

УДК 612.17+612.8+612.2

UDC 612.17+612.8+612.2

14.00.00 Медицинские науки

Medical sciences

**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОЧАГА
ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ В
СИНОАТРИАЛЬНОМ УЗЛЕ СЕРДЦА КОШКИ**

**VISUALIZATION OF THE SPACE OF INITIAL
EXCITATION AREA IN SINOATRIAL NODE OF
THE CAT'S HEART**

Сомов Иван Михайлович

Somov Ivan Mikhailovich

*Кубанский государственный медицинский
университет, Краснодар, Россия*

Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

В статье приведена визуализация очага
первоначального возбуждения в синоатриальном
узле сердца кошки

The article describes the visualization of the space of
initial excitation area in sinoatrial node of the cat's heart

Ключевые слова: ОЧАГ ВОЗБУЖДЕНИЯ, ОЧАГ
СВЕЧЕНИЯ, СИНОАТРИАЛЬНЫЙ УЗЕЛ

Keywords: SPACE OF THE EXCITATION, SPACE
OF GLOW, SINOATRIAL NODE

Визуализация очага первоначального возбуждения в синоатриальном узле сердца кошки

Одним из электрофизиологических методов, позволяющих исследовать внутрисердечный пейсмекерный механизм является компьютерное картирование очага первоначального возбуждения в области синоатриального узла. Однако метод компьютерного картирования обладает существенным недостатком: размеры электродов матрицы несоизмеримы с размерами пейсмекерных клеток узла.

Этот недостаток устраняет метод оптического потенциала (И.Р. Ефремов с соавт., 2002[1,2]; В.С. Кузьмин, Л.В. Розенштраух, 2012[3]). Последний обладает огромной разрешающей способностью, но может использоваться только на изолированном препарате.

Таким образом, существующие в настоящее время методы изучения очага первоначального возбуждения либо недостаточно информативны, либо их использование затруднено.

В этом плане представляет интерес метод визуализации в высокочастотном поле очага свечения в синоатриальном узле,

являющегося маркером очага первоначального возбуждения. Метод визуализации очага первоначального возбуждения в виде маркера – очага свечения в венозном синусе сердца лягушки был впервые использован М.Ю. Перовой с соавторами (2008). Был выявлен очаг свечения в толще венозного синуса сердца лягушки (М.Ю. Перова с соавт., 2008[4]).

Однако, никем ранее такое исследование не проводилось на теплокровном животном. Это исследование необходимо для экстраполяции полученных фактов на формирование ритма сердца у человека, поскольку данные, полученные в опытах на лягушках, мало приемлемы для этого.

Цель работы: визуализация очага первоначального возбуждения в сино-атриальном узле сердца кошки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Острые опыты были поставлены на 14 беспородных кошках весом $3,5 \pm 0,4$ килограммов. Все эксперименты выполнялись в соответствии с Международными рекомендациями по проведению биомедицинских исследований с использованием животных, принятыми Международным советом научных обществ (CIOMS) в 1985 г., со статьей XI Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации (1964 г.) и правилами лабораторной практики в РФ (приказ МЗ РФ от 19.06.2003 № 267).

Животных наркотизировали внутрибрюшинным введением 40 миллиграмм на килограмм веса тиопентала натрия.

После фиксации наркотизированной кошки в положении «на спине» делали кожный разрез по средней линии шеи на 6 – 8 сантиметров вниз от щитовидного хряща. Расслаивали фасции шеи. Раздвигали медиальные края продольных мышц шеи. Под открывшуюся трахею подводили лигатуру. Скальпелем разрезали один из верхних промежутков между хрящевыми кольцами и продолжали разрез в каудальном направлении на протяжении двух колец. Расширив разрез крючками, вводили в него

трахеотомическую трубку и герметически укрепляли подведенной лигатурой. Под наружный конец трубки подкладывали марлевую салфетку. Трахеотомическую трубку подсоединяли к аппарату искусственной вентиляции лёгких, устанавливали параметры вентиляции и включали аппарат.

Производили разрез от среднеключичной до околопозвоночной линии по ходу ребра в IV межреберье, чтобы не резецировать ни одно из рёбер.

Далее пересекали спереди пучки большой и малой грудных мышц, на боковой поверхности - нижний край передней зубчатой мышцы, в заднем отделе - широкую мышцу спины. Сзади разрез заканчивался у края глубоких мышц спины и края трапецевидной мышцы

Вскрывали париетальную плевру. Вводили ранорасширитель и раздвигали края разреза. Прошивали перикард нитями-держалками и вскрывали его. Нити-держалки фиксировались к ранорасширителю. На область синоатриального узла, ориентирами которого являлись: устье краниальной (верхней) полой вены, пограничная борозда правого предсердия, начало ушка правого предсердия, подводили камеру визуализации возбуждения в высокочастотном электрическом поле.

На синоатриальную область сердца кошки помещали сканер (камеру) (рис.1) визуализации возбуждения в высокочастотном электрическом поле.

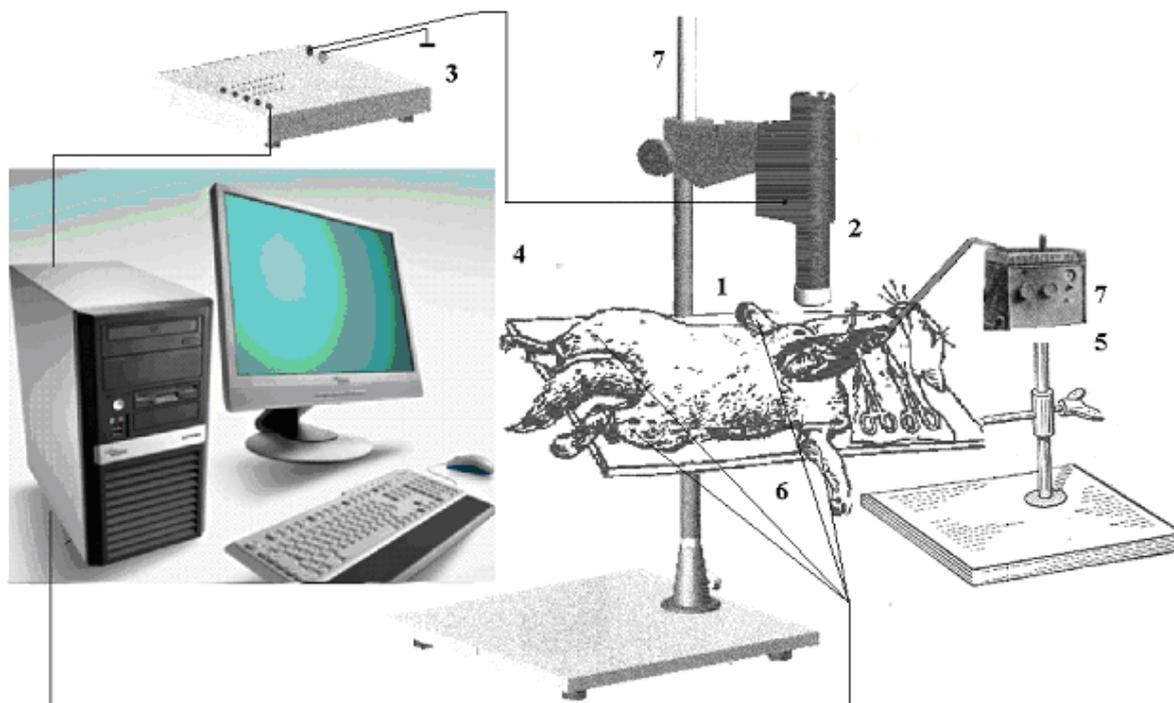


Рис. 1. Блок-схема установки. 1 – кошка. 2 – камера для визуализации очага свечения в высокочастотном электрическом поле. 3 – блок управления высокочастотным электрическим полем. 4 – компьютер для получения изображения очага свечения в высокочастотном электрическом поле и регистрации электрокардиограммы. 5 – штативы. 6 – провода от электрокардиографических электродов. 7 - аппарат искусственной вентиляции легких «Вита»

При создании высокочастотного электрического поля (частота 1024 Гц) в течение 64 секунд осуществляли регистрацию очага свечения в синоатриальной области. Свечение регистрировалось высокочувствительной и высокоскоростной телекамерой установки (до 1000 кадров в секунду). Специальные программы строили гистограммы яркости свечения и гистограммы длины волн свечения.

В качестве параметров использовали площадь очага свечения в квадратных миллиметрах на сканограмме (рис.2.), площадь очага

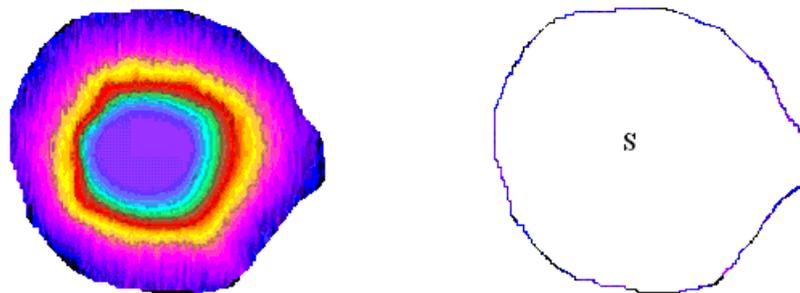


Рис.2. Площадь очага свечения на поверхности синоатриальной области кошки на сканограмме

интенсивного свечения в квадратных миллиметрах (рис. 3), количество томографических срезов по интенсивности свечения (рис. 4), площадь томографических срезов очага свечения (рис. 5), толщину томографических срезов (рис. 6),



Рис.3. Площадь очага интенсивного свечения на поверхности синоатриальной области кошки на сканограмме

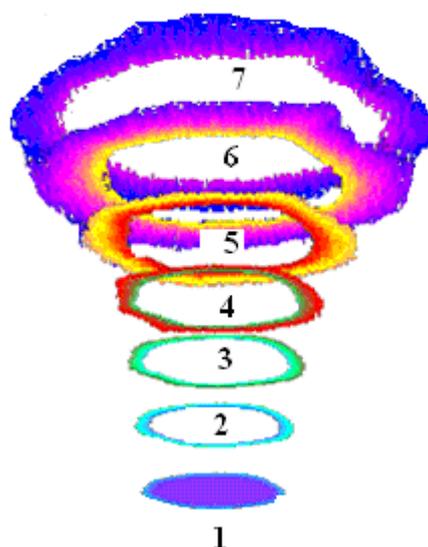


Рис.4. Количество срезов очага свечения в синоатриальной области сердца кошки в высокочастотном электрическом поле. Цифрами написаны номера срезов

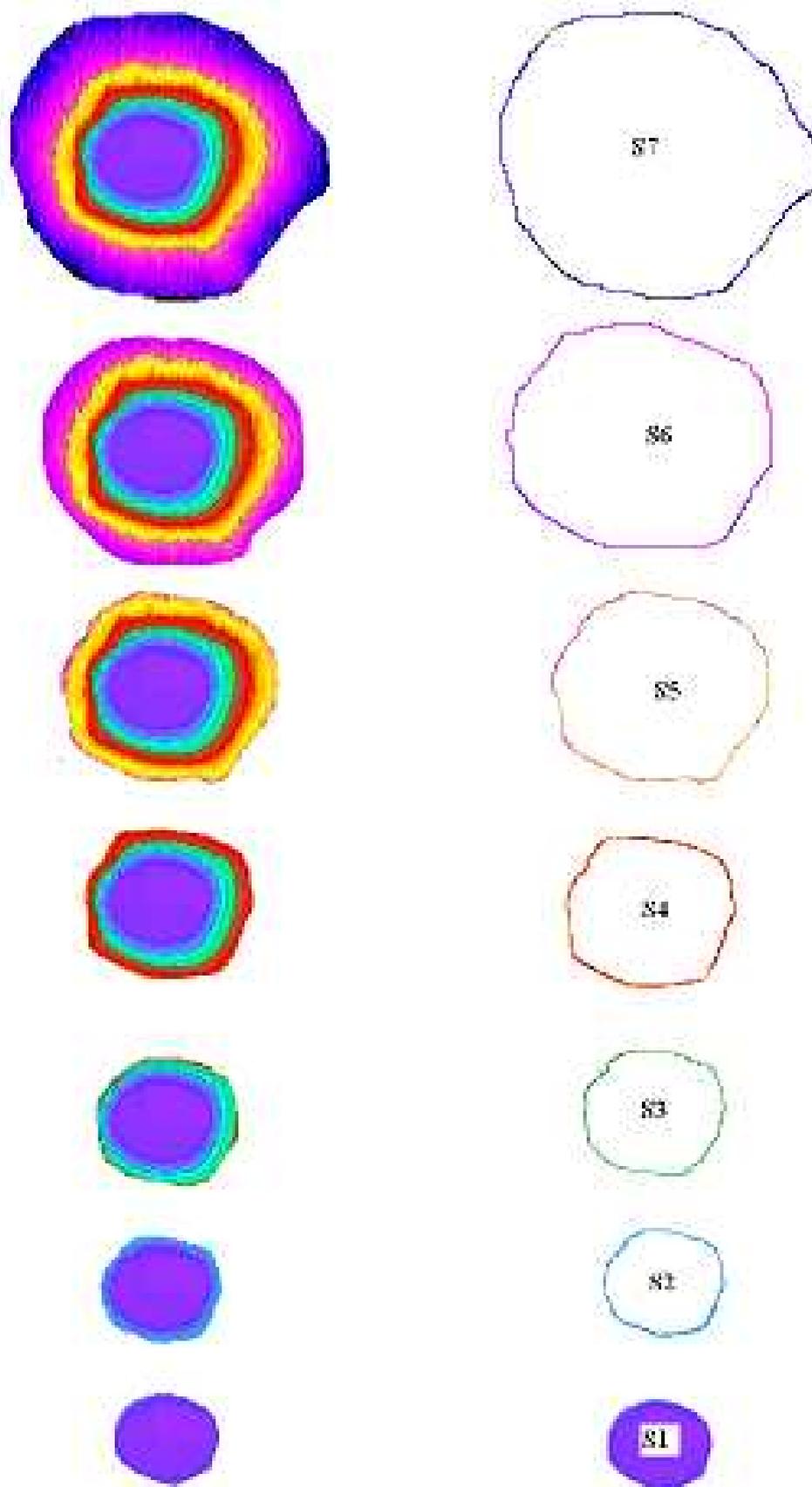


Рис.5. Площадь срезов очага свечения (S) в мм² на сканограмме

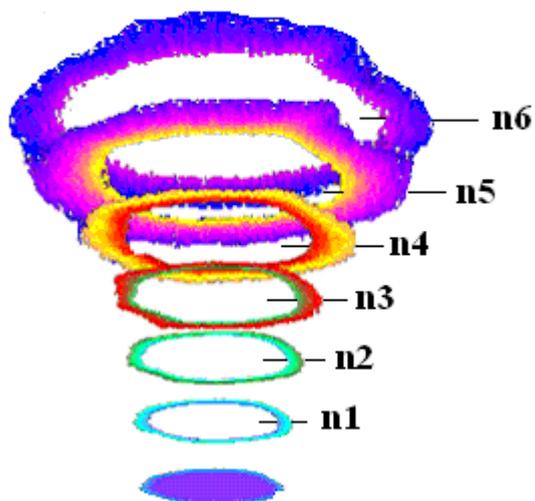


Рис. 6. Толщина (n) срезов очага свечения

расстояние между томографическими срезами светящегося очага в миллиметрах (рис. 7), гистограмму яркости свечения очага в пикселях, гистограмму длин волн очага свечения в нанометрах.

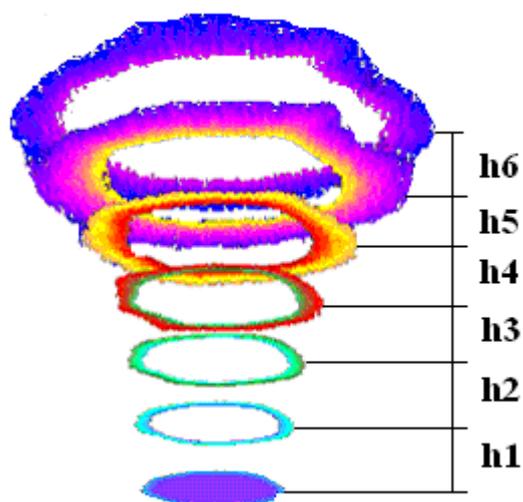


Рис. 7. Расстояние (h) между срезами очага свечения

Статистический анализ результатов исследования был проведен с использованием программ: «STATISTIKA 6,0 for Windows». Вначале определяли нормальность распределения вариантов. Это позволяло использовать параметрические методы обработки. Вычисляли M – среднюю арифметическую, m – стандартную ошибку средней арифметической, P – показатель достоверности различий. За достоверные различия в сравнении средних величин в парных сравнениях брали t -критерий Стьюдента при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У 14 наркотизированных кошек, находящихся на искусственной вентиляции легких, со вскрытой грудной клеткой и перикардом, частота сердечных сокращений была $125,7 \pm 2,2$ в минуту (рис.8).

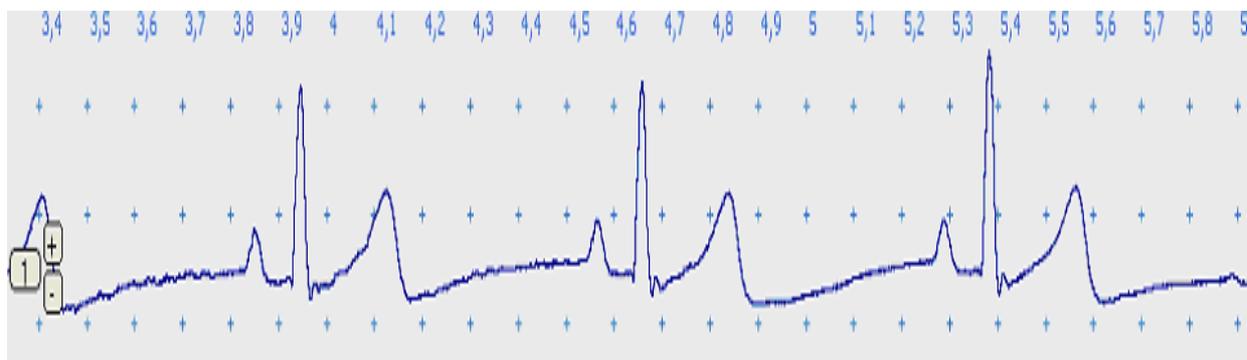


Рис. 8. Электрокардиограмма кошки в исходном состоянии

В синоатриальной области возникал очаг свечения. На компьютерном снимке центр светящегося очага располагался на расстоянии $20,6 \pm 0,4$ миллиметров по диагонали от устья краниальной полой вены. Время

между появлением очага свечения и зубцом Р на электрокардиограмме было постоянным и составляло $0,07 \pm 0,01$ секунды.

Площадь очага свечения на компьютерном снимке составляла $191,7 \pm 7,3$ мм². Внутри него выделялся очаг наибольшей яркости свечения, площадью $13,2 \pm 0,8$ мм² (рис 9). Согласно ранее полученным данным, сопоставления светящегося очага наибольшей яркости и очага первоначального возбуждения, выявляемого методом электродного картирования в венозном синусе сердца лягушек (М.Ю. Перова с соавт., 2008) [4], очаг наибольшей яркости свечения соответствует по размеру и локализации очагу первоначального возбуждения. Таким образом, наблюдаемый

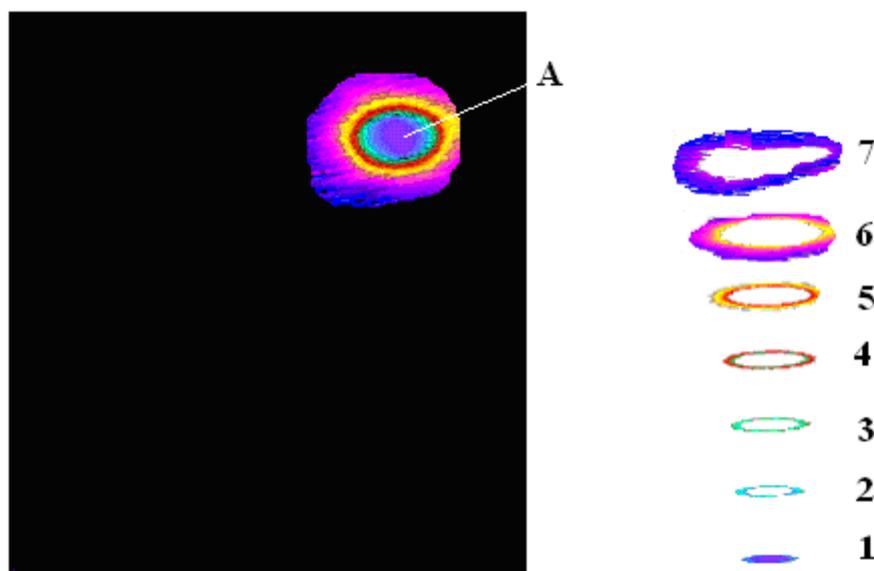


Рис. 9. Светящийся очаг в синоатриальной области сердца кошки и его томографические срезы по интенсивности свечения. А – наибольшая по интенсивности область свечения очага. Цифрами обозначены срезы

светящийся очаг включает в себя очаг первоначального возбуждения и зону распространения возбуждения.

Компьютерная программа по интенсивности свечения сделала 7 томографических срезов очага свечения в синоатриальной области сердца кошки. Как видно из рисунка 9, возбуждение в синоатриальной области распространяется как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Причем, в вертикальном направлении распространение возбуждения идет быстрее, чем в горизонтальном. Поэтому томографические срезы имеют вид усеченного конуса и расстояния между срезами (h) превышают толщину срезов (n) (таблица 1).

Таблица 1

Значения томографических срезов очага свечения в синоатриальной области сердца кошки (M±m)

Параметры	1	2	3	4	5	6	7
Толщина слоя (n) в мм	Очаг наиболее интенсивного свечения	1,4±0,1	1,4±0,1 P ₁ >0,05	1,8±0,1 P ₂ <0,001 P ₃ <0,001	2,8±0,1 P ₄ <0,001 P ₅ <0,001 P ₆ <0,001	3,1±0,1 P ₇ <0,001 P ₈ <0,001 P ₉ <0,001 P ₁₀ <0,001	3,2±0,1 P ₁₁ <0,001 P ₁₂ <0,001 P ₁₃ <0,001 P ₁₄ <0,001 P ₁₅ >0,05
Расстояние между слоями (h) в мм	Очаг наиболее интенсивного свечения	8,1±0,1	8,1±0,1 P ₁ >0,05	7,7±0,1 P ₂ <0,001 P ₃ <0,001	7,2±0,1 P ₄ <0,001 P ₅ <0,001 P ₆ <0,001	7,0±0,1 P ₇ <0,001 P ₈ <0,001 P ₉ <0,001 P ₁₀ >0,05	6,8±0,1 P ₁₁ <0,001 P ₁₂ <0,001 P ₁₃ <0,001 P ₁₄ <0,001 P ₁₅ >0,05
Площадь срезов (S) в мм ²	13,2±,08	21,8±1,0 P ₁ <0,001	29,6±1,0 P ₂ <0,001 P ₃ <0,001	46,1±1,3 P ₄ <0,001 P ₅ <0,001 P ₆ <0,001	74,3±1,8 P ₇ <0,001 P ₈ <0,001 P ₉ <0,001 P ₁₀ <0,001	135,5±3,2 P ₁₁ <0,001 P ₁₂ <0,001 P ₁₃ <0,001 P ₁₄ <0,001 P ₁₅ <0,001	191,7±7,3 P ₁₆ <0,001 P ₁₇ <0,001 P ₁₈ <0,001 P ₁₉ <0,001 P ₂₀ <0,001 P ₂₁ <0,001

Примечание: P - достоверность между столбцами

Причем, в более поверхностных срезах возбуждение распространяется быстрее, чем в более глубоких, о чём свидетельствуют более широкие поверхностные срезы и большая их площадь (таблица 1).

Поскольку компьютерная программа первый срез делала без толщины, а остальные срезы имели толщину, то за сто процентов принималась толщина второго среза. Толщина третьего среза светящегося очага в синоатриальной области сердца кошки достоверно не отличалась от толщины второго среза.

Толщина четвёртого среза увеличивалась на 28,6%, пятого среза - на 100,0%, шестого среза - на 121,4% и седьмого среза - на 128,5%. (рис.10).

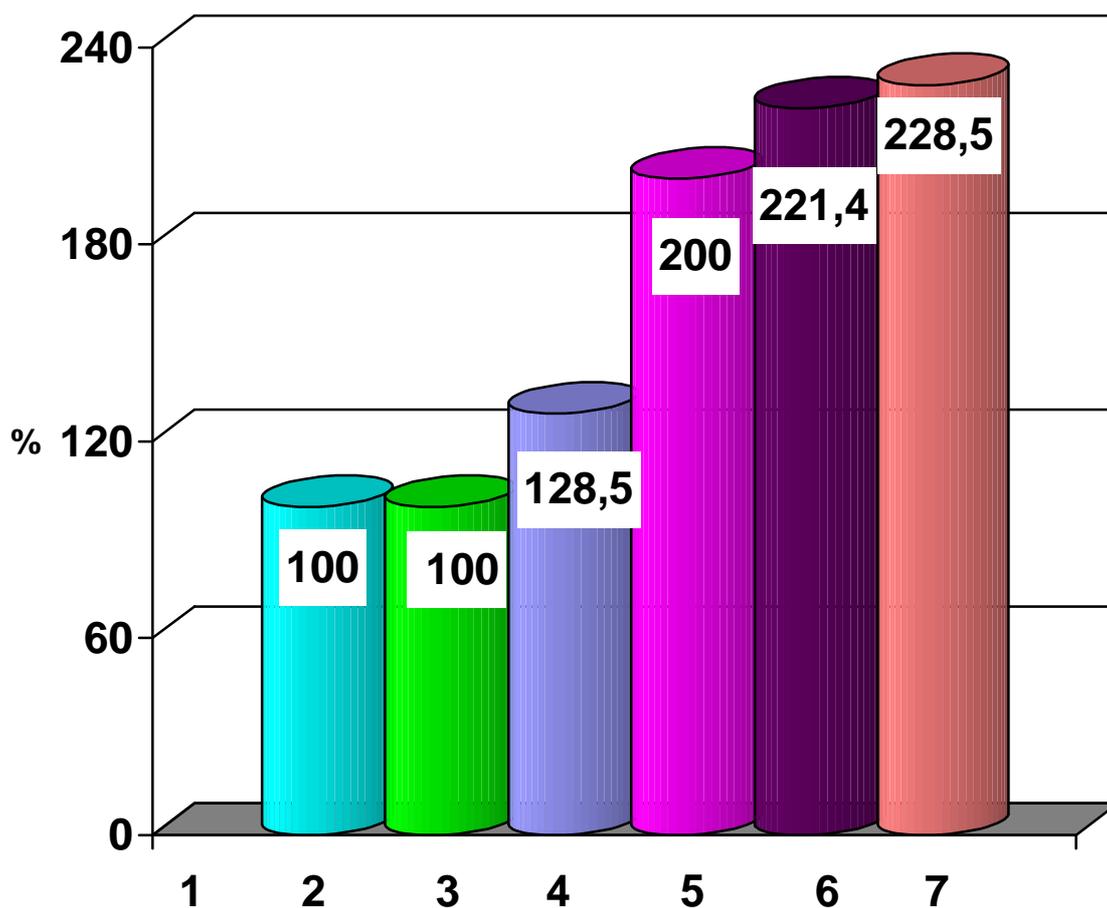


Рис. 10. Цифрами обозначены номера срезов. Толщина томографических срезов очага свечения в процентах. За 100% принята толщина второго томографического среза

Расстояние между первым и вторым срезами светящегося очага в синоатриальной области сердца кошки достоверно не отличалась от расстояния между вторым и третьим срезами. Расстояние между третьим и четвёртым срезами уменьшалось на 5,0%, расстояние между четвёртым и пятым срезами уменьшалось на 6,5%, расстояние между пятым и шестым срезами достоверно не изменялось, расстояние между шестым и седьмым срезами достоверно не изменялось (рис.11).

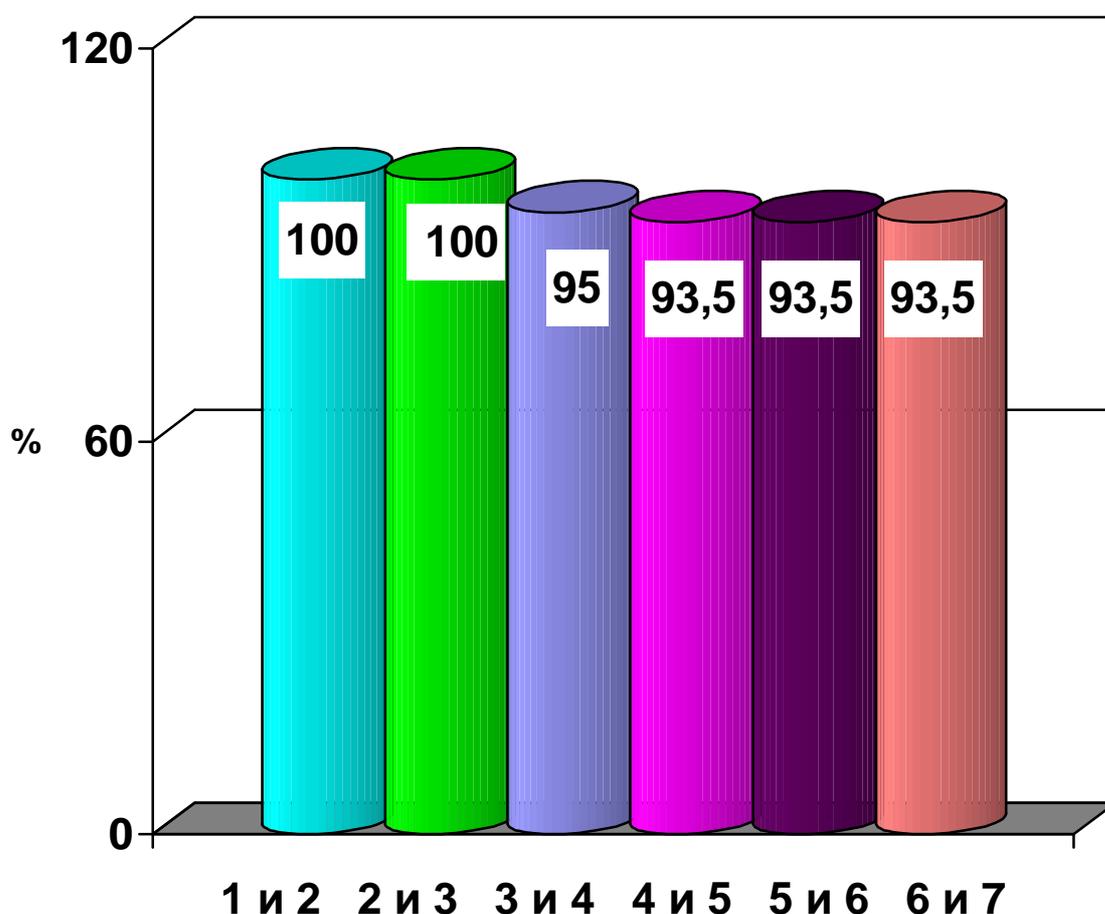


Рис. 11. Расстояния между томографическими срезами очага свечения 1 и 2, 2 и 3, 3 и 4, 4 и 5, 5 и 6, 6 и 7 в процентах. За 100% принято расстояние между первым и вторым срезами очага

Площадь второго среза превышала площадь первого среза светящегося очага на 65,2%. Площадь третьего среза увеличивалась на 124,2%, четвертого среза - на 248,5%, пятого среза - на 462,8% шестого среза - на 926,7%, седьмого среза - на 1352,3%. (рис.12).

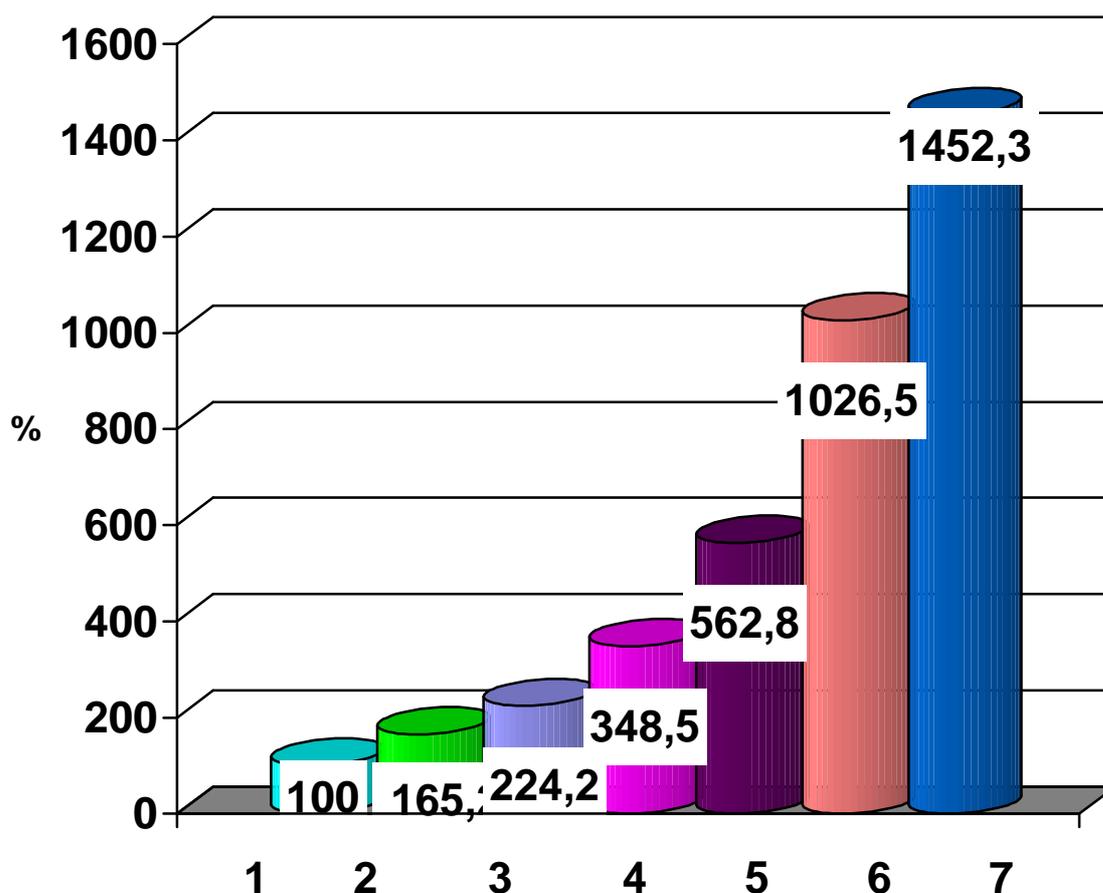


Рис.12. Площадь томографических срезов (обозначены цифрами) очага свечения. Площадь томографических срезов дана в процентах. За 100% принята площадь очага наибольшего по интенсивности свечения

Гистограмма яркости очага свечения и длины волн представлены на рисунках 13, 14.

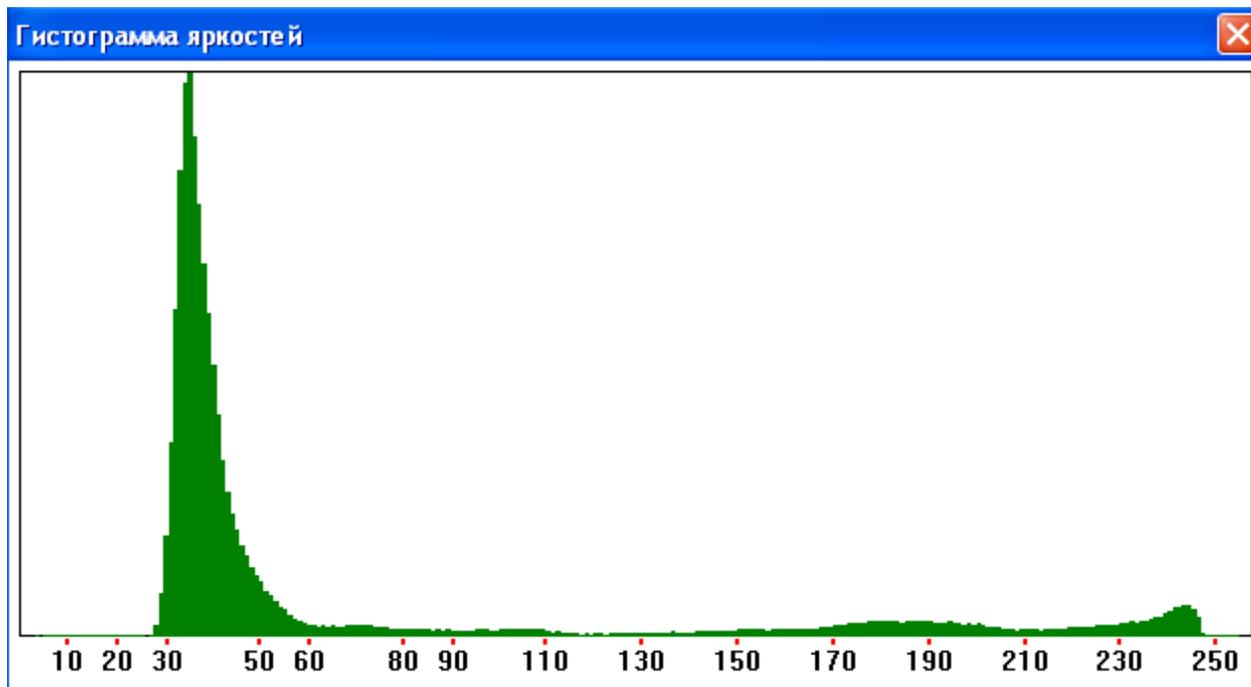


Рис. 13. Кошка. Исходная гистограмма яркостей. По оси абсцисс – значения яркости свечения в пикселях

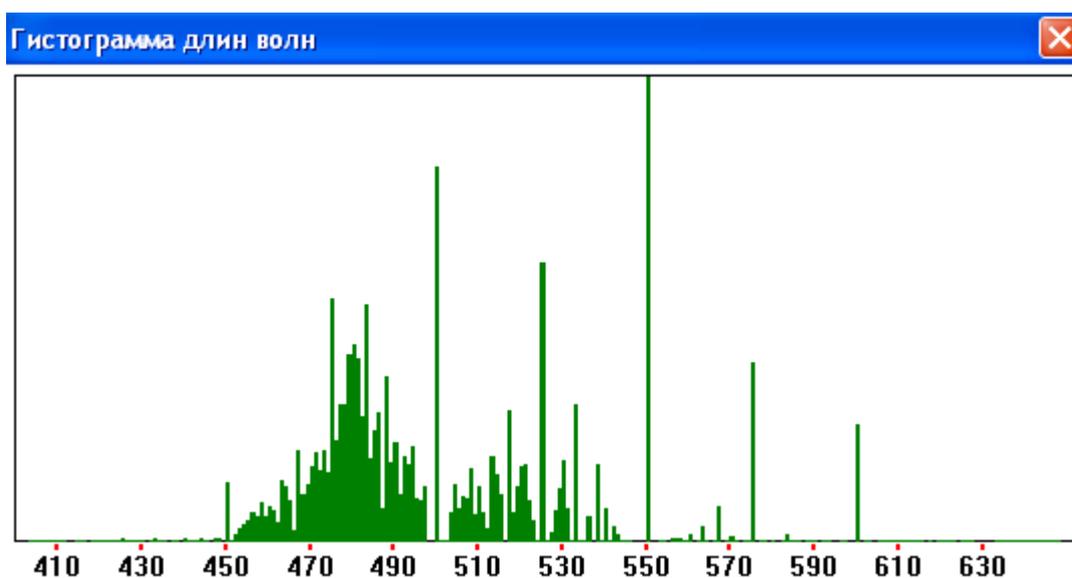


Рис. 14. Кошка. Исходная гистограмма длин волн. По оси абсцисс значения длин волн в нм

Яркость очага свечения в синоатриальной области сердца у кошек в исходном состоянии составляла $248,0 \pm 3,8$ пикселей, а диапазон длин волн $460,7 \pm 1,3 - 570,7 \pm 2,6$ нм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В высокочастотном электрическом поле в синоатриальной области сердца кошки возникал очаг свечения. Он располагался в устье верхней поллой вены.

Появление очага свечения предшествовало зубцу Р на электрокардиограмме. Время между появлением очага свечения и зубцом Р на электрокардиограмме было постоянным.

Внутри очага свечения выделялся очаг наибольшей яркости свечения. За ним следовали зоны менее интенсивного свечения.

Компьютерная программа сделала 7 томографических срезов по интенсивности свечения светящегося очага в синоатриальной области сердца кошки. Самый маленький по площади срез был самым интенсивным по свечению. Самый большой по площади срез был наименьшим по интенсивности свечения.

Томографические срезы имели вид усечённого конуса. Это указывало на то, что возбуждение в синоатриальной области распространялось как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Причем, в вертикальном направлении распространение возбуждения шло быстрее, чем в горизонтальном.

В более поверхностных срезах возбуждение распространялось быстрее, чем в более глубоких, о чём свидетельствовали более широкие поверхностные срезы и большая их площадь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1..Ефремов И.Р., Самбелашвили А.Т., Никольский В.Н. Прогресс в изучении механизмов электрической стимуляции сердца (Часть 1) // Вестник Аритмологии. – 2002. – № 26. – С. 1-19.
- 2..Ефремов, И. Р., Ченг, Ю., Самбелашвили, А. Т., Никольский, В. Н. Прогресс в изучении механизмов электрической стимуляции сердца (часть 3) // Вестник аритмологии. -2002. - № 29 – С. 75-80.
- 3..Кузьмин В.С., Розенштраух Л.В. Изучение распространения возбуждения в миокарде легочных вен крысы с использованием метода оптического картирования // Российский физиологический журнал 2012.-№ 9.- С. 1119-1130.
- 4..Перова М.Ю., Абушкевич В.Г., Федунова Л.В., Перов В.Ю. Визуализация процесса возбуждения в пейсмекере венозного синуса сердца лягушки // Кубанский научный медицинский вестник.- 2008.- №6 (105).- С. 49-51.

REFERENCES

- 1..Efremov I.R., Sambelashvili A.T., Nikolskiy V.N. Progress v izuchenii mehanizmov elektricheskoy stimulyatsii serdtsa (Chast'1) // Vestnik Aritmologii. – 2002. – № 26. – S. 1-19.
- 2..Efremov, I. R., Cheng, Yu., Sambelashvili, A. T., Nikol'skiy, V. N. Progress v izuchenii mehanizmov elektricheskoy stimulyatsii serdtsa (chast 3) // Vestnik aritmologii. – 2002 - № 29. - S. 75-80.
- 3..Kuzmin V.S., Rozenshtrauh L.V. Izuchenie rasprostraneniya vozbuzhdeniya v miokarde legochnyh ven krysy s ispolzovaniem metoda opticheskogo kartirovaniya // Rossiyskiy fiziologicheskij zhurnal 2012.-№ 9.-S.1119-1130.
- 4..Perova M.Yu., Abushkevich V.G., Fedunova L.V., Perov V.Yu. Vizualizatsiya protsessa vozbuzhdeniya v peysmekere venoznogo sinusa serdtsa lyagushki // Kubanskiy nauchnyj meditsinskiy vestnik.- 2008.- № 6 (105).- S. 49-51.