: Эколого-морфологические и физиологические аспекты. Л.: Наука, 1985. 318 с.
- 5.Калинин Д.А. Домашний хорек и его предок. – Екатеринбург: Издательство «Издательские решения», 2018, 272 с.
- 6.Каменева А.В. Патологии сердца хорьков / А.В. Каменева // Ветеринарная клиника. – 2019. – № 12. – С. 4-8.
- 7.Коржева С.Н. Основы электрокардиографии у детей разного возраста. Основные нарушения ритма и проводимости. Часть I. Гомель: ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», 2018. 43 с.
- 8.Крышень, К.Л. Особенности экспериментальной работы с хорьками / К.Л. Крышень, А.Е. Кательникова, М.Н. Макарова [и др.]. // Лабораторные животные для научных исследований. – 2019. – №2.
- 9.Bone L. Electrocardiographic values from clinically normal, anesthetized ferrets (*Mustela putorius furo*) / L. Bone, A.H. Battles, R.D. Goldfarb // Am. J. Vet. Res. – 1988. – Vol. 49(11). – P. 1884-1887.
- 10.Bublout I. The surface electrocardiogram in domestic ferrets / I. Bublot, W.R. Randolph, K. Chalvet-Monfray // J. Vet. Cardiol. – 2006. – Vol. 8(2). – P. 87-93.
- 11.Dudás-Györki Z. Echocardiographic and electrocardiographic examination of clinically healthy, conscious ferrets / Z. Dudás-Györki, Z. Szabó, F. Manczur // J. Small Anim. Pract. – 2011. – Vol. 52(1). – P. 18-25.
- 12.Malakoff R.L. Echocardiographic and electrocardiographic findings in client-owned ferrets: 95 cases (1994 -2009) / R.L. Malakoff, N.J. Laste, C.J. Orcutt // JAVMA. – 2012. – Vol. 241(11). – P.1484-1489.
- 13.Smith S.H. The electrocardiogram of normal ferrets and ferrets with right ventricular hypertrophy / S.H. Smith, S.P. Bishop // Lab. Anim. Sci. – 1985. – Vol. 35. – P. 268-271.
- 14.Wagner R.A. Ferret cardiology / R.A. Wagner // Vet. Clin. North. Am. Exot. Anim. Pract. – 2009. – Vol. 12(1). – P.115-134.