Неусвоение ритма при фибрилляции желудочков сердца собаки

Гурьянов М. И. к. м. н., старший научный сотрудник
Тобольской Биостанции Российской Академии Наук, г. Тобольск

Lack of rhythm assimilation upon canine ventricular fibrillation

Gurianov M. I.

Резюме

Цель. Изучение фибрилляции желудочков сердца с позиции теории лабильности Введенского-Ухтомского. Материал и методы. Был проведен спектральный анализ электрокардиограммы методом быстрого преобразования Фурье при фибрилляции желудочков у 25 собак. Спектральный анализ электрокардиограммы проводился в частотных диапазонах дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов электроэнцефалограммы. Результаты. Выявлена доминантная и бездоминантная частотная структура электрокардиограммы при фибрилляции желудочков. Выводы. 1) Неусвоение ритма сердцем собаки, характеризующееся регистрацией на электрокардиограмме нестабильных осцилляций в частотных диапазонах дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов электроэнцефалограммы, отражает развитие распада функциональной целостности миокарда при фибрилляции желудочков. 2) Стадии неусвоения ритма с доминантной и бездоминантной частотной структурой отражают снижение функциональной подвижности (сердца) и развитие распада функциональной целостности миокарда при фибрилляции желудочков.

Ключевые слова: сердце собаки, фибрилляция желудочков, неусвоение ритма.

Summary

Aims. Study of ventricular fibrillation on the basis of the theory of lability by Wedensky-Ukhtomsky. Material and methods. Fast Fourier transform analysis of electrocardiogram was conducted upon ventricular fibrillation in 25 dogs. Fast Fourier transform analysis of electrocardiogram was conducted in the frequency range of delta-, theta-, alpha-, beta- and gamma-rhythms of electroencephalogram. Results. Dominant and undominant frequency structure of electrocardiogram was determined upon ventricular fibrillation. Conclusions. 1) The lack of rhythm assimilation by canine heart characterized with electrocardiographic registration of unstable oscillations in the frequency range of delta-, theta-, alpha-, beta- and gamma-rhythms of electroencephalogram reflects the development of disintegration of functional integrity of myocardium upon ventricular fibrillation. 2) The stages of rhythm nonassimilation with dominant and undominant frequency structure reflects the falling of functional mobility (lability) of the heart and development of disintegration of functional integrity of myocardium upon ventricular fibrillation.

Key words: canine heart, ventricular fibrillation, lack of rhythm assimilation.

Введение

Известно, что фибрилляция желудочков сердца является основной причиной внезапной сердечной смерти во всех экономически развитых странах, включая Россию [1]. Выживаемость больных после внезапной остановки сердца остается очень низкой: соответственно 6 и 17 % на догоспитальном и госпитальном этапах. Выживаемость после внезапной остановки сердца практически не увеличилась на последние 10-15 лет [2-4]. Поэтому изучение фибрилляции желудочков продолжает оставаться актуальной медицинской проблемой.

Ответственный за ведение переписки - Гурьянов М. И.,
626158 г. Тобольск, 9 мкр-н, д. 3А, кв. 104;
тел.: 8-919-938-1362;
e-mail: mgurianov@yandex.ru

Тактика лечения и прогноз при фибрилляции желудочков зависит от ее стадии. Основой клинической классификации стадий фибрилляции является хорошо известная в научной литературе классификация стадий фибрилляции желудочков по Н.Л. Гурвичу в эксперименте у собак [5]. Данная классификация основана на описании: анализе чередования на электрокардиограмме ритмичных и аритмичных фибриллярных осцилляций. Поэтому классификацию по Н.Л. Гурвичу нельзя использовать для точной (количественной) диагностики стадий фибрилляции, например в автоматических дефибрилляторах, получающих все более широкое распространение в лечебной практике [1].

В научной литературе отсутствует систематическая разработка фибрилляции в рамках единой стройной теории. На наш взгляд, очень перспективно изучать фибрилляцию желудочков сердца с позиции теории физиологической лабильности Введенского-Ухтомского. Параметр

лабильности позволяет количественно характеризовать функциональную подвижность возбудимого субстрата: сколько отдельных законченных периодов возбуждения способен субстрат вместить в единицу времени [6]. Использование метрического параметра лабильности отвечает задаче количественного изучения фибрилляции.

Целью работы было изучение фибрилляции желудочков сердца собаки с позиции теории лабильности Введенского-Ухтомского с проведением частот-ного анализа электрокардиограммы методом быстрого преобразования Фурье. Анализ Фурье хорошо апробирован в электрокардиографии и может использоваться для диагностики фибрилляции в автоматических дефибрилляторах [7, 8].

Материалы и методы

Было поставлено 25 острых опытов на беспородных собаках обоего пола весом от 15 до 35 кг. Каждой собаке внутримышечно вводили золетил из расчета 20 мг/кг. Через 5-10 мин регистрировали в течение 1-3 мин электрокардиограмму в стандартных отведениях через электроды, вколотые в конечности собаки. Затем через электроды, вколотые в грудную клетку в области сердца собаки, пропускали в течение 1-2 с переменный ток (50 Гц, 30 В), что приводило к развитию фибрилляции желудочков сердца во всех опытах. Через 2-5 с от начала электростимуляции сердца регистрировали электрокардиограмму на электроэнцефалографе "NeuroS-4U" фирмы "Нейроботикс" (РФ) при частоте оцифровки 500 Гц. Электрокардиограмму записывали в файл формата "edf32".

Используя программу "Неокортекс 2.1" фирмы "Нейроботикс", проводили спектральный анализ односекундных отрезков электрокардио-граммы методом быстрого преобразования Фурье в диапазоне частот 1-40 Гц, сгруппированных в дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмы. Дельта-ритм нашего анализа включал частоты 1-3 Гц, тета-ритм - 4-7 Гц, альфа-ритм - 8-12 Гц, бета-ритм - 13-17 Гц, гамма-ритм - 18-40 Гц. Частотные диапазоны дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов нашего анализа соответствуют частотным диапазонам дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов электроэнцефалограммы [9, 10].

Полученный цифровой материал был подвергнут статистической обработке с вычислением средней величины [M] и ошибки средней [m] [11].

Результаты и обсуждение

На рис. 1 приведены типичные пятисекундные отрезки электрокардио-граммы на 5-62-й секундах свободного развития фибрилляции желудочков.

Как видно на рис. 1, на 5-9-й секундах фибрилляции регистрируются ритмичные осцилляции бета-ритма частотой от 13 до 16 Гц и амплитудой от 0,2 до 2 мВ. Осцилляции бета-ритма сгруппированы и организованы: модулированы в "фигуры веретен". Частота и амплитуда осцилляций в бета-веретенах изменяется во времени довольно закономерно: периодически возрастает до максимальных величин в серединах веретен и снижается до минимальных величин на концах веретен. На 26-30-й секундах фибрилляции регистрируются ритмичные осцилляции альфа-ритма частотой от 8 до 12 Гц и амплитудой от 0,2 до 2,2 мВ. Осцилляции альфа-ритма также сгруппированы и организованы: модулированы в "фигуры веретен". Частота и амплитуда осцилляций в альфа-веретенах также периодически возрастает в серединах веретен и снижается на концах веретен.

На 58-62-й секундах фибрилляции регистрируются неритмичные поли-морфные осцилляции тета-ритма частотой 4, 5, 6 и 7 Гц. В меньшем количестве регистрируются осцилляции альфа-ритма частотой 8, 9 и 10 Гц. Осцилляции тета- и альфа-ритмов не сгруппированы в фигуры веретен, как на первых секундах фибрилляции. Амплитуда осцилляций составляет 0,2-1,5 мВ.

Типичные спектрограммы односекундных отрезков электрокардиограммы на 5, 27 и 59-й секундах фибрилляции желудочков, полученные методом быстрого преобразования Фурье, приведены на рис. 2.

Как видно на рис. 2, на спектрограммах спектральная мощность распределена очень неравномерно в частотном диапазоне от дельта- до гамма-ритма. На 5-й секунде фибрилляции самая большая спектральная мощность сосредоточена в диапазоне частот бета-ритма: 963 мкВ или 55 % суммарной спектральной мощности дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов. Спектральная мощность гамма-ритма - 403 мкВ (23 %), альфа-ритма - 273 мкВ (16 %). Таким образом, бета-ритм, занимающий 5/40 частотного диапазона, доминирует в частотной (спектральной) структуре электрокардиограммы.

На 27-й секунде фибрилляции самая большая спектральная мощность сосредоточена в диапазоне частот альфа-ритма: 1158 мкВ или 54 % суммарной мощности. Спектральная мощность гамма-ритма - 373 мкВ (18 %), бета-ритма - 294 мкВ (14 %). Таким образом, альфа-ритм, занимающий 5/40 частотного диапазона, доминирует в спектральной структуре электрокардиограммы.

На 59-й секунде фибрилляции самая большая спектральная мощность сосредоточена в диапазоне частот тета-ритма: 553 мкВ (46 %). Спектральная мощность альфа-ритма - 279 мкВ (23 %), гамма-ритма - 162 мкВ (13 %). Таким образом, тета-ритм, занимающий 4/40 частотного диапазона, доминирует в спектральной структуре электрокардиограммы.

На рис. 3 приведены типичные пятисекундные отрезки электрокардио-граммы на 83-244-й секундах свободного развития фибрилляции желудочков.

Как видно на рис. 3, на 83-87 и 120-124-й секундах фибрилляции регистрируются неритмичные полиморфные осцилляции дельта-, тета- и альфа-ритмов частотой 2-10 Гц и амплитудой 0,2-1,6 мВ. Закономерность в группировке осцилляций дельта-, тета- и альфа-ритмов отсутствует. На 180-184 и 240-244-й секундах фибрилляции регистрируются неритмичные полиморфные осцилляции дельта-, тета-, альфа- и бета-ритмов частотой 2-13 Гц и амплитудой 0,1-1,1 мВ. Закономерность в группировке осцилляций также отсутствует.

Типичные спектрограммы односекундных отрезков электрокардиограммы на 84, 124,181 и 241-й секундах фибрилляции желудочков, полученные методом быстрого преобразования Фурье, приведены на рис. 4.

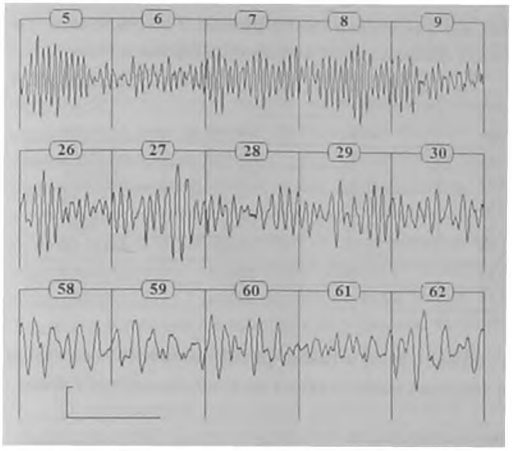

Рис. 1. Электрокардиограмма собаки в III отведении на 5-9, 26-30 и 58-62-й секундах фибрилляции желудочков. Электрокардиограмма разделена на отрезки 1 с. Калибровка: 0,7 мВ, 1 с

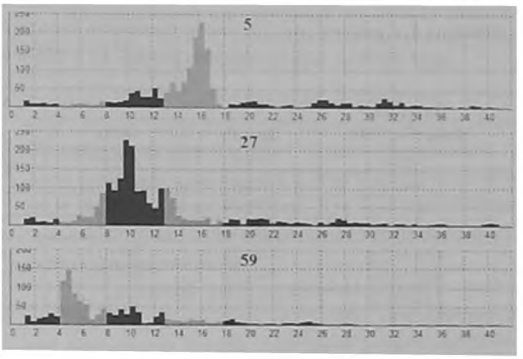

Рис. 2. Спектральная мощность дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов электрокардиограммы собаки в III отведении на 5, 27 и 59-й секундах фибрилляции желудочков. Дельта-, альфа- и гамма-ритмы выделены на спектрограммах черным цветом; тета- и бета-ритмы - оттенком серого. По оси абсцисс - частота, Гц; по оси ординат - мощность, мкВ

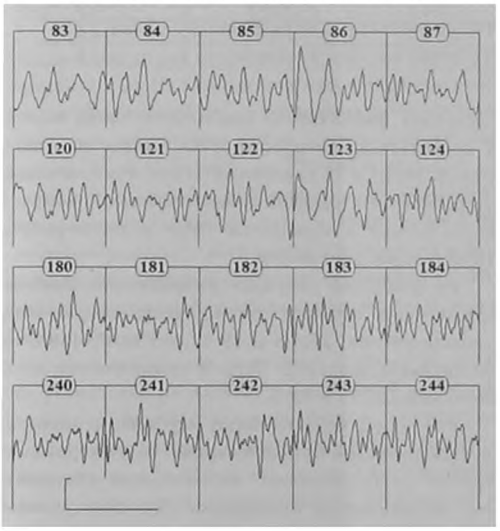

Рис. 3. Электрокардиограмма собаки в III отведении на 83-87, 120-124, 180-184 и 240-244-й секундах фибрилляции желудочков. Электрокардиограмма разделена на отрезки 1 с. Калибровка: 0,7 мВ, 1 с

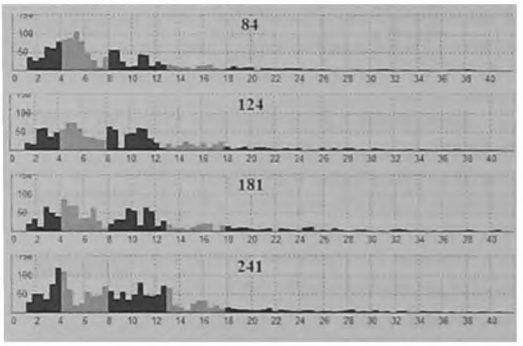

Рис. 4. Спектральная мощность дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов электрокардиограммы собаки в III отведении на 84, 124, 181 и 241-й секундах фибрилляции желудочков. Дельта-, альфа- и гамма-ритмы выделены на спектрограммах черным цветом; тета- и бета-ритмы - оттенком серого. По оси абсцисс - частота, Гц; по оси ординат - мощность, мкВ

Как видно на рис. 4, на спектрограммах самая большая спектральная мощность сосредоточена в диапазонах частот дельта-, тета- и альфа-ритмов. На 84-й секунде фибрилляции спектральная мощность тета-ритма составляет 472 мкВ (36 %), дельта- и альфа-ритмов - 294 мкВ (23 %), гамма-ритма 141 мкВ (11 %) и бета-ритма - 99 мкВ (8 %). На 124-й секунде фибрилляции спектральная мощность тета- и альфа-ритмов составляет 390 мкВ (30 %), дельта-ритма - 234 мкВ (18 %), гамма-ритма - 161 мкВ (12 %) и бета-ритма - 150 мкВ (11 %).

На 181-й секунде фибрилляции спектральная мощность тета-ритма составляет 391 мкВ (30 %), альфа-ритма - 372 мкВ (28 %), дельта-ритма - 226 мкВ (17 %), гамма-ритма - 195 мкВ (15 %) и бета-ритма - 131 мкВ (15 %). На 241-й секунде фибрилляции спектральная мощность альфа-ритма составляет 521 мкВ (30 %), тета-ритма - 438 мкВ (25 %), дельта-ритма - 358 мкВ (20 %), бета-ритма - 230 мкВ (13 %) и гамма-ритма - 212 мкВ (12 %).

Таким образом, на спектрограммах выявляется бездоминантная частотная структура с наибольшим удельным весом частот тета-, дельта- и альфа-ритмов. При развитии фибрилляции возрастает удельный вес частот альфа-, бета- и гамма-ритмов и снижается удельный вес частот тета- и дельта-ритмов.

Таблица 1. Средняя спектральная мощность дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов и сумма мощности этих ритмов электрокардиограммы на 5-255-й секундах фибрилляции желудочков сердца собаки

Интервал фибрилляции	Мощность ритмов, мкВ					
	Дельта	Тета	Альфа	Бета	Гамма	Сумма
5-20 с	70±4	103±6	285±14	762±50	502±13	1723±64
26-42 с	92±6	395±33	707±42	213±17	274±13	1681±55
58-82 с	257±19	545±24	325±16	124±6	172±7	1423±44
83-95 с	390±33	468±32	288±20	105±6	171±7	1423±60
120-135 с	322±26	501±31	413±22	121±7	162±7	1518±54
180-195 с	299±24	468±20	434±24	159±10	226±9	1585±47
240-255 с	256±17	329±21	343±21	233±11	207±6	1368±54

Таблица 2. Средняя спектральная мощность дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов в процентах к сумме мощности этих ритмов электрокардиограммы на 5-255-й секундах фибрилляции желудочков сердца собаки

Интервал фибрилляции	Мощность ритмов, %				
	Дельта	Тета	Альфа	Бета	Гамма
5-20 с	4±0,2	6±0,4	17±0,6	44±1,6	30±1,2
26-42 с	6±0,3	24±1,8	42±1,4	13±1,0	16±0,8
58-82 с	18±1,2	38±1,0	23±1,0	9±0,4	12±0,5
83-95 с	27±1,6	33±1,7	20±1,4	7±0,4	12±0,4
120-135 с	21±1,5	33±1,5	27±1,3	8±0,5	11±0,3
180-195 с	19±1,3	30±1,0	27±1,2	10±0,6	14±0,6
240-255 с	19±0,9	24±0,9	25±0,8	17±0,7	15±0,6

Доминантная и бездоминантная частотная структура фибрилляции, выявленная при анализе типичных спектрограмм, является репрезентативной. Это подтверждают средние величины спектральной мощности, отражающие спектральный анализ односекундных отрезков (интервалов) электрокардиограммы на 5-255-й секундах фибрилляции (табл. 1 и 2).

Из табл. 1 и 2 видно, что на 5-20-й секундах фибрилляции доминирует спектральная мощность бета-ритма: 762 мкВ (44 %). Различие между средней спектральной мощностью бета-ритма и остальных ритмов является статистически достоверным. На 26-42-й секундах фибрилляции доминирует спектральная мощность альфа-ритма: 707 мкВ (42 %). Различие между средней спектральной мощностью альфа-ритма и остальных ритмов статистически достоверно. На 58-82-й секундах фибрилляции доминирует спектральная мощность тета-ритма: 545 мкВ (38 %). Различие между средней спектральной мощностью тета-ритма и остальных ритмов статистически достоверно.

На 83-95-й секундах фибрилляции в бездоминантной частотной структуре электрокардиограммы наибольшей является спектральная мощность тета-, дельта- и альфа-ритмов: 33, 27 и 20 % соответственно. Различие между средней спектральной мощностью тета-, дельта- и альфа-ритмов и средней спектральной мощностью бета- и гамма-ритмов является статистически достоверным.

На 120-135-й секундах фибрилляции наибольшей является спектральная мощность тета-, альфа- и дельта-ритмов: 33, 27 и 21 % соответственно. Различие между средней спектральной мощностью тета-, альфа- и дельта-ритмов и мощностью бета- и гамма-ритмов статистически достоверно. На 180-195-й секундах фибрилляции наибольшей также является спектральная мощность тета-, альфа- и дельта-ритмов: 30, 27 и 19 % соответственно. Различие между средней спектральной мощностью тета-, альфа- и дельта-ритмов и мощностью бета- и гамма-ритмов статистически достоверно.

На 240-255-й секундах фибрилляции наибольшей является спектральная мощность альфа-, тета- и дельта-ритмов: 25, 24 и 19 % соответственно. Но спектральная мощность бета- и гамма-ритмов ненамного меньше: 17 и 15 %.

Рис. 1 и 3 характеризуют неусвоение ритма по биоэлектрической функции сердца: на электрокардиограмме регистрируются нестабильные (неусвоенные) фибриллярные осцилляции. При спектральном анализе электрокардиограммы в частотных диапазонах дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов электроэнцефалограммы выявляется доминантная частотная структура неусвоения ритма на 1-й мин фибрилляции желудочков (рис. 2, табл. 1 и 2). На 2-20-й секундах фибрилляции в частотной структуре неусвоения ритма доминируют частоты бета-ритма, на 26-42 с - доминируют частоты альфа-ритма и на 58-82 с - доминируют частоты тета-ритма. Снижение частоты доминирующих осцилляций от 13-17 до 4-7 Гц на 1-мин фибрилляции отражает падение функциональной подвижности (лабильности) сердца под влиянием ишемии.

Неусвоение ритма отражает развитие распада функциональной целостности миокарда при фибрилляции желудочков сердца. Но доминантная частотная структура неусвоения ритма отражает сохранение элементов организованной (синхронизованной) биоэлектрической активности кардиомиоцитов на началь-

ной стадии распада функциональной целостности миокарда при фибрилляции желудочков. Если бы кардиомиоциты генерировали потенциалы действия независимо друг от друга, то эти потенциалы, случайно суммируясь, давали бы на электрокардиограмме случайный суммарный процесс - так называемый белый шум с низкоамплитудными и высокочастотными беспорядочными колебаниями. Следует отметить, что на первых секундах фибрилляции желудочков кардиомиоциты генерируют потенциалы действия в частотах бета-ритма: 13-17 Гц или частотах альфа-ритма: 8-12 Гц, и эти потенциалы действия не усвоены: амплитуда и длительность потенциалов меняется от цикла к циклу [12, 13].

О сохранении элементов организованной (синхронизованной) биоэлектрической активности кардиомиоцитов на 1-й мин фибрилляции свидетельствует и то, что доминирование частот бета-ритма, доминирование частот альфа-ритма и доминирование частот тета-ритма в частотной структуре неусвоения ритма является статистически достоверным (табл. 2).

На 2-4-й мин фибрилляции выявляется бездоминантная частотная структура неусвоения ритма (рис. 4, табл. 1 и 2). На 83-95-й секундах фибрилляции наибольший удельный вес в бездоминантной частотной структуре неусвоения ритма имеют частоты тета-, дельта- и альфа-ритмов, на 120-195-й секундах - частоты тета-, альфа- и дельта-ритмов, на 240-255-й секундах - частоты альфа-, тета- и дельта-ритмов. Возрастание удельного веса частот альфа-ритма в бездоминантной частотной структуре неусвоения ритма отражает падение лабильности сердца на 2-4-й мин фибрилляции.

Бездоминантная частотная структура отражает углубление распада функциональной целостности миокарда: фрагментацию миокарда и дезинтеграцию (десинхронизацию) биоэлектрической активности кардиомиоцитов. Известно, что на 2-4-й мин фибрилляции желудочков кардиомиоциты генерируют неусвоенные потенциалы действия с доминирующими частотами 4-5 Гц [12]. Если бы кардиомиоциты генерировали потенциалы действия частотой 4-5 Гц организованно (синхронизованно), то в частотной структуре неусвоения ритма при фибрилляции доминировали бы частоты тета-ритма 4 и 5 Гц.

На углубление распада функциональной целостности миокарда на 2-4-й мин фибрилляции указывает возрастание удельного веса частот альфа-, бета- и гамма-ритмов и уменьшение статических различий между спектральной мощностью дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов в бездоминантной частотной структуре неусвоения ритма (табл. 1 и 2).

На 83-195-й секундах фибрилляции статические различия между спек-тральной мощностью ритмов сохраняются, но уменьшаются. На 240-255-й секундах фибрилляции спектральная мощность дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов близка к выравниванию.

Выравнивание спектральной мощности дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов ритмов характеризует расширение частотного состава неусвоения ритма на 4-й мин фибрилляции. Расширение частотного состава неусвоения ритма определяется начинает проявляться уже в конце 1-й мин фибрилляции на стадии доминирования тета-ритма (рис. 1 и 2, табл. 2). В [14, 15] также показано, что при развитии фибрилляции происходит расширение частотного состава электрокардиограммы.

В настоящей работе впервые изучена частотная структура неусвоения ритма при фибрилляции желудочков сердца с позиции теории лабильности Введенского-Ухтомского [6]. При этом впервые открыта доминантная и бездоминантная частотная структура неусвоения ритма при фибрилляции желудочков.

Следует отметить, что стадии неусвоения ритма с доминантной и бездоминантной частотной структурой метрически характеризуют функциональное состояние (лабильность) сердца при фибрилляции. По результатам работы получен патент, применимый для точной диагностики стадий фибрилляции с доминантной и бездоминантной частотной структурой [16].

Таким образом, использование теории физиологической лабильности Введенского-Ухтомского является весьма перспективным для изучения актуальной для физиологии и медицины темы фибрилляции желудочков сердца.

Выводы

1. Неусвоение ритма сердцем собаки, характеризующееся регистрацией на электрокардиограмме нестабильных (неусвоенных) осцилляций в частотных диапазонах дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов электроэнцефалограммы, отражает развитие распада функциональной целостности миокарда при фибрилляции желудочков сердца. Удельный вес нестабильных (неусвоенных) осцилляций при фибрилляции желудочков определяется функциональной подвижностью (лабильностью) сердца.

2. Лабильность сердца снижается под влиянием ишемии при фибрилляции желудочков. Снижение лабильности при развитии фибрилляции отражают стадии неусвоения ритма с доминантной и бездоминантной частотной структурой, закономерно выявляемые при частотном (спектральном) анализе электрокардиограммы в частотных диапазонах дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов электроэнцефалограммы.

3. Начальные стадии развития фибрилляции желудочков с сохранением элементов организованной (синхронизованной) биоэлектрической активности кардиомиоцитов отражают стадии неусвоения ритма с доминант-ной частотной структурой электрокардиограммы: стадия неусвоения ритма с доминированием частот бета-ритма, стадия неусвоения ритма с доминированием частот альфа-ритма и стадия неусвоения ритма с доминированием частот тета-ритма.

4. Фибрилляцию желудочков с дезорганизованной (десинхронизованной) биоэлектрической активностью кардиомиоцитов отражают стадии неусвоения ритма с бездоминантной частотной структурой: стадия неусвоения ритма с наибольшим удельным весом частот тета-, дельта- и альфа-ритмов, стадия неусвоения ритма с наибольшим удельным весом частот тета-, альфа- и дельта-ритмов и стадия неусвоения ритма с наибольшим удельным весом частот альфа-, тета- и дельта-ритмов. Возрастание удельного веса частот альфа-ритма в бездоминантной структуре неусвоения ритма отражает углубление распада функциональной целостности миокарда при фибрилляции желудочков сердца.■

Литература:

1. Ревишвили А.Ш., Неминущий Н.М. Имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы в профилактике внезапной сердечной смерти. Вестн аритмол 2007; 47: 42-7.
2. American Heart Association Guidelines for Cardiopalmonary Resuscitation and Emergency cardiac care: 2005. Circulation 2005; 112: IV-206-11.
3. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation: 2005. Resuscitation 2005; 67 (Suppl 1): 1-86.
4. Peberdy M.A., Kaye W., Ornato J.P. et al. for the NRCPR investigators (USA). Cardiopulmonary resuscitation of adults in the hospital: a report of 14720 cardiac arrest from the National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation. Resuscitation 2003; 58: 297-308.
5. Иванов Г.Г., Востриков В.А. Фибрилляция желудочков и желудочковые тахикардии - базовые положения и диагностические критерии. Материалы 10-й научно-практической конференции "Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы". М; 2008: 300-11.
6. Ухтомский А.А. Проблема физиологической лабильности. Собр соч: Изд-во ЛГУ. 1950; Т. 2: 167-71.
7. Sherman L.S. The frequency ratio: An improved method to estimate ventricular fibrillation duration based on Fourier analysis of the waveform. Resuscitation 2006; 69: 479-486.
8. Amann A., Tratnig R., Unterkofler K. Reliability of old and new ventricular fibrillation detection algorithms for automated external defibrillators. BioMedical Engineering OnLine 2005; 4. Режим доступа: www.biomedical-engineering-online.com/content/4/1/60.
9. Гордеев С.А. Особенности биоэлектрической активности мозга при высоком уровне тревожности человека. Физиология человека. 2007; 4: 11-7.
10. Данько С.Г., Бехтерева Н.П., Качалова Л.М., Соловьева М.Л. Электроэнцефалографические характеристики когнитивно-специфического внимания готовности при вербальном обучении. Сообщение I. Характеристики локальной синхронизации ЭЭГ. Физиология человека 2008; 2: 5-12.
11. Шмойлова Р.А., Минашкин В.Г., Садовникова Н.А., Шувалова Е.Б. Теория статистики: Учебник. 4-е изд. М: Финансы и статистика; 2004.
12. Zaitsev A.V., Guha P.K., Sarmast F. et al. Wavebreak formation during ventricular fibrillation in the isolated, regionally ischemic pig heart. Circ Res 2003; 92: 546-53.
13. Koller M.L., Riccio M.L., Gilmour R.F., Jr. Dynamic restitution of action potential duration during electrical alternans and ventricular fibrillation. Am J Physiol 1998; 275: H1635-42.
14. Huizar J.F., Warren M.D., Shvedko A.G. et al. Three distinct phases of VF during global ischemia in the isolated blood-perfused pig heart. Am J Physiol 2007; 293: H1617-28.
15. Huang J., Rogers J.M., Killingworth C.R. et al. Evolution of activation patterns during long duration ventricular fibrillation in dogs. Am J Physiol 2004; 286: H1193-200.
16. Гурьянов М.И., автор; патентообладатель. Способ диагностики стадий фибрилляции желудочков сердца. Патент РФ RU 2373849 C1. Опубликовано 27.11.2009. Бюл. № 33.