© В. М. Покровский, И. М. Сомов, 2015
УДК 612.172.61:073.81] – 092.9
DOI – <http://dx.doi.org/10.14300/mnnc.2015.10010>
ISSN – 2073-8137

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОЗБУЖДЕНИЯ В СИНОАТРИАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ СЕРДЦА КОШКИ ПРИ РАЗДРАЖЕНИИ БЛУЖДАЮЩЕГО НЕРВА

В. М. ПОКРОВСКИЙ, И. М. СОМОВ

Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

VISUALIZATION OF THE PROCESS OF EXCITATION IN THE SINOATRIAL FIELD OF THE CAT HEART AT IRRITATION OF NERVUS VAGUS

POKROVSKY V. M., SOMOV I. M.

Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

Целью работы явилась визуализация очага первоначального возбуждения в синоатриальном узле сердца кошки при раздражении периферического конца перерезанного блуждающего нерва.

В 14 экспериментах на сердцах наркотизированных кошек, помещённых в высокочастотное электрическое поле, наблюдали свечение зоны пейсмекера во время его самовозбуждения. При стимуляции периферического конца перерезанного блуждающего нерва залпами электрических импульсов определяли смещение очага и площади его инициации, которые увеличивались по сравнению с исходным состоянием. Возбуждение из пейсмекера распространялось на ткань синоатриальной области сердца кошки, при этом участок свечения возбуждённой ткани имел форму перевёрнутого конуса. Распространившийся процесс возбуждения направлен из глубины к поверхности ткани синоатриальной области сердца с отрицательным градиентом интенсивности свечения.

Ключевые слова: высокочастотное электрическое поле, пейсмекер сердца, свечение очага возбуждения

The goal of this work is the visualization of the focus of initial excitation in sinoatrial field of the cat heart during stimulation of the peripheral end of the cut nervus vagus.

14 experiments were conducted on the hearts of anesthetized cats, placed in a high-frequency electric field. Glow zone of pacemaker was observed during selfexcitation. The shift of focus and the area of its imitation were determined by stimulation of the peripheral end of the cut nervus vagus by volleys of electrical impulses. The shift of focus and the area of its initiation was increased in comparison with the initial state, stimulation of the pacemaker was spread on the tissue of the sinoatrial field of the cat's heart, in this case, the area of the excited tissue glow was in the form of a turned up cone. Spread process of the excitation is directed from the depths to the surface of the tissue of the sinoatrial field of the heart with a negative gradient of the intensity of the glow.

Key words: high-frequency electrical field, the heart pacemaker, the glow of the focus of the excitation

В 2006 году ряд авторов [1, 2, 4, 5] в беременной матке крысы, помещённой в высокочастотное электрическое поле, наблюдали наряду с краевым свечением (эффект Кирлиана) [3], очаг свечения в глубине ткани матки. Другой группой исследователей [6, 7, 8, 9, 10] очаг внутреннего свечения был обнаружен в венозном синусе сердца лягушки и было установлено, что он отражает очаг первоначального возбуждения в венозном синусе сердца лягушки, выявляемый методом компьютерного картирования. Таким образом, получен новый феномен: очаг возбуждения в глубине ткани визуализируется в пейсмекерных образованиях (в матке крысы, в венозном синусе сердца лягушки).

Исследование процесса возбуждения в синоатриальной области сердца методом визуализации в высокочастотном электрическом поле безопасно для изучаемого биологического объекта, позволяет получить новую информацию. Очаг возбуждения в синоатриальном узле сердца теплокровного животного этим методом ранее не изучался.

Целью работы явилась визуализация очага первоначального возбуждения в синоатриальном узле (CAV) сердца кошки при раздражении периферического конца перерезанного блуждающего нерва.

Материал и методы. Эксперименты были проведены на 14 кошках, находившихся под тиопенталовым наркозом (40 мг на 1 кг веса) со вскрытой

грудной клеткой и перикардом. После вскрытия грудной клетки на синоатриальную область работающего сердца помещали устройство визуализации (сканер КЭЛСИ фирмы ELSYS, Санкт-Петербург, Россия), позволявшее наблюдать свечение в высокочастотном электрическом поле.

В каждом опыте высокочувствительной телекамерой снимали видеофильм (1000 снимков в секунду), во время которого при действии высокочастотного электрического поля регистрировалось свечение пейсмекера сердца кошки в исходном состоянии и при раздражении электрическими импульсами периферического конца перерезанного блуждающего нерва. При помощи программы очаг инициации возбуждения раскрашивался в различные цвета в зависимости от интенсивности свечения. Применяя программу «3d», сканировали семь срезов очага свечения, определяли площади, диаметры и расстояния между срезами с целью оценки интенсивности процесса возбуждения пейсмекера. Размеры очага визуализации возбуждения измерялись на сканограмме, они могут не соответствовать действительным размерам сердца.

Программа строила изохронную карту распространения возбуждения, что позволяло определить время и место первоначального возникновения возбуждения.

Кроме локализации очага свечения в зоне пейсмекера определяли расстояние его от устья полых вен и направление распространения процесса возбуждения.

Затем проводилось сопоставление данных, полученных при исходном состоянии и при раздражении периферического конца перерезанного блуждающего нерва электрическими импульсами.

Для статистического анализа результатов использованы программы «STATISTICA 6,0 for Windows». За достоверные различия средних величин в парных сравнениях брали t-критерий Стьюдента при $p < 0,05$.

Результаты. В исходном состоянии частота сердечных сокращений у наркотизированных кошек составляла $125,7 \pm 2,2$ в одну минуту и урежалась при раздражении блуждающего нерва до $114,7 \pm 2,0$, т. е. по сравнению с исходной уменьшалась на $9,1\%$ ($p < 0,001$).

При создании в области сердца высокочастотного электрического поля в зоне САУ сердца в момент возбуждения пейсмекера появлялся очаг свечения. В исходном состоянии центр этого светящегося очага располагался в $20,6 \pm 0,4$ мм по диагонали от устья краниальной полых вен, а при стимуляции нерва – в $41,0 \pm 0,5$ мм ($p < 0,001$).

Время между появлением очага свечения и зубцом Р на ЭКГ колебалось: от $0,07 \pm 0,02$ до $0,14 \pm 0,02$ секунды ($p < 0,001$).

Площадь очага свечения при стимуляции блуждающего нерва составляла $251,4 \pm 10,2$ мм, что превышало на $31,1\%$ площадь очага свечения в исходном состоянии ($191,7 \pm 7,3$ мм²). Площадь очага наибольшей яркости свечения при стимуляции блуждающего нерва составляла $12,9 \pm 0,8$ мм² и достоверно не отличалась от таковой в исход-

ном состоянии ($13,2 \pm 0,8$ мм²). Из этого факта следует увеличение скорости распространения волны деполяризации от очага первоначального возбуждения. Это хорошо согласуется с общеизвестным фактом увеличения скорости распространения возбуждения в правом предсердии при стимуляции блуждающего нерва.

При использовании компьютерной программы «3d» получали объёмное цветное изображение очага свечения в виде усечённого перевёрнутого конуса, при этом расстояния между срезами (h) превышали ширину срезов (n). Цветовая гамма изображения очага свечения позволяла получить послойно 7 срезов, а также определить направление распространения свечения и его интенсивность.

Возбуждение в САУ распространялось как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении, причём в вертикальном оно шло быстрее. Анализ томографических срезов очага свечения во всех экспериментах показал, что площадь и ширина срезов при стимуляции блуждающего нерва превышают эти показатели в исходном состоянии. Так, при стимуляции блуждающего нерва площади срезов составляли $13,2 \pm 0,8$; $21,8 \pm 1,09$; $29,6 \pm 1,0$; $46,1 \pm 1,2$; $83,1 \pm 3,8$; $162,5 \pm 5,5$; $251,4 \pm 9,2$ мм²; ширина слоёв была равна $1,6 \pm 0,1$; $1,6 \pm 0,1$; $1,8 \pm 0,1$; $2,8 \pm 0,1$; $3,2 \pm 0,1$; $3,7 \pm 0,1$ мм. В исходном состоянии площади срезов составляли $12,9 \pm 0,8$; $18,8 \pm 0,9$; $29,0 \pm 0,8$; $42,9 \pm 1,2$; $74,3 \pm 1,8$; $135,5 \pm 3,2$; $191,7 \pm 7,3$ мм² ($p < 0,001$); ширина слоёв была равна $1,4 \pm 0,1$; $1,4 \pm 0,1$; $1,6 \pm 0,1$; $1,8 \pm 0,1$; $3,1 \pm 0,1$; $3,2 \pm 0,1$ мм ($p < 0,001$).

Возбуждение в более поверхностных слоях САУ распространялось быстрее, чем в глубоких.

Яркость очага свечения в САУ достоверно не изменялась и составляла $248,0 \pm 3,8$ бит в исходном состоянии, а при стимуляции блуждающего нерва была равна $250,0 \pm 0,3$ бит.

Диапазон длины волн в нм также достоверно не отличался и составил $460,7 \pm 1,3$ – $570,7 \pm 2,6$ в исходном состоянии и $460,9 \pm 1,8$ – $600,5 \pm 2,1$ при раздражении периферического конца перерезанного блуждающего нерва залпами электрических импульсов.

Обсуждение. Из приведенных данных следует, что раздражение периферического конца перерезанного блуждающего нерва в периодическом режиме не вызывает увеличения площади очага наиболее интенсивного свечения (очага инициации возбуждения), что отличает это от изменения площади очага при вагусно-сердечной синхронизации, когда очаг инициации резко возрастает в размерах [12]. Вместе с тем наблюдается изменение скорости распространения возбуждения по миокарду предсердия, о чём свидетельствуют данные сравнения площадей проекции срезов очага свечения в исходном состоянии и при раздражении периферического конца перерезанного блуждающего нерва (в исходном состоянии площади проекции срезов очага свечения составляли $12,9 \pm 0,8$; $18,8 \pm 0,9$; $29,0 \pm 0,8$; $42,9 \pm 1,2$; $74,3 \pm 1,8$; $135,5 \pm 3,2$; $191,7 \pm 7,3$ мм², а при стимуляции блуждающего нерва площади проекции срезов были равны: $13,2 \pm 0,8$; $21,8 \pm 0,9$; $29,6 \pm 1,0$; $46,1 \pm 1,2$; $83,1 \pm 3,8$; $162,5 \pm 5,5$; $251,4 \pm 9,2$ мм² ($p < 0,001$). Возбуждение

из очага визуализации распространялось на ткань синоатриальной области сердца кошки, при этом проекция участка свечения возбуждённой ткани имела форму перевёрнутого конуса. Распространившийся процесс возбуждения был направлен из глубины к поверхности ткани синоатриальной области сердца с отрицательным градиентом интенсивности свечения, о чём свидетельствует цветовая гамма изображения распространяющегося процесса возбуждения. При раздражении в периодическом режиме и в исходном состоянии наблюдали только один очаг внутреннего свечения.

Заключение. Представленные данные свидетельствуют о большой информативности ме-

тода визуализации очага инициации возбуждения в синоатриальной области сердца кошки в высокочастотном электрическом поле, позволяющего регистрировать очаг первоначального возбуждения сердца по анализу его свечения непосредственно в точке возникновения, оценивать динамику процесса возбуждения по динамике изменения очага свечения, а также измерять диаметры и площади томографических срезов возбуждённой ткани.

Приведенные данные позволяют считать, что использованный методический подход позволит углубить представления о механизмах формирования ритма сердца [11].

Литература

1. Абушкевич, В. Г. Использование эффекта Кирлиан для изучения возбудимости беременной матки крыс / В. Г. Абушкевич, Л. В. Федунова, В. Ю. Перов и др. // Сб. науч. тр. III Международный постоянно действующий конгресс «Экология и дети». – Анапа, 2006. – С. 185–186.
2. Абушкевич, В. Г. Методика применения эффекта Кирлиан для изучения свойства матки крыс / В. Г. Абушкевич, Л. В. Федунова, В. Ю. Перов и др. // Сб. науч. тр. III Международный постоянно действующий конгресс «Экология и дети». – Анапа, 2006. – С. 213–214.
3. Кирлиан, В. Х. В мире чудесных разрядов / В. Х. Кирлиан, С. Д. Кирлиан. – Краснодар, 1964. – 198 с.
4. Перов, В. Ю. Методика применения эффекта Кирлиан для изучения свойств матки крыс / В. Ю. Перов, М. Ю. Перова, А. Н. Арделян, И. М. Сомов // Современные проблемы науки и образования. – М., 2006. – № 4, Прил. № 1. – С. 157.
5. Перов, В. Ю. Правомерность использования метода газоразрядной визуализации для оценки динамики возбуждения матки крысы в предродовом периоде / В. Ю. Перов, В. Г. Абушкевич, Л. В. Федунова // Кубанский научный медицинский вестник. – Краснодар, 2006. – № 9 (90). – С. 120–127.
6. Перова, М. Ю. Локализация пейсмекера венозного синуса сердца и регистрация динамики возбуждения в нём методом газоразрядной визуализации / М. Ю. Перова // Современные проблемы науки и образования. – М., 2007. – № 4. – С. 145–146.
7. Перова, М. Ю. Визуализация процесса возбужде-

References

1. Abushkevich V. G., Fedunova L. V., Perov V. Yu., Perova M. Yu., Ardelyan A. N., Somov I. M. Ispolzovaniye effekta Kirlian dlya izucheniya vozbudimosti beremennoy matki krysa. Sb. nauchn. tr. III Mezhdunarodny postoyanno deystvuyushchy kongress «Ekologiya i deti». Anapa; 2006. P. 185-186.
2. Abushkevich V. G., Fedunova L. V., Perov V. Yu., Perova M. Yu., Ardelyan A. N., Somov I. M. Metodika primeniya effekta Kirlian dlya izucheniya svoystva matki krysa. Sb. nauchn. tr. III Mezhdunarodny postoyanno deystvuyushchy kongress «Ekologiya i deti». Anapa; 2006. P. 213-214.
3. Kirlian V. Kh., Kirlian S. D. V mire chudesnykh razryadov. Krasnodar; 1964. 198 p.
4. Perov V. Yu., Perova M. Yu., Ardelyan A. N., Somov I. M. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – Modern problems of science and education. 2006;4(1):157.
5. Perov V. Yu., Abushkevich V. G., Fedunova L. V. Kubansky nauchny meditsinsky vestnik. – Kuban Research Medical Gazette. 2006;9(90):120-127.

- ния в пейсмекере венозного синуса сердца лягушки / М. Ю. Перова, В. Г. Абушкевич, Л. В. Федунова, В. Ю. Перов // Кубанский научный медицинский вестник. – 2008. – № 6 (105). – С. 49–51.
8. Перова, М. Ю. Газоразрядная визуализация процесса возбуждения в пейсмекере венозного синуса сердца лягушки до, во время его вагусной остановки и после восстановления деятельности / М. Ю. Перова, В. Г. Абушкевич, Л. В. Федунова, В. Ю. Перов // Кубанский научный медицинский вестник. – 2009. – № 3 (108). – С. 94–100.
9. Перова, М. Ю. Газоразрядная визуализация процесса возбуждения в пейсмекере венозного синуса сердца лягушки до и после разрушения головного мозга / М. Ю. Перова, В. Г. Абушкевич, Л. В. Федунова, В. Ю. Перов // Кубанский научный медицинский вестник. – 2010. – № 1 (115). – С. 78–85.
10. Перова, М. Ю. Газоразрядная визуализация процесса возбуждения пейсмекера венозного синуса сердца лягушки при вагусно-сердечной синхронизации / М. Ю. Перова, В. Г. Абушкевич, Л. В. Федунова, В. Ю. Перов // Кубанский научный медицинский вестник. – 2010. – № 3–4 (117–118). – С. 151–156.
11. Покровский, В. М. Формирование ритма сердца в организме человека и животных / В. М. Покровский. – Краснодар, 2007. – 143 с.
12. Покровский, В. М. Характеристика очага возбуждения в синоатриальной области сердца кошки при вагусно-сердечной синхронизации / В. М. Покровский, И. М. Сомов // Кубанский научный медицинский вестник. – 2014. – № 5 (147). – С. 113–117.

6. Perova M. Yu. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – Modern problems of science and education. 2007;4:145-146.
7. Perova M. Yu., Abushkevich V. G., Fedunova L. V., Perov V. Yu. Kubansky nauchny meditsinsky vestnik. – Kuban Research Medical Gazette. 2008;6(105):49-51.
8. Perova M. Yu., Abushkevich V. G., Fedunova L. V., Perov V. Yu. Kubansky nauchny meditsinsky vestnik. – Kuban Research Medical Gazette. 2009;3(108):94-100.
9. Perova M. Yu., Abushkevich V. G., Fedunova L. V., Perov V. Yu. Kubansky nauchny meditsinsky vestnik. – Kuban Research Medical Gazette. – 2010;1(115):78-85.
10. Perova M. Yu., Abushkevich V. G., Fedunova L. V., Perov V. Yu. Kubansky nauchny meditsinsky vestnik. – Kuban Research Medical Gazette. 2010;3-4(117-118):151-156.
11. Pokrovsky V. M. Formirovaniye ritma serdtsa v organizme cheloveka i zhivotnykh. Krasnodar; 2007. 143 p.
12. Pokrovsky V. M., Somov I. M. Kubansky nauchny meditsinsky vestnik. – Kuban Research Medical Gazette. 2014;5(147):113-117.

Сведения об авторах:

Покровский Владимир Михайлович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии КубГМУ; тел.: (8612)685502; e-mail: PokrovskyVM@ksma.ru

Сомов Иван Михайлович, аспирант кафедры нормальной физиологии КубГМУ; тел.: 89604852951; e-mail: iv.somov@yandex.ru