

Гурьянов М. И.

Учреждение РАН Тюменский научный центр Сибирского отделения РАН, г. Тюмень

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕУСВОЕНИЯ РИТМА ПРИ ФИБРИЛЛЯЦИИ ЖЕЛУДОЧКОВ СЕРДЦА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ У СОБАК

Фибрилляция желудочков характеризуется неусвоением ритма с регистрацией на электрокардиограмме осцилляций в диапазонах частот, соответствующих частотным диапазонам δ -, θ -, α -, β -, γ -ритмов электроэнцефалограммы. Лабильность сердца снижается под влиянием ишемии при фибрилляции желудочков. Снижение лабильности сердца отражают стадии неусвоения ритма с доминантной и бездоминантной частотной структурой, выявляемые при частотном анализе электрокардиограммы.

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

Контактная информация: Гурьянов Марат Ильич – тел. 8-919-938-1362. E-mail: mgurianov@yandex.ru

Актуальность. Фибрилляция желудочков является основной причиной внезапной сердечной смерти во всех промышленно развитых странах и требует проведения немедленных лечебных мероприятий [1]. Тактика лечения и прогноз при фибрилляции желудочков зависит от ее стадии. Известна «относительно периодическая» стадия на 1-й мин фибрилляции желудочков, «высоко периодическая» – на 1-2-й мин и «апериодическая» – на 3-10-й мин фибрилляции желудочков, но точные количественные критерии этих стадий фибрилляции желудочков не даны [7]. Для лечения фибрилляции желудочков все более широко используются автоматические дефибрилляторы, но диагностика фибрилляции желудочков проводится в автоматических дефибрилляторах без учета стадии фибрилляции желудочков [1, 6].

Таким образом, в научной литературе нет работ, в которых было бы дано точное количественное описание стадий фибрилляции желудочков, простое в диагностике и позволяющее объективно определять стадии фибрилляции желудочков. Известно, что фибрилляция желудочков характеризуется неусвоением ритма и распадом функциональной целостности миокарда [2]. На наш взгляд, неусвоение ритма при фибрилляции желудочков может быть изучено с позиции теории лабильности и усвоения ритма Введенского-Ухтомского [5]. Параметр лабильности позволяет количественно характеризовать функциональную подвижность возбудимого субстрата: сколько

отдельных законченных периодов возбуждения способен субстрат вместить в единицу времени [5].

Цель исследования. Частотный анализ неусвоения ритма при фибрилляции желудочков сердца в эксперименте у собак.

Материал и методы. Было поставлено 25 острых опытов на беспородных собаках обоего пола весом 15-35 кг. Каждой собаке проводили общую анестезию: внутримышечно вводили золетил из расчета 20 мг/кг. Через 5-10 мин регистрировали ЭКГ в течение 2-3 мин в III стандартном отведении. Через электроды, вколотые в грудную клетку в области сердца, пропускали в течение 2-3 с переменный ток частотой 50 Гц и напряжением 30 В. Электростимуляция сердца приводила всех опытах к фибрилляции желудочков. Через 2-5 с от начала электростимуляции сердца регистрировали ЭКГ при фибрилляции желудочков на электроэнцефалографе «NeuroS-4U» фирмы «Нейроботикс» (РФ) при частоте оцифровки 500 Гц. Проводили частотный анализ односекундных отрезков ЭКГ методом быстрого преобразования Фурье, используя программу «Неокортекс» фирмы «Нейроботикс». Частотный анализ ЭКГ проводили в диапазоне δ -, θ -, α -, β - и γ -ритмов. δ -Ритм нашего анализа включал частоты 1-3 Гц, θ -ритм – 4-7 Гц, α -ритм – 8-12 Гц, β -ритм – 13-17 Гц, γ -ритм – 18-40 Гц. Частотные диапазоны δ -, θ -, α -, β - и γ -ритмов нашего анализа соответствуют частотным диапазонам δ -, θ -, α -, β - и γ -ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) [4]. Полученный материал был обработан с вычислением

Gurianov M. I.

CHARACTERISTIC OF RHYTHM NON-ASSIMILATION UNDER EXPERIMENTAL CANINE VENTRICULAR FIBRILLATION

Ventricular fibrillation is characterized by rhythm non-assimilation with electrocardiographic registration of oscillations in the frequency ranges corresponding to those of δ -, θ -, α -, β - and γ -rhythms of electroencephalogram. Heart lability is fallen under the influence of ischaemia during ventricular fibrillation. Falling of lability is reflected by phases of rhythm non-assimilation with dominant and undominant frequency structure, determined under frequency analysis of electrocardiogram in the frequency ranges of δ -, θ -, α -, β - and γ -rhythms.

Key words: canine heart, ventricular fibrillation, rhythm non-assimilation.

средней величины (М) и ошибки средней (m). Степень достоверности наблюдений оценивали с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. На рис. 1 приведены типичные отрезки ЭКГ на 11-14, 84-87 и 300-303-й секундах фибрилляции желудочков сердца собаки.

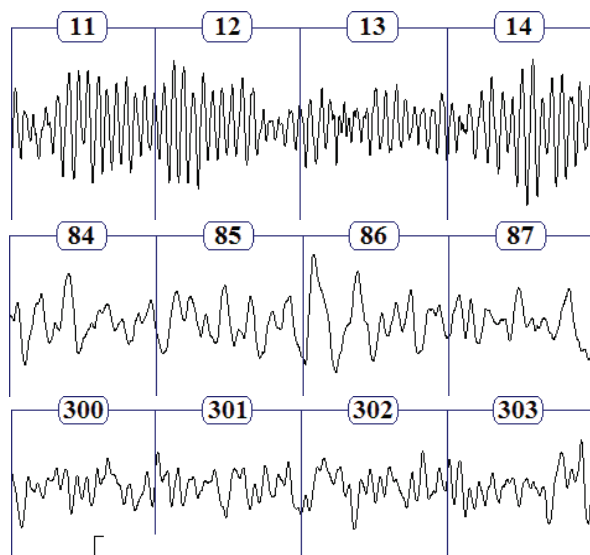


Рис. 1. ЭКГ собаки в III стандартном отведении на 11-14, 84-87 и 300-303-й секундах фибрилляции желудочков. Калибровка: 0,7 мВ, 1 с

Как видно на рис. 1, на 11-14-й секундах фибрилляции желудочков регистрируются довольно ритмичные осцилляции частотой 10-16 Гц и амплитудой 0,2-2 мВ. На 84-87-й секундах регистрируются полиморфные осцилляции 2-10 Гц и 0,1-1,6 мВ. Какая-либо закономерность в группировке осцилляций разных частот (ритмов) не определяется. Осцилляции следуют на ЭКГ в случайном порядке. На 300-303-й секундах регистрируются полиморфные осцилляции 2-16 Гц и 0,1-0,8 мВ. Осцилляции следуют на ЭКГ в случайном порядке.

На рис. 2 приведены типичные спектрограммы одно-секундных отрезков ЭКГ на 14, 87 и 303-й секундах фибрилляции желудочков. На рис. 2, на 14-й секунде фибрилляции желудочков самая большая спектральная амплитуда (мощность) выявляется в диапазоне частот β -ритма 13-17 Гц, на 87-й секунде - в диапазоне частот δ -, θ - и α -ритмов 1-12 Гц, на 303-й секунде - в диапазоне частот δ -, θ -, α - и β -ритмов 1-17 Гц. Спектральная мощность δ -, θ -, α -, β - и γ -ритмов на 11-14, 84-87 и 300-303-й секундах фибрилляции желудочков приведена в табл. 1.

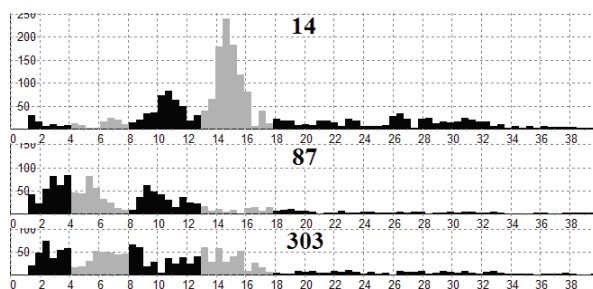


Рис. 2. Спектральная мощность δ -, θ -, α -, β - и γ -ритмов ЭКГ собаки на 14, 87 и 303-й секундах фибрилляции желудочков. δ -, α - и γ -Ритмы выделены черным цветом, θ - и β -ритмы – оттенком серого. По оси абсцисс - частота, Гц; по оси ординат – мощность, мкВ

Из данных табл. 1 видно, что на 11-14-й секундах фибрилляции желудочков β -ритм содержит $46 \pm 2,4\%$ спектральной мощности – β -ритм, занимающий 5/40 частотного диапазона, доминируют в частотной структуре неусвоения ритма. На 84-87-й секундах фибрилляции желудочков θ -, δ - и α -ритмы содержат $31 \pm 3,1$, $27 \pm 2,3$ и $23 \pm 1,1\%$ спектральной мощности – θ -, δ - и α -ритмы имеют наибольший удельный вес, но не доминируют в частотной структуре неусвоения ритма. На 300-303-й секундах фибрилляции желудочков δ -, θ -, α -, β - и γ -ритмы содержат от $18 \pm 1,4$ до $21 \pm 1,0\%$ спек-

Таблица 1

Спектральная мощность δ -, θ -, α -, β - и γ -ритмов в процентах к сумме мощности этих ритмов электрокардиограммы

Интервал фибрилляции	Мощность ритмов, %				
	δ -ритм	θ -ритм	α -ритм	β -ритм	γ -ритм
11 с	5	7	16	47	25
12 с	5	5	16	50	24
13 с	4	8	14	39	35
14 с	4	5	20	46	26
М $\pm$ m	$4 \pm 0,3$	$6 \pm 0,7$	$17 \pm 1,3$	$46 \pm 2,4^*$	$27 \pm 2,7$
84 с	23	36	23	8	11
85 с	23	37	22	6	13
86 с	32	27	23	8	11
87 с	29	25	27	7	11
М $\pm$ m	$27 \pm 2,3^{\#}$	$31 \pm 3,1^{\#}$	$23 \pm 1,1^{\#}$	$7 \pm 0,5$	$11 \pm 0,5$
300 с	20	18	21	21	20
301 с	15	25	20	19	20
302 с	22	22	18	22	16
303 с	20	21	23	22	15
М $\pm$ m	$19 \pm 1,4$	$21 \pm 1,5^{\S}$	$21 \pm 1,0^{\S}$	$21 \pm 0,7^{\S}$	$18 \pm 1,4$

Примечание. * $p < 0,05$ по сравнению с δ -, θ -, α - и γ -ритмами; $^{\#}p < 0,05$ по сравнению с β - и γ -ритмами; $^{\S}p > 0,05$ по сравнению с δ - и γ -ритмами.

тральной мощности – частотная структура неусвоения ритма является бездоминантной. Индексы пяти самых мощных по спектральной мощности частот ЭКГ собаки приведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что на 11-14-й секундах фибрилляции желудочков в каждом односекундном интервале анализа в пятерку самых мощных частот входит 3-4 частоты β -ритма и 1-2 частоты α -ритма. Всего в пятерку самых мощных частот входит 15 частот β -ритма и 5 частот α -ритма. Таким образом, частоты бета-ритма доминируют по частотному представителству (частотным индексам) в составе пяти самых мощных частот. На 84-87-й секундах фибрилляции желудочков в каждом односекундном интервале анализа в пятерку самых мощных частот входит 2-4 частоты θ -ритма, 1-2 частоты δ -ритма и 1 частота α -ритма. Всего в пятерку самых мощных частот входит 10 частот θ -ритма, 7 частот δ -ритма и 3 частоты α -ритма. Таким образом, частоты θ - и δ -ритмов имеют наибольшее частотное представительство, но не доминируют в составе пяти самых мощных частот. На 300-303-й секундах

фибрилляции желудочков в каждом односекундном интервале анализа в пятерку самых мощных частот входит 1-2 частоты δ -, θ -, α - и β -ритмов. Всего в пятерку самых мощных частот входит 7 частот θ -ритма, 5 частот δ -ритма и по 4 частоты α -ритма и β -ритма. Таким образом, частотный состав пяти самых мощных частот является бездоминантным. Спектральная мощность пяти самых мощных частот и частот δ -, θ -, α - и β -ритмов, входящих в состав пяти самых мощных частот, приведена в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что на 11-14-й секундах фибрилляции желудочков частоты β -ритма содержат $42 \pm 2,5\%$ спектральной мощности – частоты β -ритма доминируют в составе спектральной мощности пяти самых мощных частот. На 84-87-й секундах фибрилляции желудочков частоты θ -ритма содержат $25 \pm 4,5\%$ спектральной мощности, частоты δ -ритма – $20 \pm 3,9\%$, частоты α -ритма – $6 \pm 2,1\%$; частоты θ - и δ -ритмов вносят самый большой вклад, но не доминируют в составе спектральной мощности пяти самых мощных частот. На 300-303-й секундах фибрилляции желудочков частоты

Таблица 2

Индексы самых мощных по спектральной мощности частот электрокардиограммы

Интервал фибрилляции	1-я частота	2-я частота	3-я частота	4-я частота	5-я частота
11 с	15 Гц	14 Гц	13 Гц	16 Гц	10 Гц
12 с	15	14	12	16	13
13 с	15	13	14	16	12
14 с	14	15	10	11	13
84 с	5 Гц	4 Гц	3 Гц	8 Гц	2 Гц
85 с	6	7	2	5	4
86 с	3	4	2	10	5
87 с	3	5	2	9	4
300 с	2 Гц	14 Гц	5 Гц	8 Гц	12 Гц
301 с	5	3	13	6	11
302 с	2	5	13	14	6
303 с	8	3	2	6	7

Таблица 3

Спектральная мощность частот δ -, θ -, α - и β -ритмов

Интервал фибрилляции	Мощность частот, %				
	δ -Ритм	θ -Ритм	α -Ритм	β -Ритм	Пять частот
11 с	нет	нет	5	45	50
12 с	нет	нет	7	47	55
13 с	нет	нет	5	36	40
14 с	нет	нет	13	40	52
$M \pm m$	нет	нет	$8 \pm 1,9$	$42 \pm 2,5^*$	$49 \pm 3,3$
84 с	18	27	8	нет	54
85 с	10	37	0	нет	47
86 с	28	17	8	нет	53
87 с	24	19	9	нет	52
$M \pm m$	$20 \pm 3,9$	$25 \pm 4,5^{\#}$	$6 \pm 2,1$	нет	$52 \pm 1,6$
300	11	6	10	9	36
301	10	18	7	7	41
302	11	15	6	6	39
303	15	13	9	0	37
$M \pm m$	$12 \pm 1,1$	$13 \pm 2,5^{\$}$	$8 \pm 0,9$	$6 \pm 1,9$	$38 \pm 1,1$

Примечание. * $p < 0,05$ по сравнению с частотами α -ритма; $^{\#}p > 0,05$ по сравнению с частотами δ -ритма; $^{\$}p > 0,05$ по сравнению с частотами δ -, α - и β -ритмов.

δ -, θ -, α - и β -ритмов содержат $12 \pm 1,1$, $13 \pm 2,5$, $8 \pm 0,9$ и $6 \pm 1,9\%$ спектральной мощности - состав спектральной мощности пяти самых мощных частот является бездоминантным.

Таким образом, приведенные факты указывают на то, что при фибрилляции желудочков имеет место неусвоение ритма по биоэлектрической функции сердца: на ЭКГ регистрируются нестабильные по частоте и амплитуде осцилляции частотой от 1 до 20 Гц и амплитудой от 0,1 до 2 мВ. Частотный анализ ЭКГ методом быстрого преобразования Фурье в частотных диапазонах, соответствующих частотным диапазонам δ -, θ -, α -, β - и γ -ритмов ЭЭГ, позволяет количественно описать частотную структуру неусвоения ритма при фибрилляции желудочков, несмотря на то, что частота и амплитуда фибриллярных осцилляций сердца непрерывно изменяется в односекундных отрезках ЭКГ. На 11-303-й секундах фибрилляции желудочков имеет место закономерное движение от доминантной к бездоминантной частотной структуре неусвоения ритма, связанное с падением функциональной подвижности (лабильности) сердца и углублением распада функциональной целостности миокарда под влиянием ишемии при фибрилляции желудочков. В бездоминантной частотной структуре неусвоения ритма неуклонно возрастает удельный вес частот α -, β - и γ -ритмов. По-видимому, в основе изменений на ЭКГ при фибрилляции желудочков лежит снижение частоты потенциалов действия, генерируемых в эктопических очагах, а также замедление и блокада проведения в рабочем и специализированном миокарде желудочков под влиянием ишемии [8].

Заключение. Таким образом, фибрилляция желудочков сердца собаки характеризуется неусвоением ритма по биоэлектрической функции сердца с регистрацией на ЭКГ собаки осцилляций в диапазонах частот, соответствующих частотным диапазонам δ -, θ -, α -, β - и γ -ритмов ЭЭГ. Функциональная подвижность (лабильность) сердца снижается под влиянием

ишемии при фибрилляции желудочков. Снижение лабильности отражают стадии неусвоения ритма с доминантной и бездоминантной частотной структурой, закономерно выявляемые при частотном анализе ЭКГ в диапазонах частот δ -, θ -, α -, β - и γ -ритмов. Возрастание удельного веса частот α -, β - и γ -ритмов в бездоминантной частотной структуре неусвоения ритма отражает углубление распада функциональной целостности миокарда под влиянием ишемии при фибрилляции желудочков. Изучение фибрилляции желудочков сердца с позиции теории лабильности Введенского-Ухтомского позволяет количественно описать стадии фибрилляции желудочков. По результатам работы получен патент, применимый для объективной диагностики стадий фибрилляции желудочков в автоматических дефибрилляторах и других системах мониторинга ЭКГ [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия Л.А. и др. Имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы. М., 2005. 240 с.
2. Гурвич Н.Л. Основные принципы дефибрилляции сердца. М., 1975. 231 с.
3. Гурьянов М.И. Способ диагностики стадий фибрилляции желудочков сердца // Патент РФ № 2373849. Опубл. 27.11.2009. Бюл. № 33.
4. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней: М., 2004. 640 с.
5. Ухтомский А.А. Возбуждение, утомление, торможение // Физиол. журн. СССР. 1934. Т. 17. С. 1114-1127.
6. Amann A., Tratnig R., Unterkofler K. Reliability of old and new ventricular fibrillation detection algorithms for automated external defibrillators // BioMedical Engineering OnLine. 2005. Vol. 4. Режим доступа: www.biomedical-engineering-online.com/content/4/1/60.
7. Huizar J.F. et al. Three distinct phases of VF during global ischemia in the isolated blood-perfused pig heart // Am. J. Physiol. 2007. Vol. 293. P. H1617-H1628.
8. Tabereaux P.B. et al. Activation patterns of Purkinje fibers during long-duration ventricular fibrillation in an isolated canine heart model // Circulation. 2007. Vol. 116. P. 1113-1119.