

ФИЗИОЛОГИЯ

ДОМИНАНТНАЯ И БЕЗДОМИНАНТНАЯ СТРУКТУРА ФИБРИЛЛЯЦИИ ЖЕЛУДОЧКОВ СЕРДЦА СОБАКИ

М.И.Гурьянов

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, РФ

Первые 10 мин фибрилляции желудочков сердца собаки характеризуются организованной активностью миокарда, о чем свидетельствует доминантная частотная структура ЭКГ. Первая минута фибрилляции характеризуется наиболее значимыми изменениями в структуре частот осцилляций с переходом от доминирования осцилляций высоких частот (13-17 Гц) к доминированию осцилляций средних (8-12 Гц), а затем и низких частот (4-7 Гц). Вторая минута характеризуется переходом от доминирования осцилляций низких частот к доминированию осцилляций низких и средних частот. На 3-10-й минуте доминируют осцилляции низких и средних частот, а после 10-й минуты фибрилляция желудочков приобретает бездоминантный характер.

Ключевые слова: *фибрилляция желудочков, сердце собаки, доминантная структура, бездоминантная структура*

В отличие от синхронизированных сокращений сердца, обеспечивающих эффективную гемодинамику, фибрилляция желудочков (ФЖ) характеризуется разрозненными и разновременными (асинхронными) сокращениями отдельных пучков миокардиальных волокон, не способными поддерживать гемодинамику. ФЖ является основной причиной внезапной сердечной смерти во многих странах, включая Россию [1,4]. Традиционно принято рассматривать ФЖ как дезорганизованный процесс [10]. Картирование миокарда показало, что электрическая активность является организованной на 1-2-й минуте ФЖ, а после 2-й минуты ФЖ становится дезорганизованной [3,5,6]. Однако картирование охватывало не более 20% эпикардиальной поверхности желудочков, тогда как ФЖ задействует весь миокард желудочков. Кроме того, в работах [3,5,6] не приведены точные количественные критерии организованной ФЖ.

Выявлены периоды организованной активности после 3-й минуты ФЖ [7,9]. Периоды организованной активности занимали не более 33% временного интервала на 5-10-й минуте ФЖ, чередуясь с более длительными периодами дезор-

ганизованной активности. При этом организованная активность была локальной: выявлялась преимущественно в субэндокарде левого желудочка, тогда как активность всего миокарда, оцениваемая по ЭКГ при ФЖ, характеризовалась как дезорганизованная. В работах [7,9] также не приведены точные количественные критерии локальной организованной активности при ФЖ.

Таким образом, мы не нашли работ, в которых была бы выявлена организованная активность всего миокарда в первые 10 мин ФЖ и были бы даны количественные параметры организованной активности и ее динамики.

Цель данного исследования — выявление организованной активности и изучение ее количественных параметров и динамики в первые 10 мин ФЖ собаки путем анализа ЭКГ при ФЖ методом быстрого преобразования Фурье (БПФ). ЭКГ характеризует электрическую активность всего миокарда при ФЖ, а БПФ позволяет количественно определять частотно-амплитудный состав ЭКГ [2,8].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено 10 опытов на сердце собаки *in situ* в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных».

Каждому животному проводили общее обезболивание: внутримышечно вводили золетил (20-30 мг/кг; "Virbac Sante Animale"). Через 5-10 мин в передние и задние конечности собаки вкалывали 4 электрода для регистрации ЭКГ, а в грудную клетку — 2 электрода для электростимуляции.

У всех собак регистрировали ЭКГ в III стандартном отведении на регистраторе "NeuroS-4U" ("Нейроботикс") при частоте оцифровки 500 Гц. Патологические изменения на исходных ЭКГ не

определялись. Стимулировали сердце переменным током (50 Гц, 30 В) в течение 2-3 с, что приводило к ФЖ у всех собак.

Проводили частотно-амплитудный (спектральный) анализ 1-секундных отрезков ЭКГ при ФЖ методом БПФ с использованием программы "Неокортекс" ("Нейроботикс"). Спектральный анализ проводили в 5 диапазонах частот: очень низкие частоты (1-3 Гц), низкие (4-7 Гц), средние (8-12 Гц), высокие (13-17 Гц) и очень высокие

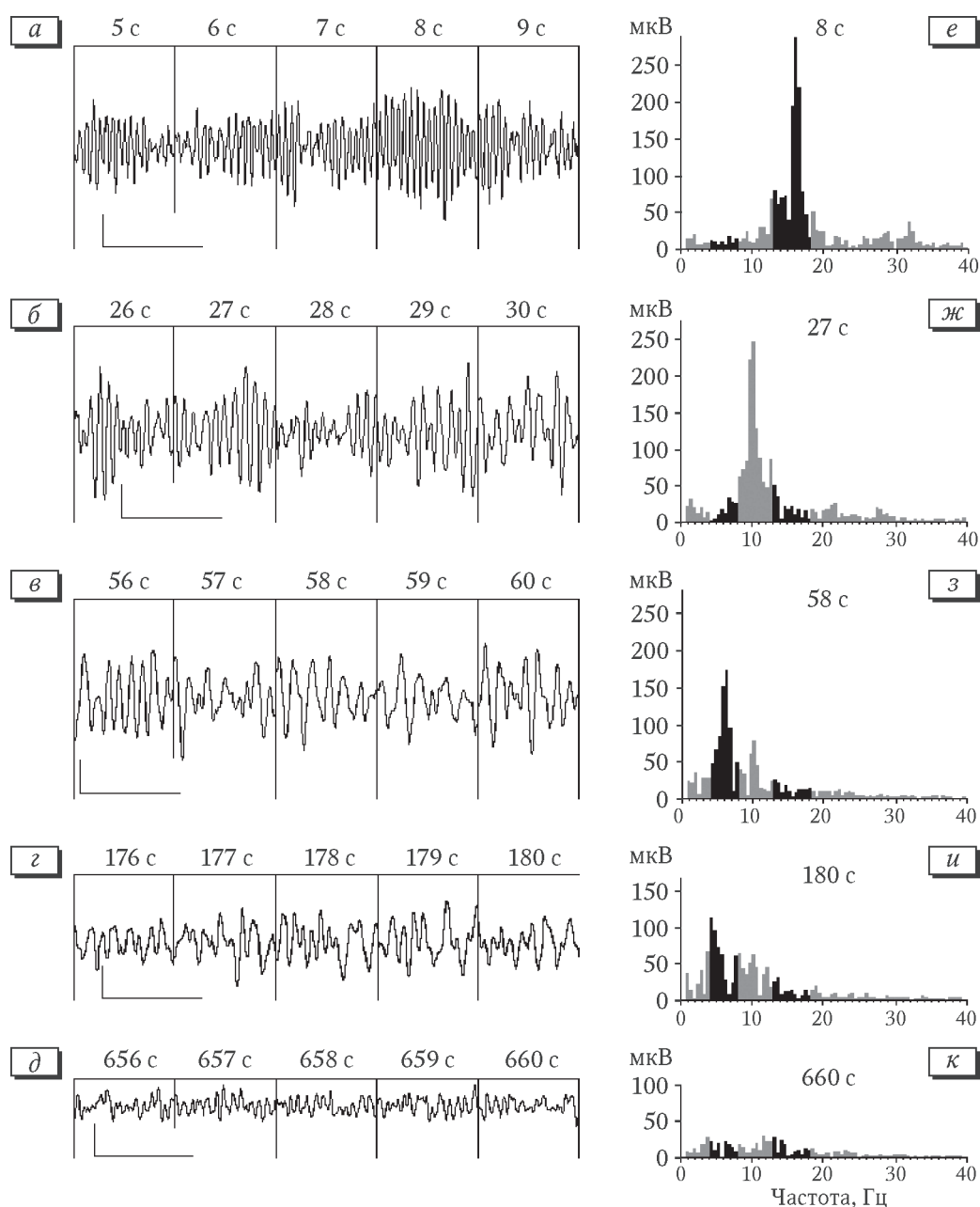


Рис. 1. Пятисекундные отрезки ЭКГ (а-д) и спектрограммы односекундных отрезков ЭКГ (е-к) на 1-11-й минуте ФЖ собаки.

Калибровка ЭКГ: 0.5 мВ, 1 с. На спектрограммах: по оси ординат — амплитуда.

частоты (18-40 Гц). Определяли удельный вес (в %) осцилляций (ОЛ) частот указанных диапа-

зонов в 5-секундных отрезках ЭКГ у 10 собак (всего 50 измерений).

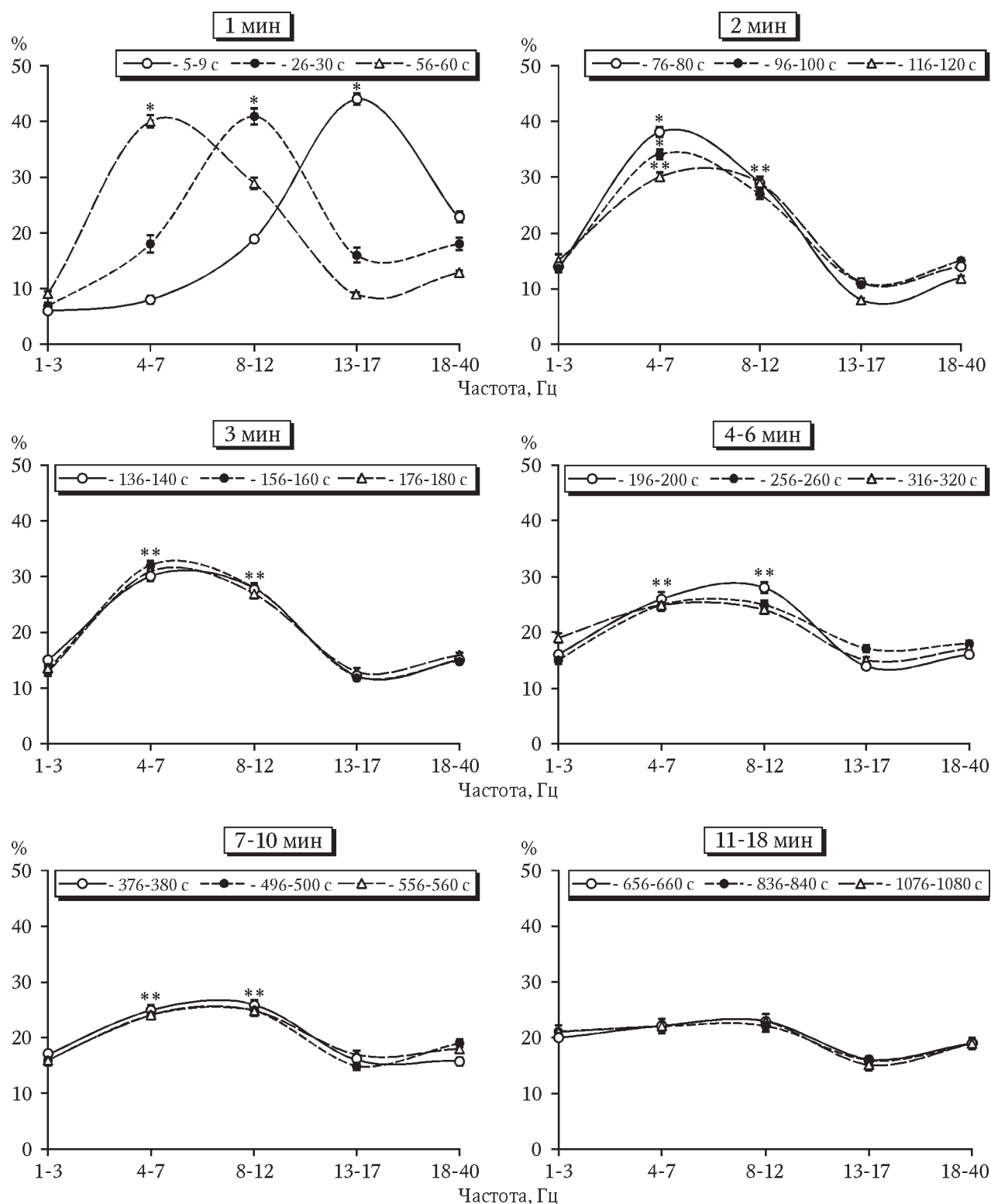


Рис. 2. Удельный вес ОЛ разных частот на 1-18-й минуте ФЖ собаки.

* $p < 0.01$ по сравнению с другими частотами; ** $p < 0.01$ по сравнению с 1-3, 13-17 и 18-40 Гц.

Статистическую обработку проводили с использованием программы "SPSS 11.5" непараметрическим методом: сравнение по критерию Манна—Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На 5-9-й секунде ФЖ на ЭКГ доминируют ОЛ высоких частот (13-17 Гц), организованные в фигуры "веретен фибрилляции"; доминирование ОЛ высоких частот объективно подтверждает спектрограмма 1-секундного отрезка ЭКГ (рис. 1, а, е). На 26-30-й секунде на ЭКГ доминируют ОЛ средних частот (8-12 Гц), также организованные в фигуры "веретен"; доминирование ОЛ средних частот подтверждает спектрограмма (рис. 1, б, ж). На 56-60-й секунде на ЭКГ и спектрограмме доминируют ОЛ низких частот (4-7 Гц; рис. 1, в, з). На 176-180-й секунде на ЭКГ регистрируются полиморфные ОЛ частотой 1-20 Гц, видимым образом неорганизованные, но спектрограмма показывает доминирование ОЛ низких и средних частот (рис. 1, г, и). На 656-660-й секунде на ЭКГ регистрируются беспорядочные ОЛ частотой 1-20 Гц, а спектрограмма отражает равномерно распределенную, т.е. бездоминантную структуру частот ОЛ (рис. 1, д, к).

Доминантная и бездоминантная структура ФЖ, выявленная на репрезентативной собаке (рис. 1), является достоверной для всех собак. ОЛ высоких частот, на долю которых приходится 5/40 в диапазоне 1-40 Гц, содержат 44% спектральной мощности и доминируют в структуре частот ОЛ в начале 1-й минуты ФЖ, а ОЛ средних частот (5/40 частотного диапазона) содержат 41% спектральной мощности и доминируют в структуре частот ОЛ в середине 1-й минуты (рис. 2, а). ОЛ низких частот (4/40 частотного диапазона) содержат 40-38% спектральной мощности и доминируют в интервале от конца 1-й до середины 2-й минуты ФЖ (рис. 2, а, б). ОЛ низких и средних частот (9/40 частотного диапазона) содержат 61-49% спектральной мощности и доминируют в интервале от середины 2-й до 10-й минуты (рис. 2, б-д). ОЛ очень низких, низких, средних и очень высоких частот содержат от 19 до 23% спектральной мощности, и различие между удельным весом ОЛ этих частот недостоверно, что указывает на бездоминантную структуру частот ОЛ на 11-18-й минуте ФЖ (рис. 2, е).

Доминантная структура ЭКГ свидетельствует об организованной (синхронизированной) активности миокарда при ФЖ. Если бы кардиомиоциты генерировали потенциалы действия в случайном порядке и независимо друг от друга, то эти по-

тенциалы, случайно суммируясь, давали бы на ЭКГ случайный суммарный процесс с низкоамплитудными высокочастотными беспорядочными колебаниями. Случайный процесс с равномерно распределенной спектральной плотностью определяется только после 10-й минуты ФЖ (рис. 1, д, к; рис. 2, е).

Таким образом, нами показано, что первые 10 мин ФЖ сердца собаки характеризуются организованной активностью миокарда, о чем свидетельствует доминантная структура частот ОЛ. Первая минута ФЖ характеризуется наиболее значимыми изменениями в структуре частот ОЛ с переходом от доминирования ОЛ высоких частот к доминированию ОЛ средних, а затем и низких частот. На 2-й минуте выявляется менее значительная динамика с переходом от доминирования ОЛ низких частот к доминированию ОЛ низких и средних частот. На 3-10-й минуте доминируют ОЛ низких и средних частот, а после 10-й минуты ФЖ приобретает бездоминантный характер.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что организованная структура ФЖ устойчива к ишемии: организованная структура сохранялась в течение 10-минутного воздействия ишемии на миокард при ФЖ (рис. 2, е). Результаты работы могут быть использованы для создания алгоритма автоматической диагностики ФЖ для максимального сохранения жизни и здоровья людей при жизнеугрожающей ФЖ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Востриков В.А. // Клин. анестезиол. и реаниматол. 2007. Т. 4, № 4. С. 2-7.
2. Amann A., Tratnig R., Unterkofler K. // Biomed. Eng. Online. 2005. Vol. 4. P. 60.
3. Cheng K.A., Dosdall D.J., Li L. et al. // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 2012. Vol. 302, N 4. P. H992-H1002.
4. Goldberger J.J., Basu A., Boineau R. et al. // Circulation. 2014. Vol. 129, N 4. P. 516-526.
5. Huang J., Rogers J.M., Killingsworth C.R. et al. // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 2004. Vol. 286, N 3. P. H1193-H1200.
6. Huizar J.F., Warren M.D., Shvedko A.G. et al. // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 2007. Vol. 293, N 3. P. H1617-H1628.
7. Li L., Jin Q., Dosdall D.J. et al. // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 2010. Vol. 298, N 6. P. H2046-H2053.
8. Newton J.C., Smith W.M., Ideker R.E. // Circ. Res. 2004. Vol. 94, N 6. P. 836-842.
9. Robichaux R.P., Dosdall D.J., Osorio J. et al. // J. Cardiovasc. Electrophysiol. 2010. Vol. 21, N 11. P. 1266-1273.
10. Weiss J.N., Garfinkel A., Karagueuzian H.S. et al. // Circulation. 1999. Vol. 99, N 21. P. 2819-2826.

Получено 20.01.15