

На правах рукописи

Сомов Иван Михайловича

**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОЧАГА ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ В
СИНОАТРИАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ СЕРДЦА КОШКИ**

03.03.01 - физиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Краснодар – 2018

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России).

Научный руководитель: доктор медицинских наук, профессор
Покровский Владимир Михайлович.

Официальные оппоненты:

Горст Виктор Рудольфович, доктор биологических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра нормальной физиологии, профессор кафедры.

Нечепуренко Анатолий Анатольевич, кандидат медицинских наук, федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Астрахань), отделение хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электростимуляции, заведующий отделением.

Ведущая организация:

Институт физиологии федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук.

Защита состоится 26 февраля 2019 года в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 208.038.01 на базе ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России (350063, Краснодар, ул. Седина, 4, тел. (861) 2625018).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте (<http://www.ksma.ru>) ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России).

Автореферат разослан «___» _____ 201 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета Д 208.038.01
доктор медицинских наук
профессор

Гуменюк Сергей Евгеньевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В ряде отечественных и зарубежных лабораторий получены факты о воспроизводимости сердцем ритма залповой стимуляции блуждающего нерва электрическим током. Эти данные не могут быть объяснены традиционными теориями генерации сердечного ритма в синоатриальном узле (А.А. Зубков, 1936; Н. Suga, М. Oshima, 1968; J.V. Reid, 1969; M.N. Levy et al., 1969; В.М. Покровский, 2007). В результате многолетних исследований В.М. Покровским сформулирована концепция иерархической организации в целостном организме ритмогенеза сердца: в естественных условиях сердечный ритм первоначально возникает в головном мозге в форме залпов нервных импульсов. Последние передаются по БН к синоатриальному узлу (САУ) сердца, и при взаимодействии с ним образуется сердечный ритм. В целостном организме внутрисердечный генератор - это жизнеобеспечивающий фактор, сохраняющий насосную функцию сердца, если центральная нервная система (ЦНС) не обеспечивает задание сердечного ритма. Центральный генератор обеспечивает адаптивные реакции сердца в естественных условиях. Способность сердца воспроизводить ритм, сформированный в ЦНС, возможна в силу особенностей электрофизиологических процессов, происходящих в пейсмекере сердца. Взаимосвязь этих иерархических уровней ритмогенеза определяет совершенство и надёжность механизма формирования сердечного ритма в целостном организме (В.М. Покровский, 2005, 2007, 2010).

Компьютерное картирование очага первоначального возбуждения в области синоатриального узла является одним из электрофизиологических методов, позволяющих исследовать пейсмекерный механизм.

Ранее в острых опытах на кошках при усвоении сердцем ритма залпов электрических импульсов, наносимых на периферический конец перерезанного блуждающего нерва был установлен факт расширения очага первоначального возбуждения (В.М. Покровский, Л.В. Федунова, 1995).

Однако, использованный в этих исследованиях метод компьютерного картирования обладает существенным недостатком: прибор регистрирует проекцию сигнала на поверхность миокарда и не способен регистрировать процессы, происходящие в толще ткани.

Метод оптического потенциала (И.Р. Ефимов с соавт., 2002; В.С. Кузьмин, Л.В. Розенштраух, 2012) обладает огромной разрешающей способностью, но может использоваться только на изолированном препарате.

Таким образом, существующие в настоящее время методы изучения очага первоначального возбуждения не отражают процессы, происходящие в глубине ткани сердца, а лишь регистрируют сигналы, проецирующиеся на поверхность сердца, хотя источник возбуждения – пейсмекер лежит в глубине ткани.

Учитывая вышеперечисленное, представляет интерес метод визуализации очага свечения в области синоатриального узла под действием высокочастотного электрического поля, 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 и отмечено увеличение площади этого очага при управляемой брадикардии.

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

Степень разработанности темы: Ранее в высокочастотном электромагнитном поле проведены исследования по визуализации очага первоначального возбуждения в венозном синусе сердца лягушки (М.Ю. Перова с соавт., 2008, 2009, 2010). Визуализация очага первоначального возбуждения в синоатриальном узле теплокровного животного не изучена.

Цель исследования: Выявить особенности возбуждения в синоатриальной области сердца кошки при спонтанном ритме, в отсутствии и при наличии вагусно-сердечной синхронизации с помощью метода высокочастотного электромагнитного поля для углубления представлений о ритмогенезе сердца.

Задачи:

1. оценить параметры очага свечения, полученного с использованием высокочастотного электромагнитного поля в синоатриальной области сердца наркотизированной кошки, в исходном состоянии,
2. оценить параметры очага свечения, полученного с использованием высокочастотного электромагнитного поля в синоатриальной области сердца наркотизированной кошки при стимуляции блуждающего нерва электрическим током, без развития вагусно-сердечной синхронизации,
3. оценить параметры очага свечения, полученного с использованием высокочастотного электромагнитного поля в синоатриальной области сердца наркотизированной кошки при стимуляции блуждающего нерва электрическим током, в условиях вагусно-сердечной синхронизации.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. увеличение площади очага свечения в синоатриальном узле кошки позволяет судить об усвоении сердцем сигналов, поступающих по блуждающему нерву;
2. в отличие от предложенных ранее методов оценки возбуждения в проводящей системе сердца, метод выявления участка свечения в электромагнитном высокочастотном поле позволяет оценить процесс, происходящий в самом узле, а не его проекцию на поверхность сердца;
3. площадь очага свечения коррелирует с частотой импульсов («пачек»), используемых для раздражения периферического конца блуждающего нерва в условиях развития вагусно-сердечной синхронизации;
4. принципы оценки процесса возбуждения синоатриального узла сердца кошки в высокочастотном электромагнитном поле позволяют проследить общебиологическую зависимость распространения возбуждения в

проводящей системе сердца.

Научная новизна исследования:

1. впервые установлено наличие очага свечения в высокочастотном электромагнитном поле в синоатриальной области сердца теплокровного животного – кошки (в исходном состоянии);

2. впервые определены значения параметров очага свечения в синоатриальной области сердца кошки при раздражении блуждающего нерва залпами импульсов при отсутствии вагусно-сердечной синхронизации (при брадикардии);

3. впервые установлены значения параметров очага свечения в синоатриальной области сердца кошки при раздражении блуждающего нерва залпами импульсов в условиях вагусно-сердечной синхронизации (при наличии управляемой брадикардии).

Теоретическая и практическая значимость работы. Исследование носит теоретический характер и, благодаря использованию метода визуализации возбуждения в высокочастотном электромагнитном поле, содержит новые факты, дополняющие и расширяющие имеющиеся представления о нервной регуляции и механизмах ритмогенеза сердца, а именно: сведения об особенностях возникновения и распространения очага свечения в синоатриальной области при вагусно-сердечной синхронизации. Полученные данные могут быть использованы для дальнейшего исследования ритмогенеза сердца.

Методология и методы исследования. Работа построена на новой методологии исследования очага первоначального возбуждения в синоатриальной области сердца путем визуализации его свечения в высокочастотном электромагнитном поле.

Опыты проводились на 14 беспородных кошках весом $3,5 \pm 0,4$ килограммов. Животных вводили в наркоз, делали трахеотомию, отпрепарировали блуждающие нервы на шее. Правый нерв брали на лигатуры и пересекали. Животных переводили на искусственное дыхание, вскрывали грудную клетку, перикард. На синоатриальную область работающего сердца помещали устройство для визуализации (сканер КЭЛСИ фирмы Elsys, Санкт-Петербург, Россия), позволявшее создать высокочастотное электромагнитное поле (1024 Гц). Свечение регистрировалось специальной высокочувствительной телекамерой (1000 снимков в секунду). Проводили запись электрокардиограммы в первом стандартном отведении, регистрировали очаг свечения в синоатриальной области, раздражали периферический конец перерезанного блуждающего нерва залпами электрических импульсов из 3, 5, 7 импульсов в залпах. При раздражении получали вагусно-сердечную синхронизацию.

Регистрацию очага свечения осуществляли до раздражения нерва, при раздражении периферического конца блуждающего нерва до получения вагусно-сердечной синхронизации и при развитии вагусно-сердечной синхронизации путем стимуляции нерва залпами, состоящими из 3, 5, 7

электрических импульсов.

Общие сведения о наблюдениях представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Общие сведения о наблюдениях

Серии экспериментов	Методы исследования	Кол-во фрагментов наблюдений	Кол-во животных
1.Визуализация очага первоначального возбуждения в высокочастотном электромагнитном поле при исходном ритме сокращений сердца	1.Электрокардиография 2.Визуализация пейсмейкера сердца в высокочастотном электромагнитном поле 3.Съёмка видеофильма 4.Измерение параметров светящегося очага	14 70 70 1050	14
2.Визуализация очага первоначального возбуждения в высокочастотном электромагнитном поле при раздражении блуждающего нерва в отсутствии синхронизации	1.Электрокардиография 2.Визуализация пейсмейкера сердца в высокочастотном электромагнитном поле 3.Съёмка видеофильма 4.Измерение параметров светящегося очага	14 70 70 1050	14
3.Визуализация очага первоначального возбуждения в высокочастотном электромагнитном поле при вагусно-сердечной синхронизации при раздражении блуждающего нерва залпами из 3, 5, 7 импульсов	1.Электрокардиография 2.Визуализация пейсмейкера сердца в высокочастотном электромагнитном поле 3.Съёмка видеофильма 4.Измерение параметров светящегося очага	14 70 70 1050	14
Всего		1050	14

Блок-схема установки представлена на рисунке 1.

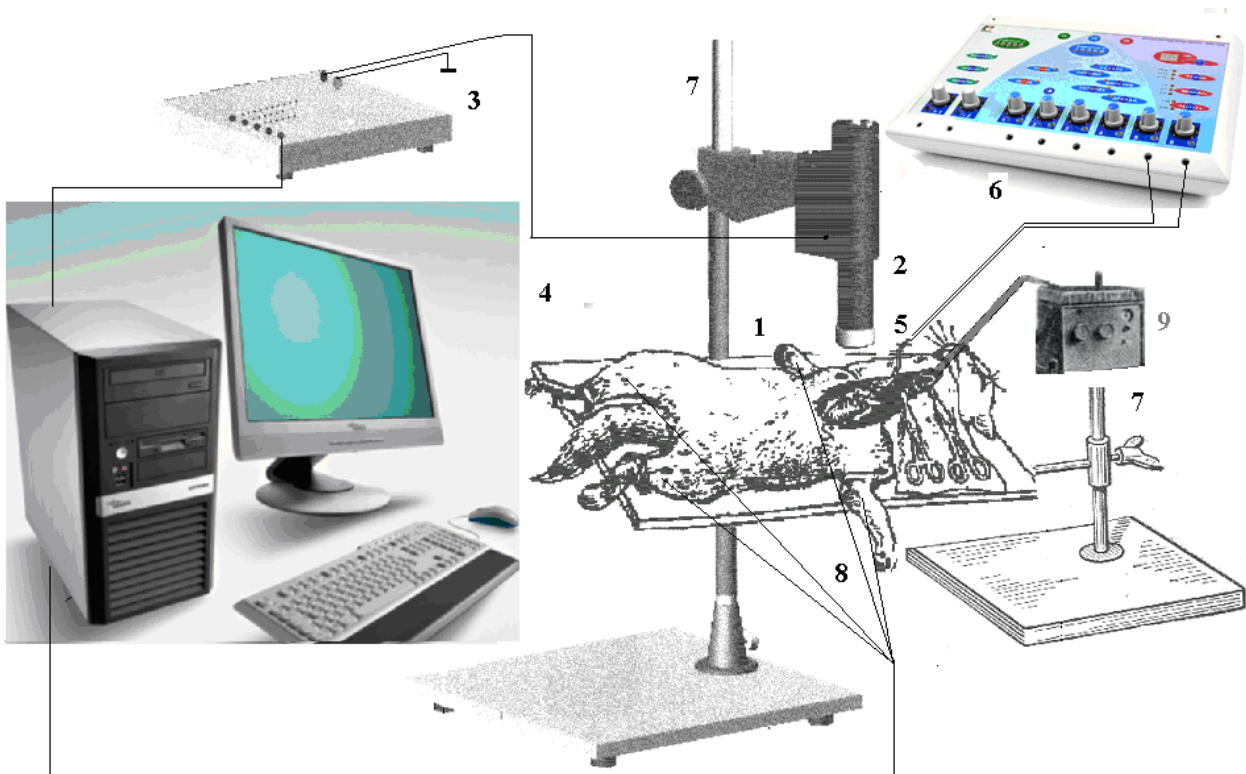


Рисунок 1 – Блок-схема установки

1 – кошка, 2 – камера для визуализации очага свечения в высокочастотном электромагнитном поле и телекамера, 3 – блок управления высокочастотным электромагнитным полем, 4 – компьютер для получения изображения очага свечения в высокочастотном электромагнитном поле и регистрации электрокардиограммы, 5 – электроды на блуждающих нервах, 6 – электростимулятор с электродами для раздражения периферического конца перерезанного блуждающего нерва, 7 – штативы, 8 – провода от электрокардиографических электродов, 9 – аппарат искусственной вентиляции легких «Вита»

Компьютерная программа по интенсивности свечения делала томографические срезы светящегося очага в синоатриальной области сердца кошки. Определяли площади каждого из срезов, расстояние между срезами, расстояние, проходимое возбуждением (свечением) в каждом срезе (рис. 2). Программа строила гистограммы яркости свечения и гистограммы длин волн свечения.

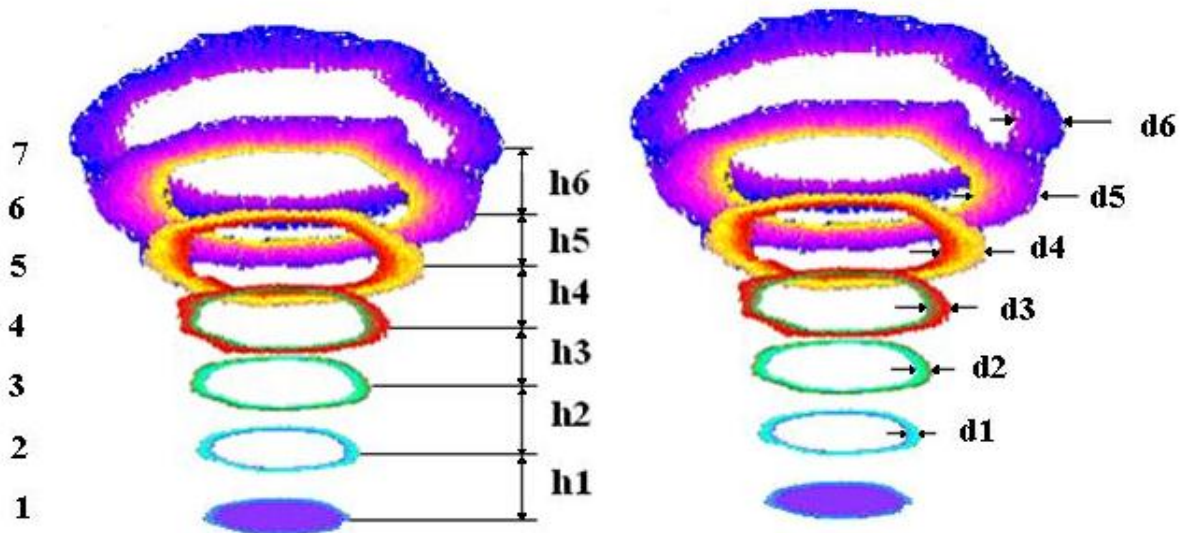


Рисунок 2 – Срезы очага свечения в синоатриальном узле сердца кошки

Слева по вертикали цифрами указаны номера срезов: 1 – область наиболее интенсивного свечения, соответствующая очагу первоначального возбуждения (самый глубокий срез), номера срезов повышаются в сторону эпикарда (2 – 7); h – расстояние между срезами; d – расстояние, проходимое возбуждением (свечением) в каждом срезе по горизонтали.

Площадь среза свидетельствует о величине участка ткани, охваченного возбуждением. Площадь оценивалась по сканограмме и, исходя из величины увеличения, переводилась в истинное значение в мм^2 .

Расстояние между срезами светящегося очага отражает путь распространения возбуждения в вертикальной плоскости, чем больше расстояние между срезами (h), тем выше скорость распространения возбуждения по вертикали.

Расстояние, проходимое возбуждением (свечением) в каждом срезе в горизонтальной плоскости, зависит от расстояния, пройденного возбуждением из первоначального очага в единицу времени. Поскольку время фиксации одинаково для всех срезов, то по этому параметру можно судить о скорости проведения возбуждения: чем это расстояние (d) больше, тем больше скорость.

Гистограмма яркости свечения отражает силу процесса возбуждения. Гистограмма длин волн отражает спектр свечения.

Раздражение периферического конца перерезанного блуждающего нерва осуществлялось с использованием электростимулятора ЭСУ – 1 электрическими импульсами длительностью 2 мс, частотой 20 Гц, амплитудой 1В.

Статистический анализ результатов исследования был проведен с использованием программ: «Statistika 6,0 for Windows». Вычислялись величины: M – средняя арифметическая, m – стандартная ошибка средней арифметической, P – показатель достоверности различий. За достоверные различия в сравнении средних величин в парных сравнениях брали t -критерий Стьюдента при $p < 0,05$.

Степень достоверности и апробация результатов:

по материалам диссертации опубликована 21 печатная работа, 4 из них в журналах, включённых в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации.

Данные полученных наблюдений были представлены на VIII Российском национальном конгрессе «Человек и лекарство» (Москва, 2014), на XX международной научно-практической конференции «Наука вчера, сегодня, завтра» (Новосибирск, 2015), на XX международной научно-практической конференции «Современные тенденции в науке, технике, образовании» (Смоленск, 2016), на V Съезде физиологов СНГ (Сочи, 2016).

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 112 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, главы методология и методы исследования, 3 глав собственных исследований, заключения, выводов, библиографии (109 источников литературы на русском и 20 – на иностранных языках). Работа содержит 41 рисунок и 6 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Результаты исследования и их обсуждение

Исходное состояние

Эксперименты выполнены на 14 наркотизированных кошках тиопенталом натрия, находящихся на искусственной вентиляции лёгких, со вскрытой грудной клеткой и перикардом. Во время опытов было снято 5 фильмов на каждом животном. Из каждого фильма было отобрано по 15 кадров, т.е. 70 кадров в каждом опыте. Таким образом, всего изучено 1050 исследований фрагментов видеофильмов.

Частота сердечных сокращений составляла $125,7 \pm 2,2$ в минуту.

При воздействии на сердце высокочастотного электрического поля частота сердечных сокращений достоверно не изменялась ($P > 0,05$). В синоатриальной области возникал очаг свечения. Центр светящегося очага располагался на расстоянии $2,1 \pm 0,04$ 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 составляла $19,17 \pm 0,73$ мм². Внутри него выделялась область наибольшей яркости свечения, площадью $1,32 \pm 0,08$ мм². Согласно ранее полученным данным сопоставления светящейся области наибольшей яркости и очага первоначального возбуждения, выявляемого методом электродного картирования в венозном синусе сердца лягушки (М.Ю. Перова, 2010), область наибольшей яркости свечения соответствует по размеру и локализации очагу первоначального возбуждения. Таким образом, наблюдаемый светящийся очаг включает в себя очаг первоначального возбуждения и зону распространения возбуждения.

С помощью компьютерной программы по интенсивности свечения были сделаны 7 томографических срезов очага свечения в синоатриальной области сердца кошки. Возбуждение в синоатриальной области распространялось как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях (рис. 3). В таблице 2 представлены параметры томографических срезов очага свечения в синоатриальной области сердца кошки в исходном состоянии.

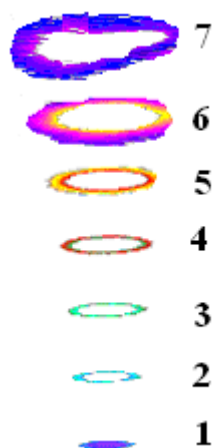


Рисунок 3 – Томографические срезы светящегося очага в синоатриальной области сердца кошки по интенсивности свечения (2–7)

1 – наибольшая по интенсивности область свечения очага

Таблица 2 – Параметры томографических срезов очага свечения в синоатриальной области сердца кошки в исходном состоянии ($M \pm m$)

Параметры	Номер среза очага свечения в синоатриальной области сердца						
	1	2	3	4	5	6	7
Расстояние, проходимое в срезе по горизонтали (d), в мм	Область наиболее интенсивного	$0,14 \pm 0,01$	$0,14 \pm 0,01$ $P_2 > 0,05$	$0,18 \pm 0,01$ $P_3 < 0,001$	$0,28 \pm 0,01$ $P_4 < 0,001$	$0,31 \pm 0,01$ $P_5 < 0,001$	$0,32 \pm 0,01$ $P_6 < 0,001$
Расстояние между срезами (h), в мм		$0,0439 \pm 0,0004^*$	$0,0440 \pm 0,0004^*$	$0,0440 \pm 0,0003^*$	$0,0439 \pm 0,0004^*$	$0,0439 \pm 0,0004^*$	$0,0440 \pm 0,0003^*$
Площадь срезов (S) в мм ²		$1,32 \pm 0,08$	$2,18 \pm 0,10$ $P_1 < 0,001$	$2,96 \pm 0,10$ $P_2 < 0,001$	$4,61 \pm 0,13$ $P_3 < 0,001$	$7,43 \pm 0,18$ $P_4 < 0,001$	$13,55 \pm 0,32$ $P_5 < 0,001$
							$19,17 \pm 0,73$ $P_6 < 0,001$

Примечание: P – достоверность между столбцами: P_1 – между 1 и 2, P_2 – между 2 и 3, P_3 – между 3 и 4, P_4 – между 4 и 5, P_5 – между 5 и 6, P_6 – между 6 и 7.

* - $P > 0,05$ – достоверность между h_{1-6} .

Как видно из рисунка 3 и таблицы 2, при распространении возбуждения от очага свечения к поверхности синоатриальной области сердца кошки площадь томографических срезов очага свечения увеличивается. В том же направлении отмечается увеличение расстояний, проходимых возбуждением (свечением) в каждом срезе. Причем в более поверхностных срезах возбуждение распространяется быстрее, чем в более глубоких, о чём свидетельствуют более широкие поверхностные срезы.

Яркость очага свечения в синоатриальной области сердца у кошек составляла $248,0 \pm 3,8$ бит, диапазон длин волн от $460,7 \pm 1,3$ до $570,7 \pm 2,6$ нм.

При отсутствии вагусно-сердечной синхронизации

При стимуляции блуждающего нерва импульсами отмечалось урежение ритма сердца: частота сердечных сокращений составляла $114,7 \pm 2,0$ в минуту.

Центр очага свечения смещался на расстояние $4,10 \pm 0,05$ миллиметров по диагонали от устья краниальной поллой вены.

Время между появлением очага свечения и зубцом Р на электрокардиограмме колебалось от $0,07 \pm 0,02$ секунды до $0,14 \pm 0,02$ секунды.

Максимальная площадь очага свечения составляла $25,14 \pm 1,02$ мм² (таблица 3), что превышало площадь очага свечения при исходном ритме на 31,1%.

Таблица 3 – Параметры томографических срезов очага свечения в синоатриальной области сердца кошки при отсутствии вагусно-сердечной синхронизации ($M \pm m$)

Параметры	Номер среза очага свечения в синоатриальной области сердца						
	1	2	3	4	5	6	7
Расстояние, проходимое в срезе по горизонтали (d), в мм	Область наиболее интенсивного свечения очага	$0,16 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,01$ $P_2 > 0,05$	$0,16 \pm 0,01$ $P_3 < 0,001$	$0,19 \pm 0,01$ $P_4 < 0,001$	$0,32 \pm 0,01$ $P_5 < 0,001$	$0,37 \pm 0,01$ $P_6 < 0,001$
Расстояние между слоями (h), в мм		$0,0440 \pm 0,0003^*$	$0,0440 \pm 0,0004^*$	$0,0440 \pm 0,0003^*$	$0,0441 \pm 0,0005^*$	$0,0440 \pm 0,0005^*$	$0,0440 \pm 0,0003^*$
Площадь срезов (S) в мм ²	$1,29 \pm 0,08$	$1,88 \pm 0,09$ $P_1 < 0,001$	$2,90 \pm 0,08$ $P_2 < 0,001$	$4,29 \pm 0,12$ $P_3 < 0,001$	$8,31 \pm 0,38$ $P_4 < 0,001$	$16,25 \pm 0,55$ $P_5 < 0,001$	$25,14 \pm 0,92$ $P_6 < 0,001$

Примечание: Р – достоверность между столбцами: P_1 – между 1 и 2, P_2 – между 2 и 3, P_3 – между 3 и 4, P_4 – между 4 и 5, P_5 – между 5 и 6, P_6 – между 6 и 7

* - $P > 0,05$ – достоверность между h_{1-6}

Площадь области наибольшей яркости свечения составляла $1,29 \pm 0,08$ мм² и достоверно не отличалась от таковой при исходной частоте сердечных сокращений.

При стимуляции блуждающего нерва в более поверхностных слоях возбуждение распространяется быстрее, чем в более глубоких, о чем свидетельствуют более широкие поверхностные срезы и их большая площадь.

Яркость очага свечения в синоатриальной области сердца у кошек при раздражении периферического конца правого блуждающего нерва залпами электрических импульсов составляла $250,0 \pm 0,3$ бит, диапазон длин волн от $460,9 \pm 1,8$ до $600,5 \pm 2,1$ нм.

При вагусно-сердечной синхронизации

При наступлении вагусно-сердечной синхронизации, обусловленной раздражением блуждающего нерва залпами из 3 электрических импульсов, у кошек частота сердечных сокращений составляла $110,2 \pm 2,2$ ударов в минуту; при залпах из 5 и 7 импульсов, соответственно: $84,1 \pm 1,8$ и $67,7 \pm 1,7$ ударов в минуту.

Центр светящегося очага смещался при 3 импульсах в залпе на $4,99 \pm 0,05$ миллиметров по диагонали от устья краниальной поллой вены. При залпах из 5 и 7 импульсов, соответственно: на $68,2 \pm 0,5$ и на $68,2 \pm 0,5$ миллиметров по диагонали от устья краниальной поллой вены.

Время между появлением очага свечения и зубцом Р на электрокардиограмме составляло $0,12 \pm 0,02$ секунды при 3 импульсах в залпе; при залпах из 5 и 7 импульсов - $0,15 \pm 0,01$ секунд.

Площадь очага свечения при вагусно-сердечной синхронизации, вызванной стимуляцией блуждающего нерва залпами из 3 электрических импульсов, составляла $44,82 \pm 1,48$ мм², что превышало площадь очага свечения при стимуляции нерва без синхронизации на 78,3%, а при исходном ритме - на 133,8%.

Площадь области наибольшей яркости свечения была равна $2,90 \pm 0,11$ мм² и превышала аналогичную площадь при стимуляции нерва без синхронизации на 124,8%, а при исходном ритме - на 119,7% (таблица 4).

Происходило увеличение расстояний, проходимых возбуждением (свечением) в каждом срезе в горизонтальной плоскости, в то время как расстояние между срезами очага свечения достоверно не изменялось.

Яркость очага свечения в синоатриальной области сердца у кошек при вагусно-сердечной синхронизации, обусловленной раздражением периферического конца правого блуждающего нерва залпами из 3 электрических импульсов, составляла $250,7 \pm 0,7$ бит, диапазон длин волн был равен от $455,0,5 \pm 2,1$ до $540,3 \pm 1,4$ нм.

Максимальная площадь очага свечения при вагусно-сердечной синхронизации, вызванной стимуляцией блуждающего нерва залпами из 5 электрических импульсов, составляла $67,92 \pm 1,72$ мм², что на 51,6% превышало площадь очага свечения при вагусно-сердечной синхронизации, вызванной раздражением блуждающего нерва залпами из 3 электрических импульсов.

Площадь области наибольшей яркости свечения была равна $5,05 \pm 0,2$ мм² и превышала площадь области наибольшей яркости при вагусно-сердечной синхронизации при 3 импульсах в залпе на 74,1%.

Происходило увеличение расстояний, проходимых возбуждением (свечением) в каждом срезе в горизонтальной плоскости, в то время как расстояние между срезами очага свечения достоверно не изменялось.

Яркость очага свечения в синоатриальной области сердца у кошек при вагусно-сердечной синхронизации, обусловленной раздражением периферического конца правого блуждающего нерва залпами из 5 электрических импульсов, составляла $250,8 \pm 0,9$ бит, диапазон длин волн от $430,0 \pm 3,2$ до $630,3 \pm 2,5$ нм.

Максимальная площадь очага свечения при вагусно-сердечной синхронизации, вызванной стимуляцией блуждающего нерва залпами из 7 электрических импульсов, составляла $84,49 \pm 3,15$ мм², что на 24,4% превышало площадь очага свечения при вагусно-сердечной синхронизации, вызванной раздражением блуждающего нерва залпами из 5 электрических импульсов.

Таблица 4 – Параметры томографических срезов очага свечения в синоатриальной области сердца кошки при вагусно-сердечной синхронизации ($M \pm m$)

Номер среза	Вагусно-сердечная синхронизация		
	3 импульса в залпе	5 импульсов в залпе	7 импульсов в залпе
	1	2	3
Площадь срезов (S) в мм ²			
S1 область наиболее интенсивного свечения очага	$2,90 \pm 0,11$	$5,05 \pm 0,20$ $P_1 < 0,001$	$8,06 \pm 0,60$ $P_2 < 0,001$ $P_3 < 0,001$
S2	$4,20 \pm 0,15$	$7,41 \pm 0,26$ $P_1 < 0,001$	$9,89 \pm 0,62$ $P_2 < 0,001$ $P_3 < 0,001$
S3	$5,69 \pm 0,24$	$10,19 \pm 0,39$ $P_1 < 0,001$	$13,91 \pm 0,92$ $P_2 < 0,001$ $P_3 < 0,001$
S4	$10,63 \pm 0,53$	$14,63 \pm 0,59$ $P_1 < 0,001$	$20,73 \pm 0,13$ $P_2 < 0,001$ $P_3 < 0,001$
S5	$13,70 \pm 0,44$	$26,22 \pm 0,89$ $P_1 < 0,001$	$31,82 \pm 0,12$ $P_2 < 0,001$ $P_3 < 0,001$
S6	$29,09 \pm 0,91$	$47,70 \pm 1,20$ $P_1 < 0,001$	$60,54 \pm 0,21$ $P_2 < 0,001$ $P_3 < 0,001$
S7	$44,80 \pm 1,48$	$67,92 \pm 1,72$ $P_1 < 0,001$	$84,49 \pm 0,31$ $P_2 < 0,001$ $P_3 < 0,001$
Расстояние, проходимое в срезе по горизонтали (d) в мм			
d2	$0,12 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,01$ $P_1 < 0,001$	$0,16 \pm 0,01$ $P_2 < 0,001$ $P_3 > 0,05$
d3	$0,13 \pm 0,01$	$0,19 \pm 0,01$ $P_1 < 0,001$	$0,17 \pm 0,01$ $P_2 < 0,001$

			$P_3 > 0,05$
d4	$0,16 \pm 0,01$	$0,26 \pm 0,01$ $P_1 < 0,001$	$0,36 \pm 0,02$ $P_2 < 0,001$ $P_3 < 0,001$
d5	$0,37 \pm 0,01$	$0,47 \pm 0,01$ $P_1 < 0,001$	$0,46 \pm 0,01$ $P_2 < 0,001$ $P_3 > 0,05$
d6	$0,46 \pm 0,01$	$0,48 \pm 0,01$ $P_1 < 0,001$	$0,66 \pm 0,02$ $P_2 < 0,001$ $P_3 < 0,001$
d7	$0,84 \pm 0,01$	$0,50 \pm 0,01$ $P_1 < 0,001$	$0,74 \pm 0,01$ $P_2 < 0,001$ $P_3 < 0,001$

Примечание: P - достоверность между столбцами: P_1 – между 1 и 2, P_2 – между 3 и 1, P_3 – между 3 и 2

Площадь области наибольшей интенсивности свечения очага была равна $8,06 \pm 0,60 \text{ мм}^2$ и превышала площадь области наибольшего свечения при вагусно-сердечной синхронизации при 5 импульсах в залпе на 59,6%.

Происходило увеличение расстояний, проходимых возбуждением (свечением) в каждом срезе в горизонтальной плоскости, в то время как расстояние между срезами очага свечения достоверно не изменялось.

Яркость очага свечения в синоатриальной области сердца у кошек при вагусно-сердечной синхронизации, обусловленной раздражением периферического конца правого блуждающего нерва залпами из 7 электрических импульсов, составляла $254,4 \pm 0,5$ бит, диапазон длин волн от $410,0 \pm 2,5$ до $630,0 \pm 2,8$ нм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные факты свидетельствуют о большой информативности метода визуализации очага инициации возбуждения в синоатриальной области сердца кошки в высокочастотном электромагнитном поле, позволяющего регистрировать очаг первоначального возбуждения сердца кошки по анализу его свечения непосредственно в точке возникновения, оценить динамику процесса возбуждения по динамике изменения очага свечения, а также измерить диаметры и площади томографических срезов возбуждённой ткани.

Из представленных экспериментальных данных следует, что при отсутствии вагусно-сердечной синхронизации (при брадикардии) происходит увеличение скорости проведения в синоатриальной области сердца кошки, а при вагусно-сердечной синхронизации в результате раздражения блуждающего нерва залпами электромагнитных импульсов очаг первоначального возбуждения сердца кошки увеличивается в размерах.

Таким образом, сердце кошки усваивает заданный стимуляцией блуждающего нерва ритм, что проявляется в виде расширенного очага свечения, который может служить маркером усвоения заданного ритма, поступающего к нему по блуждающему нерву при его залповой стимуляции

Следовательно, иной методический подход – регистрация возбуждения в форме очага свечения, для выявления нейрональной активности в блуждающем нерве и очага первоначального возбуждения в синоатриальном узле сердца теплокровного животного позволяет получить новые сведения о механизме усвоения сердцем залпов нервных импульсов, поступающих к нему по блуждающим нервам от мозга.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Полученные результаты следует использовать для изучения генерации общепейсмейкерного ритма.

Рекомендуется использовать полученные данные для изучения аритмий сердца.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Полученные сведения будут использоваться в дальнейших научных исследованиях механизмов усвоения сердцем импульсов, поступающих по блуждающим нервам из мозга.

ВЫВОДЫ

1. В высокочастотном электромагнитном поле визуализируется очаг свечения в синоатриальной области сердца кошки в устье краниальной поллой вены. В центре очага имеется область наибольшей интенсивности свечения, вокруг которой расположены зоны менее интенсивного свечения.

2. Урежение ритма сердца, вызываемое стимуляцией периферического конца перерезанного блуждающего нерва электрическим током, вызывает смещение центра очага свечения по диагонали от устья краниальной поллой вены в сторону каудальной вены. На компьютерном снимке центр светящегося очага в сердце наркотизированной кошки диагностировался на расстоянии $20,6 \pm 0,4$ мм по диагонали от устья краниальной поллой вены в исходном состоянии; при раздражении блуждающего нерва вне синхронизации очаг смещался на расстояние до $60,6 \pm 0,4$ мм и в период вагусно-сердечной синхронизации в процессе стимуляции нерва залпами из 3, 5 и 7 электрических импульсов – на расстояние до $68,2 \pm 0,5$ мм.

3. Степень брадикардии при вагусно-сердечной синхронизации определяет ширину слоёв срезов в очаге свечения в синоатриальной области сердца кошки: чем реже ритм сердца, тем больше ширина, а, следовательно, и расстояние (d), проходимое возбуждением (свечением) в верхних срезах.

4. Площадь очага свечения в синоатриальной области сердца кошки определяется режимами стимуляции блуждающего нерва. Так площадь очага свечения в исходном состоянии была равна $191,7 \pm 7,3$ мм². При раздражении блуждающего нерва электрическим током, без развития вагусно-сердечной синхронизации, площадь очага свечения увеличивалась на 31,1%, а при раздражении блуждающего нерва, приводящего к развитию вагусно-сердечной синхронизации, площадь очага свечения увеличивалась в зависимости от количества импульсов в «залпе»: при 3-х импульсах – на 33,8%; при 5 импульсах – на 51,6%; при 7 импульсах – на 54,4%.

5. Площадь очага свечения в синоатриальной области сердца кошки в условиях вагусно-сердечной синхронизации зависит от степени брадикардии, определяемой частотой «залпов» и количеством импульсов в них. Чем больше количество импульсов в «залпах», тем более выражена брадикардия и больше площадь очага свечения. В такой же закономерности изменялась яркость очага свечения.

6. Маркером усвоения сердцем теплкровного животного ритма блуждающего нерва является увеличение площади очага свечения в синоатриальной области сердца.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Работы, опубликованные в изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий или входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук и изданиях, приравненных к ним :

1. **Сомов, И. М.** Характеристика очага возбуждения в синоатриальной области сердца кошки при вагусно-сердечной синхронизации / И.М. Сомов // Кубанский научный медицинский вестник. – 2014. – № 5 (147). – С. 113 – 117.
2. **Сомов, И. М.** Визуализация очага первоначального возбуждения в синоатриальном узле сердца кошки / И.М. Сомов // Политематический журнал КубГАУ. – 2015. – № 108 (04). – С. 1 – 16.
3. Визуализация процесса возбуждения в синоатриальной области сердца кошки при раздражении блуждающего нерва / В. М. Покровский, **И. М. Сомов** // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2015. – Т. 10, № 1. – С. 70 – 72.
4. Выявление очага возбуждения в глубине ткани методом визуализации в высокочастотном электрическом поле / Ю. Ю. Перова, В. А. Минкин, **И. М. Сомов**, В. Г. Абушкевич, А. С. Саркисян, А. Н. Арделян, Л. А. Скорикова, Н. М. Шулая // Кубанский научный медицинский вестник. – 2016. – № 2 (157). – С. 122 – 126.

Работы, опубликованные в других изданиях

5. Представление об иерархической организации ритмогенеза сердца - основа для создания патогенетических моделей аритмий / В. М. Покровский, В. Г. Абушкевич, Д. В. Гурбич, М. С. Клыкова, А. Н. Арделян, **И. М. Сомов**, А. В. Бурлуцкая, И. А. Нечепуренко // 21 съезд физиол. о-ва им. И. П. Павлова : тез. докл. – М. ; Калуга, 2010. – С. 487.
6. **Сомов, И. М.** Анализ процесса возбуждения в пейсмекере сердца кошки при вагусно-сердечной синхронизации / И.М. Сомов // Сборник статей по Материалам XXIII междунар. заоч. науч.-практ. конф. «Научная дискуссия:

вопросы математики, физики, химии, биологии». – М., 2014. – № 11(21). – С. 77 – 79.

7. **Сомов, И. М.** Наш опыт исследования очага возбуждения в синоатриальной области сердца кошки при вагусно-сердечной синхронизации / И.М. Сомов // Сборник статей по материалам XX международной науч.-практ. конф. «Наука вчера, сегодня, завтра». – Новосибирск, 2015. – № 1(18). – С. 60 – 63.

8. **Сомов, И. М.** Очаг свечения в синоатриальном узле сердца кошки в исходном состоянии / И.М. Сомов // Сборник статей по материалы XXXIII междунар. заоч. науч.-практ. конф. «Научная дискуссия: инновации в современном мире» – М., 2015. – № 1(33). – С. 78 – 82.

9. **Сомов, И. М.** Выявление очага инициации возбуждения в синоатриальном узле сердца кошки / И.М. Сомов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 1. – С. 102.

10. **Сомов, И. М.** Изучение очага возбуждения в синоатриальной области сердца кошки при вагусно-сердечной синхронизации / И.М. Сомов // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2 (ч. 1). – С. 99.

11. **Сомов, И. М.** Оптимизация изучения визуализации очага возбуждения в САУ сердца кошки в экспериментальных исследованиях физиолога / И.М. Сомов // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2 (ч. 2). – С. 128.

12. **Сомов, И. М.** Роль высокочастотного электрического поля в исследовании очага инициации в пейсмекере сердца кошки при раздражении перерезанного конца блуждающего нерва» / И.М. Сомов // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2 (ч. 2). – С. 171– 172.

13. **Сомов, И. М.** Современные возможности визуализации процесса возбуждения в САУ сердца кошки при раздражении блуждающего нерва / И.М. Сомов // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2 (ч. 3). – С. 426.

14. **Сомов, И. М.** Место способа визуализации очага свечения в пейсмекере сердца кошки при экспериментальных исследованиях / И.М. Сомов // Международный журнал экспериментального образования». – 2015. – № 3 (ч. 1). – С. 98 – 99.

15. **Сомов, И. М.** Современные подходы в исследовании очага инициации в синоатриальной области сердца кошки в исходном состоянии опытов. / И.М. Сомов // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 3 (ч. 1). – С. 101.

16. **Сомов, И. М.** Некоторые аспекты изучения очага возбуждения в пейсмекере сердца кошки в исходном состоянии экспериментов / И.М. Сомов // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 3 (ч. 1). – С. 108.

17. **Сомов, И. М.** Визуализация очага инициации возбуждения в синоатриальной области сердца кошки при вагусно-сердечной синхронизации / И.М. Сомов // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Новая наука: от идеи к результату. –

Сургут. – Sterlitaмак: РФ РИЦ АМИ, 2016. – № 3 (ч. 2). – С. 21 – 23.

18. **Сомов, И. М.** Роль высокочастотного электрического поля в экспериментальных исследованиях очагов возбуждения в пейсмекере сердца кошки / И.М. Сомов // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Современные тенденции в науке, технике, образовании». – Смоленск, 2016. – С. 18 – 20.

19. **Сомов, И. М.** Современные тенденции в изучении свечения очага возбуждения в синоатриальной области сердца кошки / И.М. Сомов // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 3 (ч. 1). – С. 79.

20. Визуализация процесса возбуждения в возбудимых тканях / Н. В. Махнова, В. А. Минкин, А. Н. Арделян, И. А. Головин, Е. И. Грицаев, А. В. Коданев, Н. В. Корнилова, Ю. Ю. Перова, В. В. Попков, А. С. Саркисян, **И. М. Сомов**, Н. М. Шулая, Л. А. Скорикова // Материалы 5 Съезда физиологов СНГ. – Сочи, 2016. – С. 161.

21. **Сомов, И. М.** Исследование визуализации очага первоначального возбуждения в синоатриальном узле сердца кошки при усвоении ритма блуждающего нерва / И.М. Сомов // «XIV Международный постоянно действующий конгресс «Экология и дети». Сборник материалов. 1 том. Медико-экологические и социально-экономические проблемы инновационных биоэнергоинформационных технологий в эколого-оздоровительной системе молодого поколения, пути решения». – Анапа, 2017. – С. 250 – 252.