



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A61B 5/02 (2019.05); G06F 17/00 (2019.05); G01N 33/48 (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2017117206, 18.05.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
18.05.2017Дата регистрации:  
18.06.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.05.2017

(45) Опубликовано: 18.06.2019 Бюл. № 17

Адрес для переписки:

305040, Курская обл., г. Курск, ул. 50 лет  
Октября, 94, ЮЗГУ УИР

(72) Автор(ы):

Быков Александр Владимирович (RU),  
Корневский Николай Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования " Юго-Западный  
государственный университет" (ЮЗГУ) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: БЫКОВ А.В. и др.  
Прогнозирование степени тяжести  
ишемического процесса сердца, головного  
мозга и нижних конечностей, Физика и  
радиоэлектроника в медицине и экологии.  
- ФРЭМЭ 2016, Доклады XII  
Международной научной конференции с  
научной молодежной сессией, 2016, сс. 171-  
174. RU 2297786 C2, 27.04.2007. RU 2317013  
C1, 20.02.2008. ЕМЕЛЬЯНОВ С.Г. и (см.  
прод.)

(54) Способ прогнозирования степени тяжести ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей на основании оценки центральной и регионарной гемодинамики органов

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицине, а именно к прогнозированию степени тяжести ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей на основании оценки центральной и регионарной гемодинамики органов. Предложен способ, заключающийся в том, что измеряются систолическое артериальное давление в данный момент времени (САД), частота сердечных сокращений (ЧСС), разница систолического и артериального давления в настоящее время и три дня назад (ΔАД), активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ) и концентрация  $Ca^{2+}$  в крови [ $Ca^{2+}$ ]. Критерий оценки саморегуляции центральной гемодинамической системы Z

определяется по формуле

$$Z = \frac{САД[Ca^{2+}] \cdot ЧСС}{30000} + 10 \frac{\Delta АД}{АЧТВ}, \text{ при этом}$$

параметр Z используется как базовая переменная, на которой определяются функции принадлежности  $\mu_r(Z)$ , определяющие уверенность в классификации степени тяжести ишемического процесса центральной гемодинамической системы, причем выделяются четыре класса, характеризующих степень тяжести г: г=н – норма; г=л – латентное состояние; г=р – реверсивное состояние; г=к – критическое состояние, пациент относится к тому классу степени тяжести ишемического процесса

центральной гемодинамической системы, функция принадлежности которого максимальна, по величине  $Z$  определяется функция степени тяжести ишемического процесса центральной гемодинамической системы  $f_Z(Z)$ , определяются интегральные уровни тяжести ишемического процесса в сердце  $U_c$ , головном мозге  $U_M$  и нижних конечностях  $U_k$ , по которым, с учетом состояния центральной гемодинамической системы, степень тяжести ишемического процесса для сердца  $ST_c$ , для головного мозга  $ST_M$  и нижних конечностей  $ST_k$  определяются выражениями:

$$ST_c = f_Z(Z) + U_c \cdot [1 - f_Z(Z)],$$

$$ST_M = f_Z(Z) + U_M \cdot [1 - f_Z(Z)],$$

(56) (продолжение):

др. Прогнозирование степени тяжести развития ишемического процесса в сердце, головном мозге и нижних конечностях на основе нечетких моделей, Биомедицинская радиоэлектроника, 10.06.2016, сс. 4-9.

$ST_k = f_Z(Z) + U_k \cdot [1 - f_Z(Z)]$ , на шкалах  $ST_c$ ,  $ST_M$  и  $ST_k$  определяются функции принадлежности к тем же классам степени тяжести, что и для центральной гемодинамической системы – для сердца  $\mu_r(ST_c)$ , для головного мозга  $\mu_r(ST_M)$ , для нижних конечностей  $\mu_r(ST_k)$ ,  $r=n, л, р, к$ , и по каждому органу степень тяжести определяется по максимальной величине соответствующих функций принадлежности. Изобретение обеспечивает повышение качества прогнозирования степени тяжести центральной гемодинамической системы, ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей. 9 з.п. ф-лы, 4 табл., 3 пр., 15 ил.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*A61B 5/02* (2006.01)  
*G06F 17/00* (2006.01)  
*G01N 33/48* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*A61B 5/02 (2019.05); G06F 17/00 (2019.05); G01N 33/48 (2019.05)*(21)(22) Application: **2017117206, 18.05.2017**(24) Effective date for property rights:  
**18.05.2017**Registration date:  
**18.06.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **18.05.2017**(45) Date of publication: **18.06.2019** Bull. № 17

Mail address:

**305040, Kurskaya obl., g. Kursk, ul. 50 let  
Oktyabrya, 94, YUZGU UIR**

(72) Inventor(s):

**Korenevskij Nikolaj Alekseevich (RU),  
Bykov Aleksandr Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya " Yugo-Zapadnyj gosudarstvennyj  
universitet" (YUZGU) (RU)**(54) **METHOD FOR PREDICTION OF SEVERITY OF ISCHEMIC PROCESS OF HEART, CEREBRUM AND LOWER LIMBS BASED ON ASSESSMENT OF CENTRAL AND REGIONAL HAEMODYNAMICS OF ORGANS**

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: invention relates to prediction of severity of ischemic process of heart, brain and lower limbs based on assessment of central and regional haemodynamics of organs. What is presented is a method which involves measuring systolic blood pressure at a given time (SBP), heart rate (HR), a difference in systolic and arterial pressure and three days ago ( $\Delta AP$ ), activated partial thromboplastin time (APTT) and concentration of  $Ca^{2+}$  in blood [ $Ca^{2+}$ ]. Self-regulation criterion of central hemodynamic system  $Z$  is determined by formula

$$Z = \frac{SBP[Ca^{2+}] \cdot HR}{30000} + 10 \frac{\Delta AP}{APTT},$$

wherein parameter  $Z$  is used as a basic variable, on which membership functions are determined  $\mu_r(Z)$ , determining confidence in classification of severity of ischemic process of central hemodynamic system, wherein four classes are distinguished, characterizing severity  $r$ :  $r = n$  - norm;  $r = l$  is a latent state;  $r = p$  is a reversible state;  $r = c$  is a critical condition, the patient

refers to that class of severity of ischemic process of central hemodynamic system, function of belonging of which is maximum, by value  $Z$  is determined function of severity of ischemic process of central hemodynamic system  $f_Z(Z)$ , integral levels of severity of ischemic process in heart  $U_h$ , brain  $U_b$  and lower extremities  $U_e$ , by which, taking into account the state of central hemodynamic system, severity of ischemic process for heart  $ST_h$ , for brain  $ST_b$  and lower extremities  $ST_e$  are determined by expressions:  $ST_h = f_Z(Z) + U_h \cdot [1 - f_Z(Z)]$ ,  $ST_b = f_Z(Z) + U_b \cdot [1 - f_Z(Z)]$ ,  $ST_e = f_Z(Z) + U_e \cdot [1 - f_Z(Z)]$ , on scales  $ST_h$ ,  $ST_b$  and  $ST_e$  functions of belonging to the same gravity classes are determined, as for central hemodynamic system - for heart  $\mu_r(ST_h)$ , for cerebrum  $\mu_r(ST_b)$ , for lower extremities  $\mu_r(ST_e)$ ,  $r = n, l, p, c$ , and for each organ severity is determined by maximum value of corresponding membership functions.

EFFECT: invention provides higher quality of prediction of degree of severity of central hemodynamic system, ischemic process of heart, cerebrum and lower extremities.

R U 2 6 9 1 9 3 2 C 1

R U 2 6 9 1 9 3 2 C 1

Изобретение относится к области медицины и может быть использовано для диагностики, и терапии, в неврологии, кардиологии, сосудистой хирургии, экспертизе инвалидности, профессиональной пригодности.

5 Одной из проблем связанных с ведением ишемических больных является частое сочетание сосудистых поражений различных органов включая головной мозг, сердце и нижние конечности.

Основой взаимодействия ишемизированных органов являются процессы ишемического прекондиционирования или кратковременной гипоксии тканей, которые характеризуют защитную реакцию органов (сердце (С), головной мозг (ГМ), нижние  
10 конечности (НК)) в ответ на повторное ишемическое воздействие.

При этом современные подходы к анализу состояния ишемизированных больных основываются на представлении о краткосрочных воздействиях различного вида: нейрогенные, фармакологические, физические и т.д.

15 В тоже время наши наблюдения показывают, что патологические состояния сердца и сосудов, включая сосуды головного мозга и нижних конечностей сосуществуют длительно, приобретая хроническую взаимоотношающую связь. При этом нарушения регионарной гемодинамики определяют центральную, а изменения последней усугубляют состояние органов.

Такое течение хронических ишемических процессов требует разработки адекватных  
20 способов прогнозирования степени тяжести ишемического процесса, использование которых позволит повысить качество оказания медицинской помощи исследуемой категории пациентов.

Известен способ прогнозирования тяжести течения ишемической болезни сердца, (патент № 2462985, Ишмакова Римма Абдуловна (RU), Кастанаян Александр  
25 Алексианосович (RU), Карташова Елена Александровна (RU), Ярлова Екатерина Сергеевна (RU), Пироженко Анна Александровна (RU) публикация патента: 10.10.2012 , начало действия патента 23.06.2011) этот способ основан на проведении проб с физической нагрузкой на тредмиле и определении физиологических показателей, отличающийся тем, что до применения дозированной физической нагрузки пациенту  
30 измеряют частоту сердечных сокращений в минуту, проводят пробу с дозированной физической нагрузкой на тредмиле с применением протокола Брюса до достижения субмаксимальной частоты сердечных сокращений, составляющей 85% от максимальной, после окончания пробы определяют частоту сердечных сокращений в первую и вторую минуты восстановительного периода и вычисляют хронотропный показатель по формуле  
35 
$$\text{ХП} = (\text{ЧСС достигнутое} - \text{ЧСС покоя}) / [3/4 \times (220 - \text{возраст пациента}) - \text{ЧСС покоя}] + (\text{ЧСС достигнутое} - \text{ЧСС покоя}) / [17/20 \times (220 - \text{возраст пациента}) - \text{ЧСС покоя}] + (\text{ЧСС достигнутое} - \text{ЧСС1 восстановления}) + (\text{ЧСС достигнутое} - \text{ЧСС2 восстановления}),$$

где ХП - хронотропный показатель;

40 ЧСС достигнутое - максимально достигнутое число сердечных сокращений во время пробы с дозированной физической нагрузкой на тредмиле;

ЧСС покоя - число сердечных сокращений до применения пробы с дозированной физической нагрузкой на тредмиле;

возраст пациента - величина, указанная в годах;

45 ЧСС1 восстановления - число сердечных сокращений в первую минуту восстановительного периода при проведении пробы с дозированной физической нагрузкой на тредмиле;

ЧСС2 восстановления - число сердечных сокращений во вторую минуту восстановительного периода при проведении пробы с дозированной физической

нагрузкой на тредмиле, при этом, если значение  $XП \leq 35,6$  у пациента прогнозируют высокий риск сердечно-сосудистых событий, если значение  $XП > 35,6$ , прогнозируют низкий риск развития сердечно-сосудистых событий.

Однако известный способ не позволяет оценивать риск появления и развития ишемической болезни головного мозга и нижних конечностей и не позволяет дифференцировать различные степени тяжести состояния исследуемых органов, что снижает прогностическую ценность способа.

Кроме того использование этого способа не позволяет обеспечивать эффективное ведение больных с выбором рациональных схем профилактики и лечения исследуемой категории больных.

Известен способ оценки степени тяжести ишемии по активности изоферментов креатинфосфокиназы мозга методом эмпирических зависимостей. Оценка степени тяжести ишемии по активности изоферментов креатинфосфокиназы мозга методом эмпирических зависимостей / А.Н. Мошкова, Т.Ф. Сергеева, Е.М. Хватова, Н.П. Тежикова // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева №5 (102). – 326-366. – 2013.

В этом способе с использованием методов математического анализа получена зависимость активности цитоплазматической КФК от митохондриальной в группе интактных животных и в группе экспериментальных особей в виде нелинейных зависимостей:

$$y = 6,498x^3 - 7,4353x^2 + 3,5669x - 0,2232$$

$$y(x,t) = (-0,000004t^3 + 0,0038t^2 - 0,6407t + 19,729)x^3 + (0,000005t^3 -$$

$$-0,0044t^2 + 0,6909t - 16,436)x^2 + (-0,000002t^3 = 0,0017t^2 -$$

$$-0,25t + 4,8121)x + (0,0000002t^3 - 0,0002t^2 + 0,25t - 0,0209)$$

где,  $x$  – активность миКФК (Е/мг белка);  $y$  – активность цтКФК (Е/мг белка);  $t$  – время пребывания животных в состоянии ишемии, выраженное в часах.

Соответствие аппроксимирующих функций поставленной задаче доказывалось расчетом коэффициента детерминации  $R^2$ , который соответствовал величине 0,84–0,96. Величина  $R^2$ , близкая к 1, свидетельствовала о наличии тесной корреляционной связи между выбранными показателями, и предоставленные функции достаточно точно характеризовали зависимость между активностями выбранных показателей.

Прогностическая способность полученных моделей проверялась расчетом активности цтКФК по экспериментально установленной активности миКФК и сравнением полученного результата с дополнительно поставленными экспериментами (ишемия 18 ч и 14 дней).

Однако известный способ не позволяет оценивать риск появления и развития ишемической болезни сердца и нижних конечностей и не позволяет дифференцировать различные степени тяжести состояния исследуемых органов, что снижает прогностическую сущность способа.

Кроме того использование этого способа не позволяет обеспечивать эффективное ведение больных с выбором рациональных схем профилактики и лечения исследуемой категории больных.

Известен способ определения степени тяжести ишемии тканей нижних конечностей у больных с облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей. Патент №RU 2473082 Никитина Виктория Викторовна «Способ определения степени тяжести ишемии тканей нижних конечностей у больных с облитерирующим атеросклерозом

сосудов нижних конечностей» подача заявки: 2012-02-28. публикация патента: 20.01.2013  
 Этот способ заключается в том, что в сыворотке крови больного определяют фактор  
 роста эндотелия сосудов и моноцитарный хемотаксический белок-1, рассчитывают  
 отношение фактора роста эндотелия сосудов к моноцитарному хемотаксическому  
 белку-1 и при значении его 0,89-0,7 диагностируют I степень облитерирующего  
 атеросклероза сосудов нижних конечностей, при значении коэффициента 0,69-0,6 - II  
 степень, при значении коэффициента 0,59-0,5 - III степень, при значении коэффициента  
 меньше 0,5 диагностируют IV степень облитерирующего атеросклероза сосудов нижних  
 конечностей.

Однако известный способ не позволяет оценивать риск появления и развития  
 ишемической болезни головного мозга и сердца и не позволяет дифференцировать  
 различные степени тяжести состояния исследуемых органов, что снижает  
 прогностическую сущность способа.

Кроме того использование этого способа не позволяет обеспечивать эффективное  
 ведение больных с выбором рациональных схем профилактики и лечения исследуемой  
 категории больных.

В качестве ближайшего аналога принят способ прогнозирования степени тяжести  
 ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей, описанный в  
 работе Быков А.И., Устинов А.Г., Стародубцева Л.В. «Прогнозирование степени  
 тяжести ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей»  
 Доклады 12-ой международной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине  
 и экологии – ФРЭМЭ – 2016» Владимир – Суздаль, Россия, 2016 Книга 1 с 171-173.

Сущность этого способа состоит в том, что у обследуемого (пациента) определяется  
 следующий набор показателей. ЦГС-критерий оценки саморегуляции центральной  
 гемодинамической системы; ВС- время серегирования критической ишемии нижних  
 конечностей (в месяцах); ИБСНК- интенсивность болевого синдрома нижних  
 конечностей (в баллах); ИБСС- интенсивность болевого синдрома сердца (в баллах);  
 ИБСГМ- интенсивность болевого синдрома головного мозга (в баллах).

Параметр ЦГС определяется выражением:

$$ЦГС = \frac{САД + \frac{ЧСС}{\Delta АД}}{АЧТВ * [Ca^{2+}]} \quad (1)$$

**САД** - систолическое АД в данный момент времени (мм.рт.ст.);

**ЧСС** - число сердечных сокращений (количество ударов в минуту);

**ΔАД** - разница давления в настоящее время и 3 дня назад (мм.рт.ст);

**АЧТВ** - активное частичное тромбопластиновое время (в секундах);

**[Ca<sup>2+</sup>]** - концентрация Ca<sup>2+</sup> в крови, моль/л.

Показатели ИБСНК, ИБСС и ИБСГМ определяются по специально разработанным  
 таблицам (таблица 1, таблица 2 и таблица 3) путем суммирования баллов выбираемых  
 из соответствующих таблиц.

Таблица 1. Расчетная таблица для ИБСНК

<b>ДИ*</b> Признак	перв. 2 недели	1-3 мес.	3-7 мес.	8 и более мес.
-----------------------	----------------	----------	----------	----------------

1. Интенсивность болевого синдрома ( $x_1$ )	4	6	8	10
2. Отек конечностей ( $x_2$ )	3	4	5	7
3. Реактивная гиперемия ( $x_3$ )	1	2	3	4
4. Акроцианоз ( $x_4$ )	0	1	2	3
5. Трофическая язва ( $x_5$ )	0	0	1	2

Таблица 2. Расчетная таблица для ИБССС

<b>ДИ*</b> Признак	перв. 2 недели	1-й мес.	2-й мес.	3-7 мес.	8 и более мес.
1. Боли за грудиной ( $y_1$ )	4	6	7	8	10
2. Одышка ( $y_2$ )	3	3	4	5	6
3. Тахикордия, тахиастримия ( $y_3$ )	2	2	3	4	5
4. Ишемическое ремоделирование (ХСН, ОКС, ИМ) ( $y_4$ )	2	2	3	4	5
5. Кардиальный эмболический синдром ( $y_5$ )	0	1	2	3	4

Таблица 3. Расчетная таблица для ИБСГМ

<b>ДИ*</b> Признак	перв. 2 недели	1-3 мес.	3-7 мес.	8 и более мес.
1. Головная боль ( $z_1$ )	4	6	8	10
2. Головокружение ( $z_2$ )	3	4	5	6
3. Неустойчивость походки ( $z_3$ )	1	2	3	4
4. Характеристика зрения, памяти ( $z_4$ )	0	1	2	3
5. Когнитивная дисфункция ( $z_5$ )	0	1	2	3

\*Примечание: ДИ - динамическая изменчивость

Искомые показатели определяются по формулам:

$$ИБСИК = \sum_{i=1}^5 x_i; \quad ИБССС = \sum_{i=1}^5 y_i; \quad ИБСГМ = \sum_{i=1}^5 z_i; \quad (2)$$

Для оценки степени тяжести ишемического процесса выбранных органов был разработан алгоритм, табличная форма которого представлена таблицей 4.

Таблица 4. Алгоритм прогнозирования степени тяжести ишемического процесса

ФИП ПИП	Латентное			Реверсионное			Критическое		
	С	ГМ	НК	С	ГМ	НК	С	ГМ	НК
ЦГС	0.3-0.9	0.6-1.2	0.6-0.9	1-1.5	1.2-1.8	1-2.1	>1.5	>1.8	>2.2
Время существования КИНК (мес.)	1-3	2-5	2-4	2	2-6	1-3	6	7-10	6-12
ИБСНК (баллы)	14-20	12-16	10-14	20-22	18-20	16-18	>22	>20	>20
ИБСС (баллы)	16-18	10-12	12-15	20-22	12-16	18	>24	>18	>20
ИБСГМ (баллы)	18-20	15-18	>20	18-22	16-20	16-24	>22	>20	>24

Примечание ФИП – формы ишемического прекордионирования; ПИП-параметры ишемического прекондионирования

Решение принимается по простому алгоритму. Определяется колонка в которой все признаки удовлетворяют записанным значениям.

Недостатки данного метода прогнозирования обусловлены следующими обстоятельствами:

1) Произведенные статистические исследования показали, что формула расчета ЦГС (1) обладает низкими показателями чувствительности и специфичности по отношению



к выделяемым степеням тяжести ишемического процесса для всех исследуемых органов, что снижает качество принимаемых решений.

2) предлагаемые в работе балльные оценки промежуточных и итоговой решающей таблиц определены ограниченным числом экспертов одного региона, что делает оценки субъективными. Их достоверность не подтверждена математическим моделированием или статистическим испытанием, что снижает точность прогноза по всем степеням тяжести;

3) выбранный четкий алгоритм принятия решений не соответствует физиологической сущности решаемой задачи, что делает актуальной проблему выбора адекватной математической модели прогнозирования, обеспечивающей повышение точности прогноза.

На последнее обстоятельство в своих выводах указывают авторы описываемого метода.

Технической задачей предлагаемого способа является повышение качества прогнозирования степени тяжести центральной гемодинамической системы, ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей.

Это достигается тем, что в способе прогнозирования степени тяжести ишемического поражения центральной гемодинамической системы сердца, головного мозга и нижних конечностей общепризнанными методами производится измерение систолического артериального давления САД 1, через три дня производится повторное измерение систолического артериального давления САД и частота сердечных сокращений ЧСС. Определяется разница давлений  $\Delta AD$  по формуле  $\Delta AD = САД - САД 1$ . Методами лабораторного анализа определяется концентрация кальция в крови  $[Ca^{2+}]$  и оценивается частичное активное тромбопластиновое время.

Сущность изобретения поясняется чертежами.

На фиг. 1 приведены графики функций принадлежности к степеням тяжести ишемического процесса ЦГС с базовой переменной.

На фиг. 2 показан график функции степени тяжести ишемического процесса ЦГС.

На фиг. 3 показаны функции уровня тяжести ишемического процесса в сердце: а)  $-f_c(x_1)$ ; б)  $-f_c(x_2)$ ; в)  $f_c(x_3)$ ; г)  $f_c(x_4)$ .

На фиг. 4. показаны функции принадлежности к степени тяжести ишемического процесса в сердце.

На фиг. 5 показаны функции уровня тяжести ишемического процесса головного мозга: а)  $-f_m(Y_1)$ ; б)  $-f_m(Y_2)$ ; в)  $-f_m(Y_3)$ .

На фиг. 6 показаны функции принадлежности к степени тяжести ишемического процесса головного мозга.

На фиг. 7 показаны функции уровня тяжести ишемического процесса нижних конечностей: а)  $-f_k(q_1)$ ; б)  $-f_k(q_2)$ ; в)  $-f_k(q_3)$ .

На фиг. 8 показаны функции принадлежности к степеням тяжести ишемии нижних конечностей.

Показатель ЦГС определяется выражением:

$$ЦГС = \frac{САД [Ca^{2+}] \cdot ЧСС}{30000} + 10 \frac{\Delta AD}{АЧТВ} \quad (3)$$

С использованием интерактивных процедур сочетающих технологию экспертного оценивания Делфи и процедур минимизирующих прогностические ошибки определяются функции принадлежности к степеням тяжести ишемического поражения центральной

гемодинамической системы (ЦГС). Выделяются четыре класса степени тяжести: норма (н); латентное (л); реверсивное (р); критическое (к). Методики построения функций принадлежности и способы их агрегации в прогностические и диагностические решающие правила подробно описаны в работах: Корневский Н.А. Оценка и управление состоянием здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий: монография / Н.А. Корневский, А.Н. Шуткин, С.А. Горбатенко, В.И. Серебровский. – Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 472 с.; Корневский, Н.А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем. Медицинская техника. – 2015. - №1(289). – С. 33-35.; Корневский, Н.А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем. Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2013. - №2. – С.99-103.

Формулы для расчета этой группы функций принадлежности имеют вид :

$$\mu_n(Z) = \begin{cases} 0,9, & \text{если } Z < 8; \\ -0,3Z + 3,3, & \text{если } 8 \leq Z < 11; \\ 0, & \text{если } Z \geq 11 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_l(Z) = \begin{cases} 0, & \text{если } Z < 8; \\ 0,3Z - 2,4, & \text{если } 8 \leq Z < 11; \\ 0,9, & \text{если } 11 \leq Z < 13; \\ -0,45Z + 5,85, & \text{если } 13 \leq Z < 15; \\ 0, & \text{если } Z \geq 15 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_p(Z) = \begin{cases} 0, & \text{если } Z < 13; \\ +0,45Z - 5,85, & \text{если } 13 \leq Z < 15; \\ 0,9, & \text{если } 15 \leq Z < 19; \\ -0,45Z + 9,45, & \text{если } 19 \leq Z < 21; \\ 0, & \text{если } Z \geq 21 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_k(Z) = \begin{cases} 0, & \text{если } Z < 19; \\ 0,45Z - 8,55, & \text{если } 19 \leq Z < 21; \\ 0, & \text{если } Z \geq 21 \end{cases} \quad (7)$$

В формулах (4),..., (7) переменная Z (фиг. 1) определяет показатель ЦГС ( $Z = \text{ЦГС}$ ). Решение о степени тяжести ишемического процесса ЦГС определяется по максимальной величине соответствующих функций принадлежности  $ST_Z = \max\{\mu_n(Z), \mu_l(Z), \mu_p(Z), \mu_k(Z)\}$  (8)

Региональная гемодинамика сердца определяется как состоянием центральной гемодинамики, так и специфическими признаками характеризующими работу самого сердца. Для оценки степени тяжести ишемического процесса (фиг. 2) в сердце

определяется функция степени тяжести ишемического процесса ЦГС  $f_z(\text{ЦГС})$  и функция степени тяжести ишемического процесса в сердце  $f_c(U_c)$ .

Аналитически график  $f_z(\text{ЦГС})$  имеет вид

$$f_z(\text{ЦГС}) = \begin{cases} 0, & \text{если } \text{ЦГС} < 8 \\ 0,07 \text{ ЦГС} - 0,55, & \text{или } 8 \leq \text{ЦГС} < 21 \\ 0,9, & \text{если } \text{ЦГС} \geq 21 \end{cases}$$

Для оценки региональной гемодинамики сердца общепринятыми методами осуществляются регистрация ЭКГ и лабораторный анализ крови в ходе которых определяются показатели:  $X_1$  – амплитуда Т зубца;  $X_2$  – смещение сегмента ST относительно изолинии;  $X_3$  – концентрация креатинфосфокиназы;  $X_4$  – концентрация тропанит Т.

С использованием интерактивных процедур сочетающих технологию экспертного оценивания Делфи и процедур минимизирующих прогностические ошибки определяются функции уровня тяжести  $f_c(X_i)$  ишемического процесса в сердце с такой же областью определения как и функции принадлежности. На фиг. 3 приведены графики функций уровня тяжести с базовыми переменными  $X_1, \dots, X_4$ .

Аналитически графики функций уровня тяжести  $f_c(x_i)$  описываются выражениями

$$f_c(X_1) = \begin{cases} 0,15, & \text{если } X_1 < -3 \\ -0,05X_1 & \text{если } -3 \leq X_1 < 0 \\ 0, & \text{если } 0 \leq X_1 < 3 \\ 0,02X_1 - 0,06, & \text{если } 3 \leq X_1 < 6 \\ 0,06, & \text{если } X_1 \geq 6 \end{cases}$$

$$f_c(X_2) = \begin{cases} 0,2, & \text{если } X_2 < -2 \\ -0,125X_2 & \text{если } -2 \leq X_2 < 0 \\ 0,19X_2, & \text{если } 0 \leq X_2 < 1 \\ 0,19 & \text{если } X_2 \geq 1 \end{cases}$$

$$f_c(X_3) = \begin{cases} 0 & \text{если } X_3 < 180 \\ 0,0011X_3 - 0,2 & \text{если } 180 \leq X_3 < 400 \\ 0,25, & \text{если } X_3 \geq 400 \end{cases}$$

$$f_c(X_4) = \begin{cases} 0, & \text{если } X_4 < 0,1 \\ 0,3 \frac{(X_4 - 0,1)^2}{24} & \text{если } 0,1 \leq X_4 < 2,5 \\ 0,15 \left[ 1 - 2 \frac{(X_4 - 5)^2}{24} \right], & \text{если } 2,5 \leq X_4 < 5 \\ 0,15, & \text{если } X_4 \geq 5 \end{cases}$$

Интегральный уровень тяжести ишемического процесса в сердце определяется накопительной формулой вида:

$$U_c(i+1) = U_c(i) + f_c(X_{i+1})[1 - U_c(i)], \quad (9)$$

Где  $U_c(1) = f_c(X_1)$

С учетом степени тяжести ишемического процесса центральной гемодинамики финальная степень тяжести ишемического процесса в сердце определяется выражением

$$ST_c = f_z(\text{ЦГС}) + U_c[1 - f_z(\text{ЦГС})], \quad (10)$$

Для детальной классификации степени тяжести ишемического процесса в сердце, аналогично ЦГС выводятся четыре функции принадлежности: к нормальному состоянию  $\mu_n(ST_c)$ ; к латентному состоянию  $\mu_l(ST_c)$ ; к реверсивному состоянию  $\mu_p(ST_c)$  и критическому состоянию  $\mu_k(ST_c)$  фиг. 4.

Аналитически выражения функций принадлежности  $\mu_r(ST_c)$  имеют вид:

$$\mu_n(ST_c) = \begin{cases} -0,95, & \text{если } ST_c < 0,3 \\ -9,5ST_c + 3,8, & \text{если } 0,3 \leq ST_c < 0,4 \\ 0, & \text{если } ST_c \geq 0,4 \end{cases}$$

$$\mu_l(ST_c) = \begin{cases} 0, & \text{если } ST_c < 0,3 \\ 9,5ST_c - 2,85, & \text{если } 0,3 \leq ST_c < 0,4 \\ 0,95, & \text{если } 0,4 \leq ST_c < 0,5 \\ -9,5ST_c + 5,7, & \text{если } 0,5 \leq ST_c < 0,6 \\ 0, & \text{если } ST_c \geq 0,6 \end{cases}$$

$$\mu_p(ST_c) = \begin{cases} 0, & \text{если } ST_c < 0,5 \\ 9,5ST_c - 4,75, & \text{если } 0,5 \leq ST_c < 0,6 \\ 0,95, & \text{если } 0,6 \leq ST_c < 0,8 \\ -9,5ST_c + 8,55, & \text{если } 0,8 \leq ST_c < 0,9 \\ 0, & \text{если } ST_c \geq 0,9 \end{cases}$$

$$\mu_{\kappa}(ST_c) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0,8 < ST_c \\ 9,5ST_c - 7,6, & \text{если } 0,8 \leq ST_c < 0,9 \\ 0,95, & \text{если } ST_c \geq 0,9 \end{cases}$$

Выбор конкретного класса состояний (степени тяжести) осуществляется по максимальному значению соответствующих функций принадлежности:

$$ST_{cr} = \max\{\mu_n(ST_c), \mu_{\lambda}(ST_c), \mu_p(ST_c), \mu_{\kappa}(ST_c)\} \quad (11)$$

В случае двух ненулевых функций принадлежности врачу сообщается о величине уверенности (по величинам  $\mu_r(ST_c)$ ) в обоих классах, что позволяет более гибко формировать схемы профилактики и лечения.

Для оценки региональной гемодинамики головного мозга общеизвестными методами ультразвуковой томографии определяются показатели:  $Y_1$  – пиковая систолическая скорость кровотока (ПССК) ВСА;

$Y_2$  – ПССК ПА;  $Y_3$  – ПССК СМА;

Аналогично сердцу строятся графики функций уровня тяжести  $f_M(Y_i)$  ишемического процесса головного мозга для каждого из признаков  $Y_i$  (фиг.5).

Аналитически графики функций уровня тяжести  $f_M(Y_i)$  определяются выражениями:

$$f_M(Y_1) = \begin{cases} 0,15, & \text{если } 60 < Y_1 \\ -0,0025Y_1 + 0,3 & \text{если } 60 \leq Y_1 < 120 \\ 0,0018Y_1 - 0,218, & \text{если } 120 \leq Y_1 < 230 \\ 0,2 & \text{если } Y_1 \geq 230 \end{cases}$$

$$f_M(Y_2) = \begin{cases} 0,15, & \text{если } 70 < Y_2 \\ 0,0021Y_2 - 0,3, & \text{если } 70 \leq Y_2 < 140 \\ 0,0029Y_2 - 0,4, & \text{если } 140 \leq Y_2 < 210 \\ 0,2, & \text{если } Y_2 \geq 210 \end{cases}$$

$$f_M(Y_3) = \begin{cases} 0,15, & \text{если } 20 < Y_1 \\ -0,0011Y_3 + 0,172, & \text{если } 20 \leq Y_2 < 155 \\ 0,0031Y_3 - 0,477, & \text{если } 155 \leq Y_2 < 220 \\ 0,2, & \text{если } Y_2 \geq 220 \end{cases}$$

Интегральный уровень тяжести ишемического процесса головного мозга определяется накопительной функцией вида:

$$U_M(i+1) = U_M(i) + f_M(Y_{i+1})[1 - U_r(i)], \quad (12)$$

Где

$$U_M(1) = f_M(Y_1).$$

Степень тяжести ишемических процессов головного мозга с учетом гемодинамики ЦГС определяется выражением вида:

$$ST_M = f_Z(ЦГС) + U_M \cdot [1 - f_Z(ЦГС)] \quad (13)$$

Графики соответствующих функций принадлежности к степеням тяжести ишемии головного мозга приведены на фиг. 6.

Аналитически графики функций принадлежности  $\mu_r(ST_M)$  описывается выражениями:

$$\mu_n(ST_M) = \begin{cases} 0,95, & \text{если } ST_M < 0,3 \\ -9,5ST_M + 3,8, & \text{если } 0,3 \leq ST_M < 0,4 \\ 0, & \text{если } ST_M \geq 0,4 \end{cases}$$

$$\mu_{л}(ST_M) = \begin{cases} 0, & \text{если } ST_M < 0,3 \\ 9,5ST_M - 2,85, & \text{если } 0,3 \leq ST_M < 0,4 \\ 0,95, & \text{если } 0,4 \leq ST_M < 0,5 \\ -9,5ST_M + 5,7, & \text{если } 0,5 \leq ST_M < 0,6 \\ 0, & \text{если } ST_M \geq 0,6 \end{cases}$$

$$\mu_p(ST_M) = \begin{cases} 0, & \text{если } ST_M < 0,5 \\ 9,5ST_M - 4,75, & \text{если } 0,5 \leq ST_M < 0,6 \\ 0,95, & \text{если } 0,6 \leq ST_M < 0,7 \\ -9,5ST_M + 7,6, & \text{если } 0,7 \leq ST_M < 0,8 \\ 0, & \text{если } ST_M \geq 0,8 \end{cases}$$

$$\mu_k(ST_M) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0,7 < ST_M \\ 9,5ST_M - 6,65, & \text{если } 0,7 \leq ST_M < 0,8 \\ 0,95, & \text{если } ST_M \geq 0,8 \end{cases}$$

Решение о классификации принимается по выражению:

$$ST_{Mr} = \max\{\mu_n(ST_M), \mu_{л}(ST_M), \mu_p(ST_M), \mu_k(ST_M)\} \quad (14)$$

Для оценки региональной гемодинамики нижних конечностей общепринятыми в медицине методами определяются показатели:

$q_1$  – лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ);

$q_2$  – пальцево-плечевой индекс (ППИ);

$q_3$  – ЛПИ Тредмил-тест.

Аналогично сердцу строятся графики функций уровня тяжести  $f_k(q_i)$  ишемического процесса нижних конечностей для каждого из признаков  $q_i$  (фиг. 7)

Аналитически графики функций уровня тяжести описываются выражениями:

$$\begin{aligned}
 f_x(q_1) &= \begin{cases} 0,25, & \text{если } q_1 < 0,4 \\ 0,25 \left[ 1 - 2 \frac{(q_1 - 0,4)^2}{0,16} \right] & \text{если } 0,4 \leq q_1 < 0,6 \\ 0,25 \frac{(q_1 - 0,8)^2}{0,16}, & \text{если } 0,6 \leq q_1 < 0,8 \\ 0, & \text{если } q_1 \geq 0,8 \end{cases} \\
 f_k(q_2) &= \begin{cases} 0,25, & \text{если } 0,2 < q_2 \\ -1,25q_2 + 0,5, & \text{если } 0,2 \leq q_2 < 0,4 \\ 0, & \text{если } q_2 \geq 0,4 \end{cases} \\
 f_k(q_3) &= \begin{cases} 0, & \text{если } 0,1 < q_3 \\ 0,4 \frac{(q_3 - 0,1)^2}{396}, & \text{если } 0,1 \leq q_3 < 10 \\ 0,2 \left[ 1 - 2 \frac{(q_3 - 20)^2}{396} \right], & \text{если } 10 \leq q_3 < 20 \\ 0,2, & \text{если } q_3 \geq 20 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Интегральный уровень тяжести ишемического процесса головного мозга определяется формулой:

$$U_k(i+1) = U_k(i) + f_k(q_{i+1})[1 - U_k(i)], \quad (15)$$

где  $U_k(1) = f_k(q_1)$ .

Степень тяжести ишемического процесса нижних конечностей с учетом гемодинамики ЦГС определяется выражением:

$$ST_k = f_z(\text{ЦГС}) + U_k \cdot [1 - f_z(\text{ЦГС})] \quad (16)$$

Графики соответствующих функций принадлежности степеней тяжести нижних конечностей приведен на фиг. 8.

Аналитически графики функций принадлежности  $\mu_r(ST_k)$  определяются выражениями:

$$\mu_r(ST_k) = \begin{cases} 0,95, & \text{если } ST_k < 0,2 \\ -9,5ST_k + 2,85, & \text{если } 0,2 \leq ST_k < 0,3 \\ 0, & \text{если } ST_k \geq 0,3 \end{cases}$$

$$\mu_n(ST_k) = \begin{cases} 0, & \text{если } ST_k < 0,2 \\ 9,5ST_k - 1,9, & \text{если } 0,2 \leq ST_k < 0,3 \\ 0,95, & \text{если } 0,3 \leq ST_k < 0,4 \\ -9,5ST_k + 4,75, & \text{если } 0,4 \leq ST_k < 0,5 \\ 0, & \text{если } ST_k \geq 0,5 \end{cases}$$

$$\mu_p(ST_k) = \begin{cases} 0, & \text{если } ST_k < 0,4 \\ 9,5ST_k - 3,8, & \text{если } 0,4 \leq ST_k < 0,5 \\ 0,95, & \text{если } 0,5 \leq ST_k < 0,6 \\ -9,5ST_k + 6,65, & \text{если } 0,6 \leq ST_k < 0,7 \\ 0, & \text{если } ST_k \geq 0,7 \end{cases}$$

$$\mu_k(ST_k) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0,6 < ST_k \\ 9,5ST_k - 5,7, & \text{если } 0,6 \leq ST_k < 0,7 \\ 0,95, & \text{если } ST_k \geq 0,7 \end{cases}$$

Решение о классификации принимается по выражению:

$$ST_{кр} = \max\{\mu_n(ST_k), \mu_d(ST_k), \mu_p(ST_k), \mu_k(ST_k)\} \quad (17)$$

Конкретные примеры реализации способа:

Пациент А:

САД=120;	X <sub>1</sub> =7мм;	Y <sub>1</sub> =180м/с;	q <sub>1</sub> =0,5;
ЧСС=75;	X <sub>2</sub> =2мм;	Y <sub>2</sub> =175м/с;	q <sub>2</sub> =0,3;
ДАД=25;	X <sub>3</sub> =320ед/л;	Y <sub>3</sub> =150м/с;	q <sub>3</sub> =15%;
АЧТВ=38,5;	X <sub>4</sub> =3,5мкг/л;		

$$[Ca^{2+}] = 2,0;$$

Рассчитываемые показатели:

ЦГС=7,2;	f <sub>2</sub> (ЦГС)=0;	U <sub>c</sub> =0,44;	ST <sub>c</sub> =0,44
		U <sub>m</sub> =0,21;	ST <sub>m</sub> =0,21
		U <sub>k</sub> =0,45;	ST <sub>k</sub> =0,45

Вывод: пациент А по показателю ЦГС находится в норме; по сердцу – в латентном состоянии; по головному мозгу – в норме; по нижним конечностям – между латентным и реверсивным состоянием

$$(\mu_d(ST_k) = \mu_p(ST_k) = 0,445).$$

Пациент Б:

САД=150;	X <sub>1</sub> =6мм;	Y <sub>1</sub> =190м/с;	q <sub>1</sub> =0,5;
ЧСС=85;	X <sub>2</sub> =2мм;	Y <sub>2</sub> =180м/с;	q <sub>2</sub> =0,2;



$\Delta A Д=35;$	$X_3=360 \text{ед/л};$	$Y_3=170 \text{м/с};$	$q_3=21;$
$A ЧТВ=33,5;$	$X_4=4 \text{мкг/л};$		

$$[Ca^{2+}] = 2,1;$$

Расчитываемые показатели:

$ЦГС=12,63;$	$f_z(ЦГС)=0,33;$
$U_c=0,5;$	$ST_c=0,665$
$U_M=0,27;$	$ST_M=0,51$
$U_K=0,53;$	$ST_K=0,68$

Вывод: у пациента Б по показателю ЦГС латентное состояние; сердце в реверсивном состоянии; головной мозг в латентном состоянии и нижние конечности с уверенностью 0,68 в критическом состоянии и с уверенностью 0,19 в реверсивном состоянии

Пациент В:

$САД=170;$	$X_1=5 \text{мм};$	$Y_1=115 \text{м/с};$	$q_1=0,6;$
$ЧСС=120;$	$X_2=1 \text{мм};$	$Y_2=135 \text{м/с};$	$q_2=0,1;$
$\Delta A Д=45;$	$X_3=320 \text{ед/л};$	$Y_3=150 \text{м/с};$	$q_3=10;$
$A ЧТВ=31;$	$X_4=3 \text{мкг/л};$		

$$[Ca^{2+}] = 2,0;$$

Расчитываемые показатели:

$ЦГС=16,03;$	$f_z(ЦГС)=0,57;$
$U_c=0,41;$	$ST_c=0,74$
$U_M=0,04;$	$ST_M=0,75$
$U_K=0,43;$	$ST_K=0,75$

Вывод: у пациента ЦГС находится в реверсивном состоянии; сердце в реверсивном состоянии; головной мозг в реверсивном состоянии и нижние конечности в реверсивном состоянии.

### (57) Формула изобретения

1. Способ прогнозирования степени тяжести ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей на основе оценки центральной и региональной гемодинамики органов, заключающийся в том, что измеряются систолическое артериальное давление в данный момент времени (САД), частота сердечных сокращений (ЧСС), разница систолического и артериального давления в настоящее время и три дня назад ( $\Delta A Д$ ), активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ) и концентрация  $Ca^{2+}$  в крови  $[Ca^{2+}]$ , отличающийся тем, что критерий оценки саморегуляции центральной гемодинамической системы  $Z$  определяется по формуле

$$Z = \frac{САД[Ca^{2+}] \cdot ЧСС}{30000} + 10 \frac{\Delta A Д}{A ЧТВ},$$

при этом параметр  $Z$  используется как базовая переменная, на которой определяются функции принадлежности  $\mu_r(Z)$ , определяющие уверенность в классификации степени тяжести ишемического процесса центральной гемодинамической системы, причем

выделяются четыре класса, характеризующих степень тяжести  $\Gamma$ :  $\Gamma=n$  – норма;  $\Gamma=l$  – латентное состояние;  $\Gamma=p$  – реверсивное состояние;  $\Gamma=k$  – критическое состояние, пациент относится к тому классу степени тяжести ишемического процесса центральной гемодинамической системы, функция принадлежности которого максимальна, по величине  $Z$  определяется функция степени тяжести ишемического процесса центральной гемодинамической системы  $f_z(Z)$ , определяются интегральные уровни тяжести ишемического процесса в сердце  $U_c$ , головном мозге  $U_m$  и нижних конечностях  $U_k$ , по которым, с учетом состояния центральной гемодинамической системы, степень тяжести ишемического процесса для сердца  $ST_c$ , для головного мозга  $ST_m$  и нижних конечностей  $ST_k$  определяются выражениями:

$$ST_c = f_z(Z) + U_c \cdot [1 - f_z(Z)]$$

$$ST_m = f_z(Z) + U_m \cdot [1 - f_z(Z)]$$

$$ST_k = f_z(Z) + U_k \cdot [1 - f_z(Z)],$$

на шкалах  $ST_c$ ,  $ST_m$  и  $ST_k$  определяются функции принадлежности к тем же классам степени тяжести, что и для центральной гемодинамической системы – для сердца  $\mu_r(ST_c)$ , для головного мозга  $\mu_r(ST_m)$ , для нижних конечностей  $\mu_r(ST_k)$ ,  $\Gamma=n, l, p, k$ , и по каждому органу степень тяжести определяется по максимальной величине соответствующих функций принадлежности.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что функция степени тяжести ишемического процесса центральной гемодинамической системы определяется выражением

$$f_z(Z) = \begin{cases} 0, & \text{если } Z < 8; \\ 0.07Z - 0.55, & \text{если } 8 \leq Z \leq 21; \\ 0.9, & \text{если } Z \geq 21. \end{cases}$$

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что уровень тяжести ишемического процесса в сердце  $U_c$  определяется по таким признакам  $X_i$ , как:  $X_1$  – амплитуда Т зубца;  $X_2$  – смещение сегмента ST относительно изолинии;  $X_3$  – концентрация креатинфосфокиназы;  $X_4$  – концентрация тропанит Т, по каждому из которых определяются частные функции уровня тяжести  $f_c(X_i)$ , а  $U_c$  определяется интеграционным выражением вида:

$$U_c(i+1) = U_c(i) + f_c(X_{i+1})[1 + U_c(i)],$$

где  $U_c(1) = f_c(X_1)$ .

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что уровень тяжести ишемического процесса головного мозга  $U_m$  определяется по таким признакам  $Y_i$ , как:  $Y_1$  – пиковая систолическая скорость кровотока ВСА;  $Y_2$  – пиковая систолическая скорость кровотока ПА;  $Y_3$  – пиковая систолическая скорость кровотока СМА, по каждому из которых определяются частные функции уровня тяжести  $f_m(Y_i)$ , а  $U_m$  определяется интерационным выражением вида:

$$U_m(i+1) = U_m(i) + f_m(Y_{i+1})[1 - U_m(i)],$$

где  $U_m(1) = f_m(Y_1)$ .

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что уровень тяжести ишемического процесса

нижних конечностей  $U_K$  определяется по таким показателям, как:  $q_1$  – лодыжечно-плечевой индекс;  $q_2$  – пальцево-плечевой индекс;  $q_3$  – лодыжечно-плечевой индекс Трембол – тест, по каждому из которых определяются частные функции уровня тяжести  $f_K(q_i)$ , а  $U_K$  определяется итерационным выражением вида:

$$U_K(i+1) = U_K(i) + f_K(q_{i+1})[1 + U_K(i)],$$

где  $U_K(1) = f_K(q_1)$ .

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что функции принадлежности  $\mu_i(Z)$  определяются выражениями:

$$\mu_n(Z) = \begin{cases} 0,9, & \text{если } Z < 8; \\ -0,3Z + 3,3, & \text{если } 8 \leq Z < 11; \\ 0, & \text{если } Z \geq 11 \end{cases}$$

$$\mu_m(Z) = \begin{cases} 0, & \text{если } Z < 8; \\ -0,3Z - 2,4, & \text{если } 8 \leq Z < 11; \\ 0,9, & \text{если } 11 \leq Z < 13; \\ -0,45Z + 5,85, & \text{если } 13 \leq Z < 15; \\ 0, & \text{если } Z \geq 15 \end{cases}$$

$$\mu_p(Z) = \begin{cases} 0, & \text{если } Z < 13; \\ 0,45Z - 5,85, & \text{если } 13 \leq Z < 15; \\ 0,9, & \text{если } 15 \leq Z < 19; \\ -0,45Z + 9,45, & \text{если } 19 \leq Z < 21; \\ 0, & \text{если } Z \geq 21 \end{cases}$$

$$\mu_k(Z) = \begin{cases} 0, & \text{если } Z < 19; \\ 0,45Z - 8,55, & \text{если } 19 \leq Z < 21; \\ 0, & \text{если } Z \geq 21 \end{cases}$$

7. Способ по п.3, отличающийся тем, что частные функции уровня тяжести  $f_c(X_i)$  определяются выражениями:

$$f_c(X_1) = \begin{cases} 0,15, & \text{если } X_1 < -3; \\ -0,05X_1, & \text{если } -3 \leq X_1 < 0; \\ 0, & \text{если } 0 \leq X_1 < 3; \\ 0,02X_1 - 0,06, & \text{если } 3 \leq X_1 < 6; \\ 0,06, & \text{если } X_1 \geq 6 \end{cases}$$

$$f_c(X_2) = \begin{cases} 0,15, & \text{если } X_2 < -2 \\ -0,125X_2, & \text{если } -2 > X_2 < 0 \\ 0,19X_2, & \text{если } 0 \leq X_2 < 1 \\ 0,19, & \text{если } X_2 \geq 1 \end{cases}$$

$$f_c(X_3) = \begin{cases} 0, & \text{если } X_3 < 180 \\ 0,011X_3 - 0,2, & \text{если } 180 \leq X_3 < 400 \\ 0,25, & \text{если } X_3 \geq 400 \end{cases}$$

5

$$f_c(X_4) = \begin{cases} 0, & \text{если } X_4 < 0,1 \\ 0,3 \frac{(X_4 - 0,1)^2}{24}, & \text{если } 0,1 > X_4 < 2, \\ 0,15 \left[ 1 - 2 \frac{(X_4 - 5)^2}{24} \right], & \text{если } 2,5 \leq X_4 < 5 \\ 0,15, & \text{если } X_4 \geq 5 \end{cases}$$

10

8. Способ по п.4, отличающийся тем, что частные функции уровня тяжести  $f_M(Y_i)$  определяются выражениями:

15

$$f_M(Y_1) = \begin{cases} 0,15, & \text{если } 60 < Y_1 \\ -0,0025Y_1 + 0,3, & \text{если } 60 \leq Y_1 < 120 \\ 0,0018Y_1 - 0,218, & \text{если } 120 \leq Y_1 < 230 \\ 0,2, & \text{если } Y_1 \geq 230 \end{cases}$$

20

$$f_M(Y_2) = \begin{cases} 0,15, & \text{если } 70 < Y_2 \\ 0,0021Y_2 - 0,3, & \text{если } 70 > Y_2 < 140 \\ 0,0029Y_2 - 0,4, & \text{если } 140 \leq Y_2 < 210 \\ 0,2, & \text{если } Y_2 \geq 210 \end{cases}$$

25

$$f_M(Y_3) = \begin{cases} 0,15, & \text{если } 60 < Y_3 \\ -0,0011Y_3 + 0,172, & \text{если } 20 \leq Y_3 < 155 \\ 0,0031Y_3 - 0,477, & \text{если } 155 \leq Y_3 < 220 \\ 0,2, & \text{если } Y_3 \geq 220 \end{cases}$$

30

9. Способ по п.5, отличающийся тем, что частные функции уровня тяжести  $f_k(q_i)$  определяются выражениями:

35

$$f_x(q_1) = \begin{cases} 0,25, & \text{если } q_1 < 0,4 \\ 0,25 \left[ 1 - 2 \frac{(q_1 - 0,4)^2}{0,16} \right], & \text{если } 0,4 \leq q_1 < 0,6 \\ 0,25 \frac{(q_1 - 0,8)^2}{0,16}, & \text{если } 0,6 \leq q_1 < 0,8 \\ 0, & \text{если } q_1 \geq 0,8 \end{cases}$$

40

$$f_x(q_2) = \begin{cases} 0,25, & \text{если } 0,2 < q_2 \\ -1,25q_2 + 0,5, & \text{если } 0,2 \leq q_2 < 0,4 \\ 0, & \text{если } q_2 \geq 0,4 \end{cases}$$

45

$$f_x(q_3) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0,1 < q_3 \\ 0,4 \frac{(q_3 - 0,1)^2}{396}, & \text{если } 0,1 \leq q_3 < 10 \\ 0,2 \left[ 1 - 2 \frac{(q_3 - 20)^2}{396} \right], & \text{если } 10 \leq q_3 < 20 \\ 0,2, & \text{если } q_3 \geq 20 \end{cases}$$

10. Способ по п.1, отличающийся тем, что функции принадлежности  $\mu_r(ST_t)$ , где  $r =$   
 10 н, л, р, к, а  $t$  – исследуемые органы (с – сердце, м – головной мозг, к – нижние конечности)  
 определяются выражениями:

$$\mu_n(ST_c) = \begin{cases} -0,95, & \text{если } ST_c < 0,3 \\ -9,5ST_c + 3,8, & \text{если } 0,3 \leq ST_c < 0,4 \\ 0, & \text{если } ST_c \geq 0,4 \end{cases}$$

$$\mu_x(ST_c) = \begin{cases} 0, & \text{если } ST_c < 0,3 \\ 9,5ST_c - 2,85, & \text{если } 0,3 \leq ST_c < 0,4 \\ 0,95, & \text{если } 0,4 \leq ST_c < 0,5 \\ -9,5ST_c + 5,7, & \text{если } 0,5 \leq ST_c < 0,6 \\ 0, & \text{если } ST_c \geq 0,6 \end{cases}$$

$$\mu_p(ST_c) = \begin{cases} 0, & \text{если } ST_c < 0,5 \\ 9,5ST_c - 4,75, & \text{если } 0,5 \leq ST_c < 0,6 \\ 0,95, & \text{если } 0,6 \leq ST_c < 0,8 \\ -9,5ST_c + 8,55, & \text{если } 0,8 \leq ST_c < 0,9 \\ 0, & \text{если } ST_c \geq 0,9 \end{cases}$$

$$\mu_k(ST_c) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0,8 < ST_c; \\ 9,5ST_c - 7,6, & \text{если } 0,8 \leq ST_c < 0,9; \\ 0,95, & \text{если } ST_c \geq 0,9 \end{cases}$$

$$\mu_n(ST_M) = \begin{cases} 0,95, & \text{если } ST_M < 0,3; \\ -9,5ST_M + 3,8, & \text{если } 0,3 \leq ST_M < 0,4; \\ 0, & \text{если } ST_M \geq 0,4 \end{cases}$$

$$\mu_x(ST_M) = \begin{cases} 0, & \text{если } ST_M < 0,3; \\ 9,5ST_M - 2,85, & \text{если } 0,3 \leq ST_M < 0,4; \\ 0,95, & \text{если } 0,4 \leq ST_M < 0,5; \\ -9,5ST_M + 5,7, & \text{если } 0,5 \leq ST_M < 0,6; \\ 0, & \text{если } ST_M \geq 0,6 \end{cases}$$

$$5 \quad \mu_p(ST_M) = \begin{cases} 0, & \text{если } ST_M < 0,5; \\ 9,5ST_M - 4,75, & \text{если } 0,5 \leq ST_M < 0,6; \\ 0,95, & \text{если } 0,6 \leq ST_M < 0,7; \\ -9,5ST_M + 7,6, & \text{если } 0,7 \leq ST_M < 0,8; \\ 0, & \text{если } ST_M \geq 0,8 \end{cases}$$

$$10 \quad \mu_x(ST_M) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0,7 < ST_M; \\ 9,5ST_M - 6,65, & \text{если } 0,7 \leq ST_M < 0,8; \\ 0,95, & \text{если } ST_M \geq 0,8 \end{cases}$$

$$15 \quad \mu_n(ST_K) = \begin{cases} 0,95, & \text{если } ST_K < 0,2; \\ -9,5ST_K + 2,85, & \text{если } 0,2 \leq ST_K < 0,3; \\ 0, & \text{если } ST_K \geq 0,3 \end{cases}$$

$$20 \quad \mu_n(ST_K) = \begin{cases} 0, & \text{если } ST_K < 0,2; \\ 9,5ST_K - 1,9, & \text{если } 0,2 \leq ST_K < 0,3; \\ 0,95, & \text{если } 0,3 \leq ST_K < 0,4; \\ -9,5ST_K + 4,75, & \text{если } 0,4 \leq ST_K < 0,5; \\ 0, & \text{если } ST_K \geq 0,5 \end{cases}$$

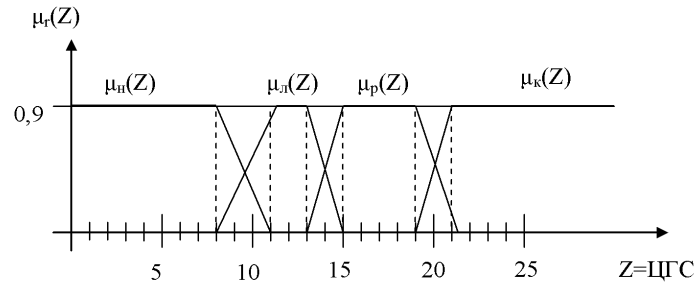
$$25 \quad \mu_p(ST_K) = \begin{cases} 0, & \text{если } ST_K < 0,4; \\ 9,5ST_K - 3,8, & \text{если } 0,4 \leq ST_K < 0,5; \\ 0,95, & \text{если } 0,5 \leq ST_K < 0,6; \\ -9,5ST_K + 6,65, & \text{если } 0,6 \leq ST_K < 0,7; \\ 0, & \text{если } ST_K \geq 0,7 \end{cases}$$

$$30 \quad \mu_x(ST_K) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0,6 < ST_K; \\ 9,5ST_K - 5,7, & \text{если } 0,6 \leq ST_K < 0,7; \\ 0,95, & \text{если } ST_K \geq 0,7 \end{cases}$$

40

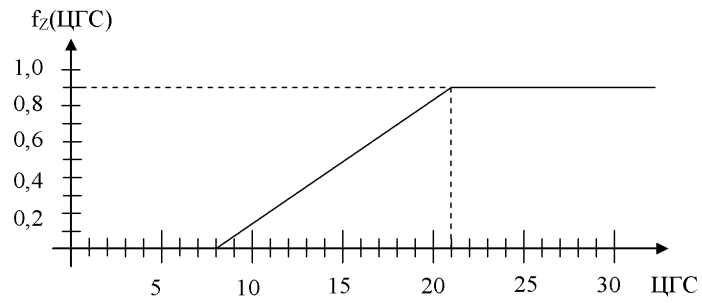
45

**Способ прогнозирования степени тяжести ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей на основании оценки центральной и регионарной гемодинамики органов**



Фиг. 1

**Способ прогнозирования степени тяжести ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей на основании оценки центральной и регионарной гемодинамики органов**

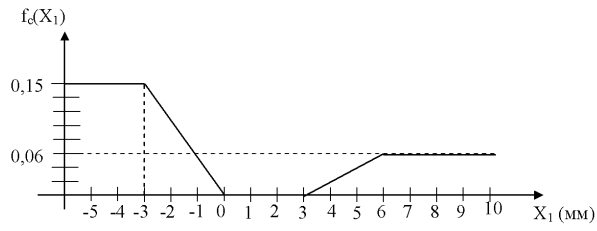


Фиг. 2

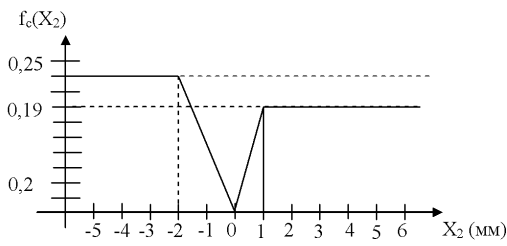


**Способ прогнозирования степени тяжести ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей на основании оценки центральной и регионарной гемодинамики органов**

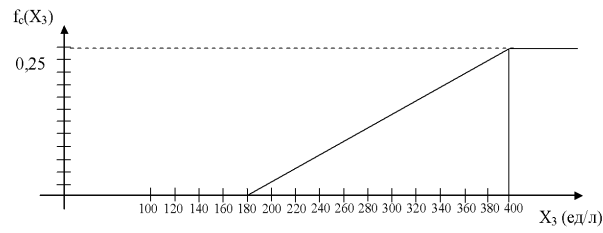
а)



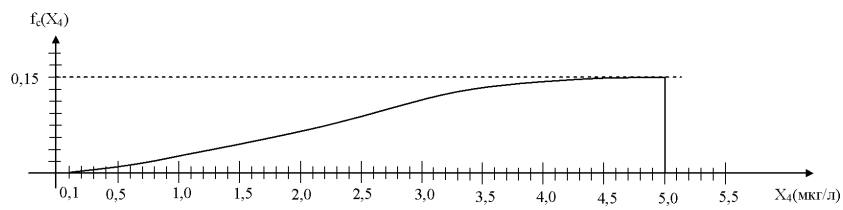
б)



в)

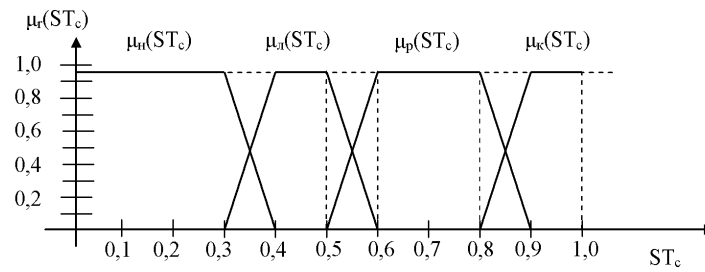


г)



Фиг. 3

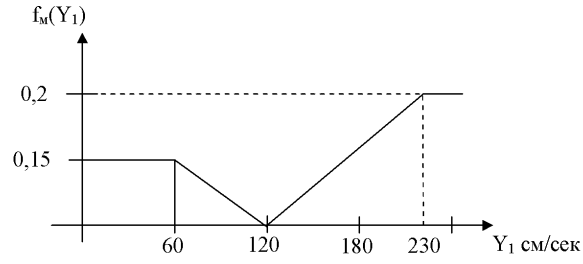
**Способ прогнозирования степени тяжести ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей на основании оценки центральной и регионарной гемодинамики органов**



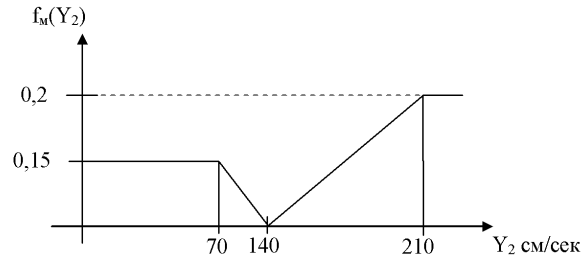
Фиг. 4

**Способ прогнозирования степени тяжести ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей на основании оценки центральной и регионарной гемодинамики органов**

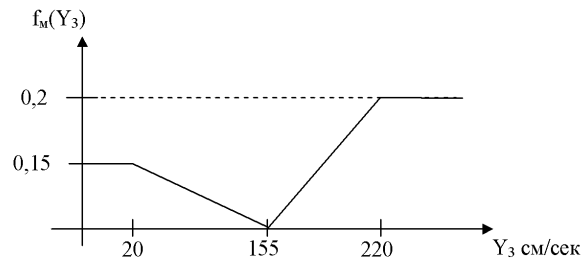
а)



б)

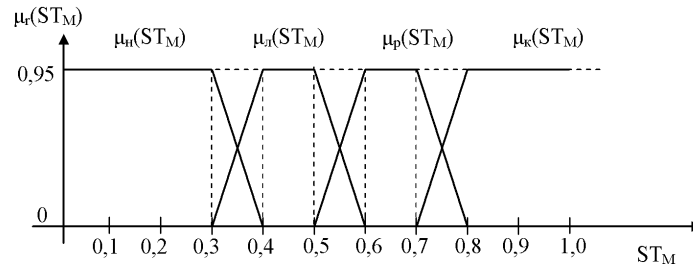


в)



Фиг. 5

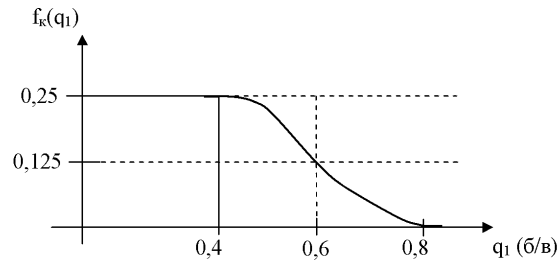
**Способ прогнозирования степени тяжести ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей на основании оценки центральной и регионарной гемодинамики органов**



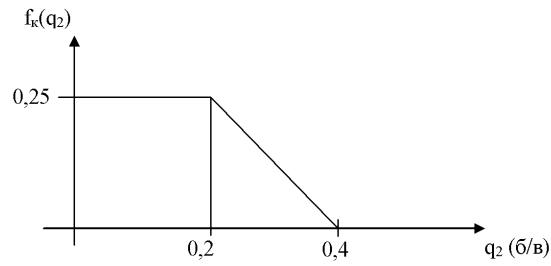
Фиг. 6

**Способ прогнозирования степени тяжести ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей на основании оценки центральной и регионарной гемодинамики органов**

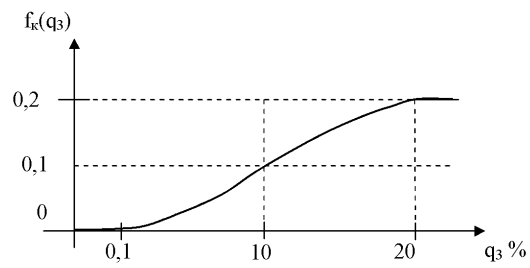
а)



б)

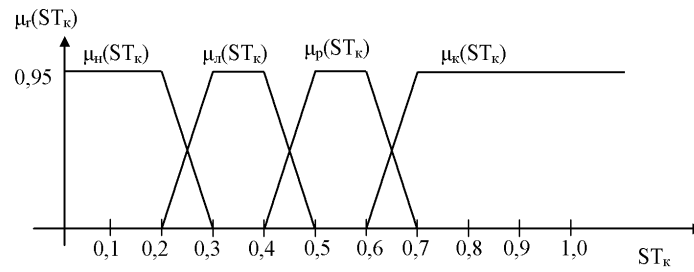


в)



б/в – безразмерная величина.

**Способ прогнозирования степени тяжести ишемического процесса сердца, головного мозга и нижних конечностей на основании оценки центральной и регионарной гемодинамики органов**



Фиг. 8