



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*A61B 6/00* (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019124264, 26.07.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.07.2019

Дата регистрации:  
30.10.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.07.2019

(45) Опубликовано: 30.10.2019 Бюл. № 31

Адрес для переписки:  
193318, Санкт-Петербург, а/я 47, Пантюшиной  
Е.Н.

(72) Автор(ы):

Гурьянов Марат Ильич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Гурьянов Марат Ильич (RU),  
Яблонский Пётр Казимирович (RU),  
Кормилицын Александр Юрьевич (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: BARRO S. et al. Algorithmic sequential decision-making in the frequency domain for life threatening ventricular arrhythmias and imitative artefacts: a diagnostic system, J. Biomed. Eng. 11: 320-328. 1989. RU 2373849 C1, 27.11.2009. ГОРБУНОВ Б.Б. и др. Сравнение эффективности и помехоустойчивости алгоритмов распознавания шоковых ритмов сердца, (см. прод.)

(54) Способ диагностики фибрилляции желудочков сердца

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицине, а именно к кардиологии. Предложен способ, в котором: регистрируют электрокардиограмму (ЭКГ) или электрограмму желудочков (ЭГЖ) сердца. В отрезках ЭКГ (ЭГЖ) определяют спектральную мощность частот 0,5, 1, 1,5, ..., 15 Гц и определяют частоту 1-3-й по спектральной мощности частот диапазона 0,5-15 Гц. Если значение частоты 1-3-й частот больше 4 Гц, определяют разность наибольшего и

наименьшего значений этих частот, если эта разность равна 1 Гц, ставят диагноз фибрилляции желудочков. Если значение частоты 1, 2 или 3-й частоты не более 4 Гц или разность наибольшего и наименьшего значений 1-3-й частот больше 1 Гц, ставят диагноз - отсутствие фибрилляции желудочков. Изобретение обеспечивает повышение чувствительности и специфичности диагностики фибрилляции. 6 ил.

(56) (продолжение):

Мед. техника. 3: 22-28. 2004. AMANN A. et al. Reliability of old and new ventricular fibrillation detection algorithms for automated external defibrillators, BioMedical Engineering Online. 4: 60. 2005.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*A61B 6/00 (2019.08)*

(21)(22) Application: **2019124264, 26.07.2019**

(24) Effective date for property rights:  
**26.07.2019**

Registration date:  
**30.10.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **26.07.2019**

(45) Date of publication: **30.10.2019** Bull. № 31

Mail address:

**193318, Sankt-Peterburg, a/ya 47, Pantyushinoy  
E.N.**

(72) Inventor(s):

**Guryanov Marat Ilich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Guryanov Marat Ilich (RU),  
Yablonskij Petr Kazimirovich (RU),  
Kormilitsyn Aleksandr Yurevich (RU)**

(54) **DIAGNOSTIC METHOD OF VENTRICULAR FIBRILLATION**

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: invention relates to medicine, namely to cardiology. Disclosed is a method in which: recording an electrocardiogram (ECG) or an electrogram of the ventricles (EGV) of the heart. Spectral power of frequencies 0.5, 1, 1.5 ..., 15 Hz is determined in segments of ECG (EGV) and frequency of 1-3-th spectral power of frequency range 0.5–15 Hz is determined. If the frequency value of 1-3th frequency exceeds 4 Hz, the difference between the highest and

lowest values of these frequencies is determined; if difference is 1 Hz, the ventricular fibrillation is diagnosed. If frequency value 1, 2 or 3 frequency is not more than 4 Hz or the difference between the highest and lowest values of 1-3-th frequencies is more than 1 Hz, the diagnosis is the absence of ventricular fibrillation.

EFFECT: invention provides higher sensitivity and specificity of diagnosing fibrillation.

1 cl, 6 dwg

**RU 2 704 783 C1**

**RU 2 704 783 C1**

Изобретение относится к медицине, в частности, к кардиологии.

Фибрилляция желудочков (ФЖ) является основной причиной внезапной сердечной смерти [Ревиншвили А.Ш., Неминуший Н.М., Баталов Р.Б. и соавт. Всероссийские клинические рекомендации по контролю над риском внезапной остановки сердца и внезапной сердечной смерти, профилактике и оказанию первой помощи // Вестн. аритмол. 89: 2-104. 2017; Sudden cardiac death compendium // Circ. Res. 116: 1883-2049. 2015]. ФЖ требует проведения электрической дефибрилляции. Поэтому актуальна разработка способа, который можно использовать для автоматической диагностики ФЖ в наружных и имплантируемых дефибрилляторах и электрокардиографах.

Известны способы диагностики ФЖ: надпороговых интервалов, линейного регрессионного анализа автокорреляционной функции, спектрального анализа, режекторного фильтра [Горбунов Б.Б., Гусев А.Н., Каменский С.А. и Селищев С.В. Сравнение эффективности и помехоустойчивости алгоритмов распознавания шоковых ритмов сердца // Мед. техника. 3: 22-28. 2004; Amann A., Tratnig R., Unterkofler K. Reliability of old and new ventricular fibrillation detection algorithms for automated external defibrillators // BioMedical Engineering Online. 4: 60. 2005, www.biomedical-engineering-online.com/content/4/1/60]. Чувствительность этих способов не превышает 79% при специфичности 95% и 66% при специфичности 99%. Чувствительность - это отношение количества верно определенных эпизодов ФЖ к общему количеству эпизодов ФЖ, а специфичность - отношение количества верно определенных эпизодов отсутствия фибрилляции желудочков (ОФЖ) к общему количеству эпизодов ОФЖ.

В качестве прототипа выбран способ диагностики ФЖ путем спектрального анализа отрезков ЭКГ методом быстрого преобразования Фурье (БПФ) [Barro S., Ruiz R., Cabello D., Mira J. Algorithmic sequential decision-making in the frequency domain for life threatening ventricular arrhythmias and imitative artefacts: a diagnostic system // J. Biomed. Eng. 11: 320-328. 1989]. В прототипе вычисляют 4 спектральных параметра:

$$FSMN = \frac{1}{F} \cdot \frac{\sum Amp f_i}{\sum Amp_i};$$

$$A_1 = \frac{\sum_{0,5\Gammaц}^{F/2} Amp_i}{\sum_{0,5\Gammaц}^{20F} Amp_i}; \quad A_2 = \frac{\sum_{0,7\Gammaц}^{1,4F} Amp_i}{\sum_{0,5\Gammaц}^{20F} Amp_i}; \quad A_3 = \frac{\sum_{2\Gammaц}^{8F} Amp_i}{\sum_{0,5\Gammaц}^{20F} Amp_i},$$

где FSMN - нормализованный первый спектральный момент, F - частотная компонента сигнала наибольшей интенсивности,  $Amp_i$  - амплитуда i-й частотной компоненты спектра. ФЖ диагностируют, если  $FSMN \leq 1,55$ ;  $A_1 > 0,19$ ;  $A_2 \geq 0,45$ ;  $A_3 \leq 0,09$ .

Чувствительность прототипа является недостаточно высокой: 70 и 59% при специфичности соответственно 95 и 99%. Задача настоящего изобретения - повышение чувствительности и специфичности способа диагностики ФЖ.

Задача решается тем, что в отрезках электрокардиограммы (ЭКГ) или электрограммы желудочков (ЭГЖ) сердца определяют спектральную мощность частот 0,5 Гц, 1 Гц, 1,5 Гц, 2 Гц, 2,5 Гц, 3 Гц, 3,5 Гц, 4 Гц, 4,5 Гц, 5 Гц, 5,5 Гц, 6 Гц, 6,5 Гц, 7 Гц, 7,5 Гц, 8 Гц, 8,5 Гц, 9 Гц, 9,5 Гц, 10 Гц, 10,5 Гц, 11 Гц, 11,5 Гц, 12 Гц, 12,5 Гц, 13 Гц, 13,5 Гц, 14 Гц, 14,5 Гц и 15 Гц. По значениям частот первой, второй и третьей по спектральной мощности частот диапазона 0,5-15 Гц определяют ФЖ и ОФЖ.

Техническим результатом настоящего изобретения является повышение

чувствительности и специфичности диагностики ФЖ, что позволит снизить внезапную смертность из-за ФЖ благодаря повышению чувствительности диагностики ФЖ, позволит избавить пациента от ненужных дефибрилляций, благодаря повышению специфичности диагностики ФЖ, что позволит более экономно расходовать энергию источника питания дефибриллятора.

Способ осуществляют следующим образом. Регистрируют ЭКГ или ЭГЖ сердца. ЭКГ (или ЭГЖ) делят на отрезки 5-12 с и определяют методом БПФ спектральную мощность частот 0,5 Гц, 1 Гц, 1,5 Гц, 2 Гц, 2,5 Гц, 3 Гц, 3,5 Гц, 4 Гц, 4,5 Гц, 5 Гц, 5,5 Гц, 6 Гц, 6,5 Гц, 7 Гц, 7,5 Гц, 8 Гц, 8,5 Гц, 9 Гц, 9,5 Гц, 10 Гц, 10,5 Гц, 11 Гц, 11,5 Гц, 12 Гц, 12,5 Гц, 13 Гц, 13,5 Гц, 14 Гц, 14,5 Гц и 15 Гц. Затем определяют частоту первой, второй и третьей по спектральной мощности частот диапазона 0,5-15 Гц.

Если частота первой, второй и третьей по спектральной мощности частот больше 4 Гц, определяют разность наибольшего и наименьшего значений этих частот и определяют ФЖ и ОФЖ.

Если разность наибольшего и наименьшего значений первой-третьей по спектральной мощности частот равна 1 Гц, ставят диагноз ФЖ.

Если частота первой, второй или третьей по спектральной мощности частоты не более 4 Гц или разность наибольшего и наименьшего значений первой-третьей по спектральной мощности частот больше 1 Гц, ставят диагноз ОФЖ.

Использование отрезков ЭКГ (или ЭГЖ) 5-12 с для диагностики ФЖ позволяет через 5-12 с после развития ФЖ, когда миокард еще не страдает от ишемии при ФЖ, ставить диагноз ФЖ и проводить электрическую дефибрилляцию, которая является высоко эффективным способом прекращения ФЖ при такой длительности ФЖ [Иванов Г.Г., Востриков В.А., Дворников В.Е. Сердечно-легочная реанимация и интенсивная терапия при внезапном прекращении эффективной сердечной деятельности. Учебно-методическое пособие. М.: РУДН, 1999].

Частотные критерии нашего способа диагностики ФЖ соответствуют частотам осцилляций ФЖ сердца человека и собаки. Частоты ФЖ сердца собаки близки к человеку [Иванов Г.Г., Востриков В.А. Фибрилляция желудочков и желудочковые тахикардии - базовые положения и диагностические критерии // Вестн. РУДН. Сер. Медицина. 1: 75-80. 2009; Noujaim S.F., Berenfeld O., Kalifa J. Universal scaling law of electrical turbulence in the mammalian heart // Proc. Natl. Acad. Sci. 104: 20985-20989. 2007].

Частоты осцилляций ФЖ сердца человека укладываются в диапазон 0,5-15 Гц: наибольшая частота осцилляций ФЖ сердца человека 600 в 1 мин, что соответствует частоте 10 Гц, а наименьшая частота ФЖ сердца человека больше 250 в 1 мин, что больше частоты 4 Гц [Иванов Г.Г., Востриков В.А. Фибрилляция желудочков и желудочковые тахикардии - базовые положения и диагностические критерии // Вестн. РУДН. Сер. Медицина. 1: 75-80. 2009; Panfilov I., Lever N.A., Smail V.H., Larsen P.D. Ventricular fibrillation frequency from implanted cardioverter defibrillator devices // Europace. 11: 1052-1056. 2009; Bradley C.P., Clayton R.H., Nash M.P., et al. Human ventricular fibrillation during global ischemia and reperfusion // Circ. Arrhythm. Electrophysiol. 4: 684-691. 2011].

Метод БПФ позволяет количественно определять спектральный состав ЭКГ и ЭГЖ сердца, а спектральный состав ЭКГ и ЭГЖ является сходным при ФЖ [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. 293: H1617-H1628. 2007; Pandit S.V., Jalife J. Rotors and the dynamics of cardiac fibrillation // Circ. Res. 112: 849-862. 2013].

Изобретение тестировалось на ЭКГ и ЭГЖ сердца человека и собаки, в которых регистрировались синусовые, предсердные, узловые и желудочковые ритмы, предсердные

и желудочковые экстрасистолы, атриовентрикулярные блокады, фибрилляция предсердий и ФЖ (длительность регистрации ЭКГ и ЭГЖ больше 50 ч). В тестированных ЭКГ и ЭГЖ правильная диагностика ФЖ составила 99%.

Пример 1. В отрезке ЭКГ (Фиг. 1) определяют методом БПФ спектральную мощность частот 0,5 Гц, 1 Гц, 1,5 Гц, 2 Гц, 2,5 Гц, 3 Гц, 3,5 Гц, 4 Гц, 4,5 Гц, 5 Гц, 5,5 Гц, 6 Гц, 6,5 Гц, 7 Гц, 7,5 Гц, 8 Гц, 8,5 Гц, 9 Гц, 9,5 Гц, 10 Гц, 10,5 Гц, 11 Гц, 11,5 Гц, 12 Гц, 12,5 Гц, 13 Гц, 13,5 Гц, 14 Гц, 14,5 Гц и 15 Гц. На Фиг. 1 приведена ЭКГ К., 45 лет. Калибровка: 2 мВ, 1 с. Определяют частоту первой, второй и третьей по спектральной мощности частот диапазона 0,5-15 Гц. На Фиг. 2 приведена спектрограмма ЭКГ Фиг. 1. На спектрограмме: по оси абсцисс - частота, Гц; по оси ординат - спектральная мощность, мВ. Как видно из Фиг. 2, на первом месте по спектральной мощности стоит частота 5 Гц, на втором месте - частота 7,5 Гц, а на третьем месте - частота 3,5 Гц - это меньше 4 Гц. В отрезке ЭКГ Фиг. 1 ставят диагноз ОФЖ.

Пример 2. В отрезке ЭКГ (Фиг. 3) определяют методом БПФ спектральную мощность частот 0,5 Гц, 1 Гц, 1,5 Гц, 2 Гц, 2,5 Гц, 3 Гц, 3,5 Гц, 4 Гц, 4,5 Гц, 5 Гц, 5,5 Гц, 6 Гц, 6,5 Гц, 7 Гц, 7,5 Гц, 8 Гц, 8,5 Гц, 9 Гц, 9,5 Гц, 10 Гц, 10,5 Гц, 11 Гц, 11,5 Гц, 12 Гц, 12,5 Гц, 13 Гц, 13,5 Гц, 14 Гц, 14,5 Гц и 15 Гц. На Фиг. 3 приведена ЭКГ Н., 40 лет. Калибровка: 2 мВ, 1 с. Определяют частоту первой, второй и третьей по спектральной мощности частот диапазона 0,5-15 Гц. На Фиг. 4 приведена спектрограмма ЭКГ Фиг. 3. На спектрограмме: по оси абсцисс - частота, Гц; по оси ординат - спектральная мощность, мВ. Как видно из Фиг. 4, на первом месте по спектральной мощности стоит частота 5 Гц, на втором месте - частота 7,5 Гц и на третьем месте - частота 10 Гц. Частоты 5, 7,5 и 10 Гц больше 4 Гц. Определяют разность наибольшего и наименьшего значений частот 5, 7,5 и 10 Гц:  $10 \text{ Гц} - 5 \text{ Гц} = 5 \text{ Гц}$  - это больше 1 Гц. В отрезке ЭКГ Фиг. 3 ставят диагноз ОФЖ.

Пример 3. В отрезке ЭГЖ (Фиг. 5) определяют методом БПФ спектральную мощность частот 0,5 Гц, 1 Гц, 1,5 Гц, 2 Гц, 2,5 Гц, 3 Гц, 3,5 Гц, 4 Гц, 4,5 Гц, 5 Гц, 5,5 Гц, 6 Гц, 6,5 Гц, 7 Гц, 7,5 Гц, 8 Гц, 8,5 Гц, 9 Гц, 9,5 Гц, 10 Гц, 10,5 Гц, 11 Гц, 11,5 Гц, 12 Гц, 12,5 Гц, 13 Гц, 13,5 Гц, 14 Гц, 14,5 Гц и 15 Гц. На Фиг. 5 приведена ЭГЖ сердца собаки при ФЖ. Калибровка: 2 мВ, 1 с. Определяют частоту первой, второй и третьей по спектральной мощности частот диапазона 0,5-15 Гц. На Фиг. 6 приведена спектрограмма ЭГЖ Фиг. 5. На спектрограмме: по оси абсцисс - частота, Гц; по оси ординат - спектральная мощность, мВ. Как видно из Фиг. 6, на первом месте по спектральной мощности стоит частота 7,5 Гц, на втором месте - частота 7 Гц и на третьем месте - частота 8 Гц. Частоты 7,5, 7 и 8 Гц больше 4 Гц. Определяют разность наибольшего и наименьшего значений частот 7,5, 7 и 8 Гц:  $8 \text{ Гц} - 7 \text{ Гц} = 1 \text{ Гц}$ . В отрезке ЭГЖ Фиг. 5 ставят диагноз ФЖ.

#### (57) Формула изобретения

Способ диагностики фибрилляции желудочков сердца путем регистрации электрокардиограммы или электрограммы желудочков сердца и определения в отрезках электрокардиограммы или электрограммы желудочков спектральной мощности методом быстрого преобразования Фурье, отличающийся тем, что определяют спектральную мощность частот 0,5 Гц, 1 Гц, 1,5 Гц, 2 Гц, 2,5 Гц, 3 Гц, 3,5 Гц, 4 Гц, 4,5 Гц, 5 Гц, 5,5 Гц, 6 Гц, 6,5 Гц, 7 Гц, 7,5 Гц, 8 Гц, 8,5 Гц, 9 Гц, 9,5 Гц, 10 Гц, 10,5 Гц, 11 Гц, 11,5 Гц, 12 Гц, 12,5 Гц, 13 Гц, 13,5 Гц, 14 Гц, 14,5 Гц, 15 Гц и определяют частоту первой, второй и третьей по спектральной мощности частот диапазона 0,5-15 Гц, если частота первой-третьей по спектральной мощности частот больше 4 Гц, определяют разность наибольшего и наименьшего значений этих частот, если эта разность равна 1 Гц, ставят диагноз фибрилляции желудочков; если частота первой, второй или третьей по

спектральной мощности частоты не более 4 Гц или разность наибольшего и наименьшего значений первой-третьей частот больше 1 Гц, ставят диагноз - отсутствие фибрилляции желудочков.

5

10

15

20

25

30

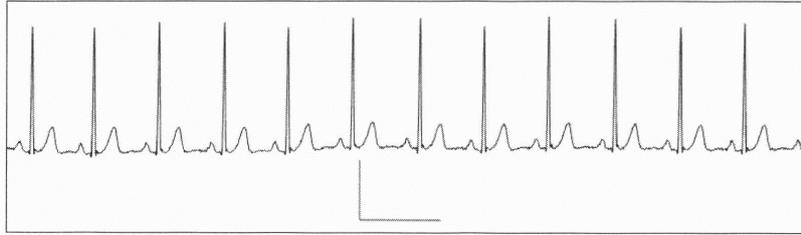
35

40

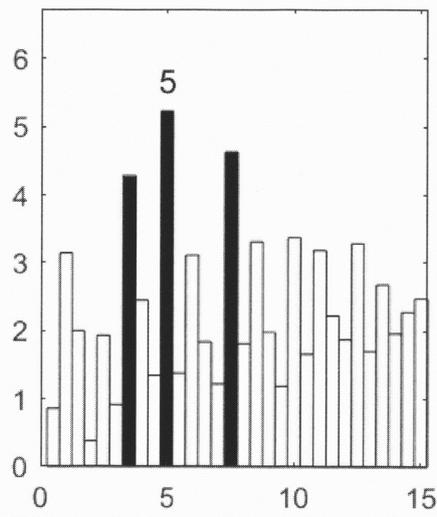
45

1

1/3



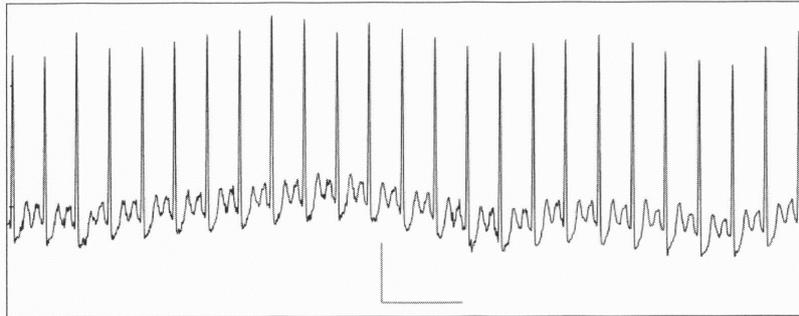
Фиг. 1



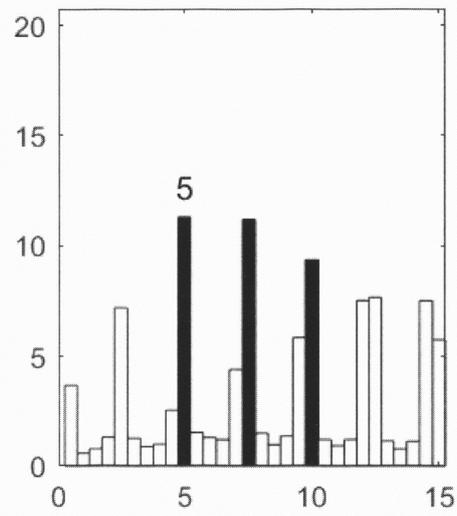
Фиг. 2

2

2/3

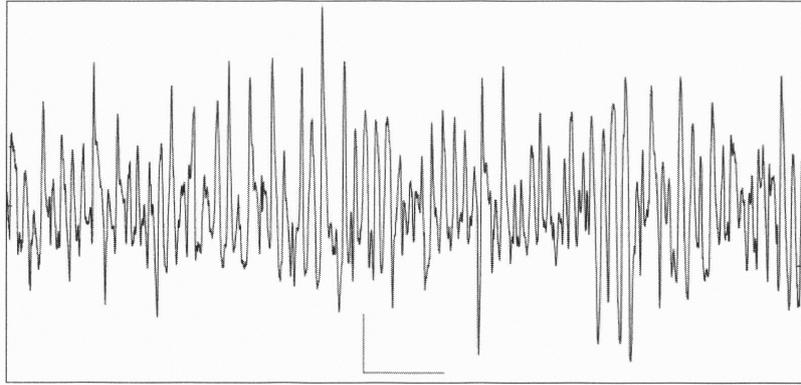


Фиг. 3

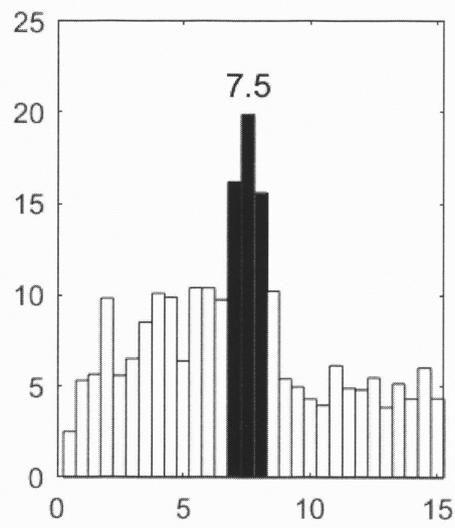


Фиг. 4

3/3



Фиг. 5



Фиг. 6