



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2011136977/14, 08.09.2011**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.09.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **08.09.2011**(45) Опубликовано: **27.09.2012** Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2061406 C1, 10.06.1996. SU 2157104 A1, 10.10.2000. ШАПОШНИКОВА В.И. и др. Многолетние и годовые циклы человека. Хронобиология и хрономедицина. - М.: Триада-Х, 2000, с.115-139. МАРКИНА Л.Д. Гармонизация функционального состояния организма методом активационной профилактики и терапии. Учеб. пособие для студентов мед. и психол. спец. вузов, 2003. (см. прод.)**

Адрес для переписки:

**109074, Москва, Китайгородский пр-д, 7,
ЗАО "Согласие-Интеллект"**

(72) Автор(ы):

**Демин Артем Валерьевич (RU),
Иванов Анатолий Иванович (RU),
Орлов Олег Игоревич (RU),
Суворов Александр Владимирович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Учреждение Российской академии наук
Государственный Научный Центр РФ
Институт медико-биологических проблем
РАН (RU)**

(54) СПОСОБ ПОДБОРА ИНДИВИДУАЛЬНОГО РЕЖИМА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области медицины и физиологии и может быть использовано для подбора индивидуального режима физиологического восстановления организма человека. Проводят суточный мониторинг диастолического давления, мм рт.ст., и частоты сердечных сокращений, удары в минуту. После чего вычисляют значения индекса Кердо и средние значения индекса Кердо во время сна и бодрствования. Вычисляют индивидуальный нуль индекса Кердо. На основании установленных значений индекса Кердо и значения индивидуального

нуля находят аппроксимирующий многочлен и вычисляют площади фигур над и под кривой относительно оси абсцисс, соответствующие периоду сна (S) и периоду бодрствования (B). Сравнивают значения S и B. На основании сравнения площадей подбирают такую длительность сна и бодрствования, чтобы получилось равенство значений S и B. Способ позволяет подобрать сбалансированный индивидуальный режим физиологического восстановления организма человека на основании оценки суточного изменения характеристик вегетативной нервной системы. 1 ил.

(56) (продолжение):

ВЕЙН А.М. Характеристики ночного сна у больных неврозами с субъективно хорошим и плохим сном. - Журн. невропатологии и психиатрии им. Корсакова, 1988, т.88, №11, с.83-86. АБУШЕВ Б.М.

R U 2 4 6 2 1 8 0 C 1

R U 2 4 6 2 1 8 0 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2011136977/14, 08.09.2011**(24) Effective date for property rights:
08.09.2011

Priority:

(22) Date of filing: **08.09.2011**(45) Date of publication: **27.09.2012 Bull. 27**

Mail address:

**109074, Moskva, Kitajgorodskij pr-d, 7, ZAO
"Soglasie-Intellekt"**

(72) Inventor(s):

**Demin Artem Valer'evich (RU),
Ivanov Anatolij Ivanovich (RU),
Orlov Oleg Igorevich (RU),
Suvorov Aleksandr Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Uchrezhdenie Rossijskoj akademii nauk
Gosudarstvennyj Nauchnyj Tsentr RF Institut
mediko-biologicheskikh problem RAN (RU)**(54) **METHOD OF SELECTING INDIVIDUAL MODE OF PHYSIOLOGICAL RECOVERY OF HUMAN ORGANISM**

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: invention relates to field of medicine and physiology and can be used for selection of individual mode of physiological recovery of human organism. 24-hour monitoring of diastolic pressure, mm Hg, and heart rate, beats per minute, is performed. After that, values of Kerdo index and average values of Kerdo index during sleep and wakefulness are calculated. Individual zero of Kerdo index is calculated. On the basis of obtained values of Kerdo index and value of individual zero approximating polynomial is determined and areas of

figures above and under curve with respect to abscissa axis corresponding to sleep period (S) and wakefulness period (B) are calculated. S and B values are compared. On the basis of comparison of areas selected is such duration of sleep and wakefulness that equality of S and B values is obtained.

EFFECT: method makes it possible to select balanced individual mode of physiological recovery of human organism on the basis of estimation of 24-hour change of characteristics of vegetative nervous system.

1 dwg

Изобретение относится к области медицины и физиологии. Предлагаемая методика может быть использована как в медицинских целях (например, в клинике расстройств сна и неврозов, для составления индивидуального режима бодрствования и сна), так и в целях подготовки и контроля испытателей аппаратуры для решения задач
5 длительного изолированного пребывания человека в условиях подводных и авиакосмических исследований, а также связанных с деятельностью человека, находящегося в экстремальных условиях.

Ритм сна и бодрствования (РСБ) является генетически обусловленным циркадиадным ритмом (с периодом около 24 часов, 24 ± 4 ч). Так, например, переход на зимнее время тяжелее переносится и сопровождается более выраженными нарушениями РСБ у утренних хронотипов («жаворонков»), в то время как переход на летнее время - у вечерних хронотипов («сов»). Основными проявлениями таких
10 нарушений являются снижение качества ночного сна и рост индекса фрагментации сна, последние, в свою очередь, могут служить факторами снижения работоспособности, внимания и ряда психологических нарушений, как, например, роста числа депрессий, особенно сезонных. Так, в одной из последних научных работ
15 показан рост числа производственных травм и процента травм с тяжелыми последствиями в первый день после перехода на летнее время, когда теряется один час сна и работники спят в этот день в среднем на 40 минут меньше (Barnes СМ., Wagner D.T. Changing to Daylight Saving Times Cuts Into Sleep and Increases Workplace Injures. Journal of Applied Psychology. 2009. 94(5):1305-1317). В данной работе также
20 продемонстрировано, что из-за роста производственного травматизма (на 5.7%) отмечается рост потери рабочего времени из-за временной нетрудоспособности на 67.6% по сравнению с другими днями.

Нормальная продолжительность сна сильно варьируется. Есть люди, для которых 4-5 часов сна вполне достаточно, некоторым же для хорошего самочувствия
30 необходим сон до 10-12 часов. Основным показателем нормального сна является ощущение отдыха после него. Если этого не происходит, имеет место нарушение цикла «сон-бодрствование», что неизбежно приводит к появлению ощущения усталости, вялости, сонливости, нарушению способности концентрироваться. При недосыпании организм компенсирует недостаток сна, удлиняя его на следующую
35 ночь. При систематическом недосыпании компенсации не происходит, что приводит к расстройству деятельности нервной системы (неврозу). В мозгу начинают преобладать процессы возбуждения над торможением. В результате возникает бессонница. Она означает неспособность спать, несмотря на то, что обстоятельства это позволяют.

Известные методики оптимизации режима сна-бодрствования главным образом
40 заключаются или в пробуждении человека в определенную фазу сна (RU 2061406, 10.06.96), или воздействии на человека во время сна тем или иным физическим фактором (Индурский П.А. и др. Улучшение качества сна посредством избирательной стимуляции во сне. (С.115-117, <http://www.scorcher.ru/neuro/science/sleep/final2009.pdf>)).
45 Однако из литературы не известны методики именно подбора индивидуального режима сон-бодрствование.

Задачей предлагаемого изобретения является разработка способа подбора индивидуального режима (сезонного, годового, однократного) сна и бодрствования,
50 обеспечивающего адекватное физиологическое восстановление организма человека на основании измерения значения характеристик вегетативной нервной системы (ВНС).

Достижимым техническим результатом является подбор сбалансированного индивидуального режима физиологического восстановления организма человека на

основании оценки суточного изменения характеристик ВНС.

Способ осуществляется следующим образом.

Осуществляют суточный мониторинг диастолического давления (d), мм рт.ст., и частоты сердечных сокращений (p), удары в минуту. Вычисляют значения индекса Кердо (V) по формуле: $V = 1 - \frac{d}{p}$ и определяют средние значения индекса Кердо во

время сна (x_c) и во время бодрствования (x_b). Вычисляют индивидуальный нуль (x_0) индекса Кердо по формуле:

$$x_0 = \frac{t_s}{24} x_c + \frac{t_b}{24} x_b,$$

где t_s - время сна, t_b - время бодрствования. На основании значений индекса Кердо и полученного значения индивидуального нуля строят аппроксимирующий многочлен и определяют площади фигур над и под графиками многочлена, соответствующие периоду сна (S) и периоду бодрствования (B). Сравнивают значения S и B . На основании сравнения подбирают такую длительность сна и бодрствования, чтобы получилось равенство значений S и B .

Обоснование адекватности предлагаемой модели подбора сбалансированного индивидуального режима физиологического восстановления организма человека

Изучение ритмов преследует цели, которые связаны с разработкой эффективных способов управления биологическими процессами, протекающими на уровне организмов. Объектами исследования были 6 практически здоровых мужчин в возрасте от 27 до 38 лет. Исследование выполнено в 2010/2011 г. в Государственном научном центре РФ - Институте медико-биологических проблем РАН в рамках эксперимента «Марс-500», одобренном Биоэтической комиссией института. Измерения физиологических характеристик - частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления крови были выполнены испытуемыми с помощью тонометров немецкой фирмы Medisana (модели МТХ и МТD), имеющих сертификат. У всех шестерых обследуемых троекратно 2 раза в сутки измерялось артериальное давление (в мм рт.ст.) и ЧСС (в ударах в мин). Значения индекса Кердо вычисляли применением формулы: $V = 1 - \frac{d}{p}$,

где V - вегетативный индекс Кердо (ВИК), d - диастолическое давление в мм рт.ст., p - частота сердечных сокращений в количестве ударов в минуту. Вместе с тем, у Кердо правая часть выражения умножена на 100%. Мы множитель 100% не используем. Результаты 6 измерений каждого испытуемого усредняли, а найденное значение округляли до десятых и принимали за среднесуточное значение индекса Кердо конкретного испытуемого. Анализу были подвергнуты первые 365 суток эксперимента. Таким образом, в нашем распоряжении оказались по 365 среднесуточных значений индекса Кердо для каждого обследуемого. Найденные нами ряды численных значений индекса Кердо для каждого из испытуемых интерпретируются как временные ряды или временные процессы.

В нашем случае под стационарностью будем понимать неизменность закона распределения вероятностного процесса. Следствием стационарности будет неизменность значений начальных и центральных моментов, вплоть до k -го порядка, и вероятностных характеристик. При стационарности неизменны значения одного или нескольких моментов. Под нестационарностью будем понимать изменения значений моментов и вероятностных характеристик во времени.

Известно, что если выборки однородны, то есть извлечены из одной и той же

генеральной совокупности, то численные значения их моментов, вплоть до k -го порядка, одинаковы, а также одинаковы значения их вероятностных характеристик. Использование этого свойства позволяет применить критерий Смирнова для поиска стационарных отрезков временных рядов. Следуя содержанию поставленной задачи, в качестве длины лага стационарности нами выбраны продолжительности сезонов (90 суток) и половин сезонов (45 суток), прошедших в процессе рассматриваемого годового временного интервала эксперимента «Марс-500». За начала сезонов были выбраны 3 июня (начало эксперимента), 1 сентября, 1 декабря 2010 и 1 марта 2011 г. В целях удобства обозначим испытуемых буквами А, В, С, D, Е. F.

С использованием критерия Смирнова нами выполнена последовательная попарная проверка стационарности процессов с лагом в 90 и 45 суток - для каждого из 6 испытуемых. В целях усиления адекватности заключений значения вероятности ошибки первого рода α (отвержения нулевой гипотезы) нами повышены с 0.05 до 0.2 и выше.

При вычислениях использованы система символьной математики DERIVE и пакет MATLAB. В нашем случае при значениях $\alpha > 0.2$ процесс можно считать стационарным в узком смысле (строго стационарным).

Вследствие того, что при стационарных процессах значения моментов постоянны, значения математического ожидания правомерно оценить с помощью точечной оценки среднего.

Теперь перейдем к поиску решения на нестационарных временных интервалах. Вследствие того, что при нестационарном процессе постоянных значений моментов не существует, воспользуемся условными моментами. Известно, что множество условных значений первого начального момента является линейной регрессионной функцией. Кроме того, при аппроксимации результатов измерений для определения направления развития процесса ограничимся полиномами 1-го и 2-го порядка. С помощью метода наименьших квадратов нами найдены аналитические выражения полиномов 1-го и 2-го порядка, описывающие изменения условных математических ожиданий на нестационарных участках.

Известно, что исходя из содержания физиологической интерпретации значений индекса Кердо, доказывающей ее правомерность математической модели, высокие значения ВИК являются указанием на преобладание симпатического тонуса ВНС, низкие - парасимпатического. Достаточно продолжительное преобладание парасимпатического тонуса интерпретируется как процесс восстановления. Использование результатов модели нами установлено, что у испытуемого А на нестационарном временном участке в первый (летний) сезон монотонно возрастал процесс восстановления, в последующий осенний сезон процесс восстановления приобрел стационарность ($\alpha=0.2$) парасимпатического тонуса. При смене сезонов с осеннего на зимний наблюдался скачок значения тонуса в симпатическую область с последующим возвращением - монотонным возрастанием парасимпатического тонуса в зимний сезон. В весенний сезон 2011 г. вновь приобрел слабую стационарность ($\alpha=0.1$). Причем вероятностный закон распределения значений вегетативного индекса в осенний (2010 г.) и весенний (2011 г.) сезоны у испытуемого А тождественен ($\alpha=0.89$). Физиологически это означает, что осенью и весной у данного человека ВНС функционирует в одинаковом режиме восстановления.

Качественно одинаковые сезонные изменения наблюдались у испытуемых В и Е: нестационарный временной участок соответствовал летнему сезону, в течение которого монотонно возрастал процесс восстановления, после чего процесс

восстановления в течение осени и зимы приобрел строго стационарный характер ($\alpha > 0.8$).

В оставшийся весенний сезон - установившийся в осеннее-зимнее полугодие строго стационарный процесс перешел также в строго стационарный процесс, но более интенсивного восстановления ($\alpha = 0.55$). У испытуемого Е нестационарный временной участок соответствовал летнему сезону, в течение которого также монотонно возрастал процесс восстановления; после чего процесс восстановления в течение осеннего и летнего сезонов приобрел строго стационарный характер ($\alpha = 0.65$); в оставшийся весенний сезон - установившийся в осеннее-зимнее полугодие строго стационарный процесс перешел также в строго стационарный процесс, но более интенсивного восстановления ($\alpha = 0.95$).

Другая качественная картина сезонных изменений тонуса ВНС наблюдалась у добровольцев С и D. У них первые три сезона (лето-осень-зима) были строго стационарным процессом, а последующий весенний сезон - стационарным процессом большего парасимпатического тонуса. А именно у испытуемого С: первые 3 сезона процесса тонус ВНС был строго стационарен ($\alpha > 0.8$), а потом весенний стационарный процесс перешел также в строго стационарный, но более интенсивного восстановления процесс. У испытуемого D: первые 3 сезона процесс тонуса ВНС был строго стационарен ($\alpha = 0.97$ и $\alpha = 0.46$), затем весенний стационарный процесс перешел в строго стационарный процесс, но более интенсивного восстановления ($\alpha = 0.95$).

Качественно отличным от А, В, С, Е оказались годовой процесс изменения тонуса ВНС у добровольца-испытателя F. После монотонного возрастания восстановления в первый летний сезон наибольший парасимпатический строгостационарный тонус ВНС наблюдался у F в осенний сезон. После этого тонус перешел в строго стационарный режим симпатического тонуса.

Изменения сезонных ритмов вегетативного тонуса у испытуемых в рамках традиционных физиологических воззрений интерпретируются как усиление процессов восстановления с последовательным выходом на стационарные режимы разного уровня восстановления (парасимпатического тонуса). Сезон наибольшего парасимпатического тонуса и, следовательно, восстановления у этих четырех испытуемых - весна. У испытуемого F восстановление монотонно усиливалось в летний сезон, затем вышло в стационарный режим восстановления, и в последующее весенне-летнее полугодие отмечено ослабление процессов восстановления - переход в строго стационарный режим симпатического тонуса. Таким образом, в отличие от остальных добровольцев стационарный сезон наибольшего восстановления добровольца F - осень. У добровольца А обнаружено 2 сезона наибольшего восстановления при парасимпатическом тонусе: осень и весна, причем значения вегетативного индекса в эти 2 интервала были распределены по одному и тому же закону ($\alpha = 0.89$). Стационарные режимы наибольшего парасимпатического тонуса добровольца А чередовались с сезонными интервалами нестационарности - монотонного увеличения парасимпатического тонуса.

Таким образом, благодаря проведению исследований и анализу результатов нами были обнаружены индивидуальные сезонные ритмы тонуса ВНС людей. В большинстве случаев-реализаций в сезонные интервалы тонус ВНС оказался строго стационарным (с лагом 45 суток) процессом, в отдельных случаях - слабо стационарным, в других отдельных случаях - нестационарным. Найдены аналитические выражения полиномов, достаточно адекватно аппроксимирующих изменение вегетативного тонуса на сезонных нестационарных интервалах. На

нестационарных сезонных интервалах парасимпатический тонус ВНС возрастал, а следовательно, возрастало восстановление организма. Во всех исследованных случаях весной тонус ВНС был слабо или строго стационарным, и в большинстве случаев (в 5 случаях из 6) весна была интервалом наибольшего парасимпатического тонуса, то есть весна была периодом восстановления. Исключением стала единичная реализация, когда сезоном наибольшего восстановления оказалась осень. В одном случае кроме слабо стационарного весеннего сезона наибольшего восстановления обнаружен второй такой же сезон - осень. Причем законы распределения значений вегетативного индекса и эти два сезона оказались тождественны. Методом доверительных интервалов доказано, что в каждой годовой реализации тонуса ВНС наблюдался один или два стационарных периода (календарных сезона) наибольшего парасимпатического тонуса: восстановление было наибольшим весной и/или осенью. В большинстве случаев летний сезон выделился как сезон наибольшего симпатического тонуса.

Таким образом, нами доказано, что ритмы ВНС человека индивидуально связаны с продолжительностями сезонов, а именно изменения временных процессов тонуса ВНС человека могут быть исчислены протяженностями календарных сезонов. В работах о взаимосвязях иммунной и нервной систем (Абрамов В.В. Взаимодействие иммунной и нервной систем. Новосибирск. Наука. 1988. - 165 с) есть указания на то, что симпатический и парасимпатический отделы ВНС непосредственно вовлечены в регуляцию иммунного ответа, в частности отмечается неразрывность функционирования парасимпатического отдела ВНС и 1-иммунокомпетентных клеток на уровне лимфоидных органов (Абрамов В.В. Комплексные механизмы взаимодействия иммунной и нервной систем: Автореферат диссертации д-ра мед. наук. М. 1991). Можно предположить, что сезонные различия в тонусе ВНС могут обуславливать сезонное усиление или ослабление защитных систем организма.

Овладение рефлексорным механизмом регуляции восстановительных процессов служит предпосылкой для целенаправленного управления работоспособностью человека. Если применить аппарат теории управления к известным (аналитически найденным) ритмам ВНС то, по нашему мнению, можно осуществить индивидуализированное целенаправленное управление и оптимизацию долговременных режимов труда и отдыха обследуемого/испытателя/космонавта.

Изложим подробно результаты, найденные использованием измерений у испытателя Д.

Результаты моделирования ИК в процессе бодрствования

Нами установлено, что наибольшее значение ИК из 26462 измерений равно +0.63, наименьшее равно -1 (минус 1). Выполнив очевидные вычисления, находим, что значение характеристики сдвига $a = -0.086757$ (в дальнейшем ограничимся $a = -0.09$). Значение характеристики масштаба $S^2 = 0.013526$, $S = 0.1163$. Ограничимся $S^2 = 0.014$ и $S = 0.12$. Запишем аппроксимацию нормальным законом. $f_N(x, -0.09, 0.12)$ - плотность вероятностей. Нами установлено, что около 0.7 объема выборки оказалось в интервале $a \pm S$. Очевидно, для случая выбранного нами приближения это означает, что

$$\int_{-0.2}^{0.03} f_N(x, -0.09, 0.12) dx \approx 0.68$$

Будем рассматривать 3 взаимно непересекающихся множества значений случайной величины X, которая в нашем случае является индексом Кердо: $x \in (-\infty; -0.2]$, $x \in [-0.2; +0.03]$, $x \in [+0.03; +1]$. Правая граница третьего интервала нами взята +1 в силу того, что наибольшее возможное значение ИК $\approx +1$ и,

кроме того, $\int_{-\infty}^{+1} f_N(x, -0.09, 0.12) dx \approx +1$. Поэтому с достаточной точностью можно

$$5 \quad \text{считать, что } \int_{-\infty}^{-0.2} f_N(x, -0.09, 0.12) dx \approx 0.159 \quad \text{и} \quad \int_{+0.03}^{+1} f_N(x, -0.09, 0.12) dx \approx 0.159$$

Очевидно, что условие нормировки при этом выполнено полностью. Обозначим события через $A=x \in (-\infty; -0.2]$, $B=x \in [-0.2; +0.03]$, $C=x \in [+0.03; +1]$. Применив результаты теоремы Байеса, найдем условные законы распределения индекса Кердо. В нашем случае применим результаты обобщенной формы

$$15 \quad f(x | D) = \frac{f(x) \cdot P(D | x)}{\int_X f(x) \cdot P(D | x) dx}, \quad (1)$$

где $f(x)$ - плотность вероятности, $P(D|x)$ - условная вероятность.

Воспользовавшись (1), выполнив очевидные действия, находим условные плотности вероятностей.

$$20 \quad f(x | A) = \frac{1}{0.159} f_N(x, -0.09, 0.12), \quad x \in (-\infty; -0.2]$$

$$f(x | B) = \frac{1}{0.68} f_N(x, -0.09, 0.12), \quad x \in [-0.2; +0.03] \quad (2)$$

$$25 \quad f(x | C) = \frac{1}{0.159} f_N(x, -0.09, 0.12), \quad x \in [+0.03; +1]$$

Очевидно, что (2) - усеченные нормальные законы. На рис.1 (по оси абсцисс значение индекса Кердо, по оси ординат - значения плотностей вероятностей) помещена графическая интерпретация плотностей (2).

Из (2) следует, что граничные зарегистрированные значения $x=-1$, $x=+0.63$ и прилежащие к ним значения могут быть интерпретированы как выбросы. Очевидно также, что нормировав функции (2) по совокупности и найдя функцию распределения $F(x|A, B, C)$, не трудно доказать, что X - сингулярная случайная величина.

35 В целях наглядности ограничимся примером прикладного содержания. Пусть в результате некоторой физической нагрузки (например, на велоэргометре) установлено, что точечное значение ИК у испытуемого Д изменилось с -0.09 (минус 0.09) до $+0.15$. Оценим значение вероятностной меры того, что событие

40 $C=x=+0.15$ произошло. Сформулируем гипотезы:

$$H_0: x \in [0.03; 0.15],$$

$$H_1: x \notin [0.03; 0.15].$$

Выполнив вычисления, находим, что $\int_{0.03}^{0.15} f(x | C) \approx 0,85$. Это означает, что, отвергая

гипотезу H_0 , мы совершим ошибку первого рода с вероятностью $\alpha=0.85$. Ошибку с вероятностью, равной 0.85 , мы вправе считать достаточно большой, т.к. в рамках традиционной физиологии ошибку принято считать малой, если ее вероятность меньше 0.05 . Следовательно, гипотеза H_0 не отклоняется. Иначе говоря, результат, состоящий в том, что после тренировки на велоэргометре значение ИК действительно возросло до 0.15 , - доказан.

Опишем теперь результат моделирования ИК в процессе 7 ч сна.

В нашем распоряжении оказалось 20868 измерений. Наименьшее зарегистрированное значение ИК равно -2.3 (минус 2.3). Наибольшее +0.54. Выполним приближение нормальным законом. Нами вычислено, что значение характеристики сдвига $a = -0.4297$, значение характеристики масштаба $S^2 = 0.0257$, $S = 0.16$.

Следовательно, аппроксимацией нормальным законом является $f_N(x, -0.43, 0.16)$. Из тех же соображений, что и для случая бодрствования, разобьем интервал возможных значений ИК на $x \in (-\infty; -0.59]$, $x \in [-0.59; -0.27]$, $x \in [+0.27; +1]$. Обозначим события через $A' = x \in (-\infty; -0.59]$, $B' = x \in [-0.59; -0.27]$, $C' = x \in [+0.27; +1]$. Воспользовавшись результатами теоремы Байеса и выражением (1), запишем условные законы распределения

$$f(x | A') = \frac{1}{0.159} f_N(x, -0.43, 0.16), x \in (-\infty; -0.59],$$

$$f(x | B') = \frac{1}{0.68} f_N(x, -0.43, 0.16), x \in [-0.59; -0.27], \quad (3)$$

$$f(x | C') = \frac{1}{0.159} f_N(x, -0.43, 0.16), x \in [+0.27; +1].$$

Область значений A' можно назвать «глубокий сон», область значений B' - «обычный сон», область значений C' - «поверхностный сон».

Сравнение начальных эмпирических моментов ИК бодрствования и сна. Вычислим доверительные интервалы для бодрствования. Зададимся надежностью, значительно превышающую используемую в большинстве работ по физиологии (надежность 0.95). Мы зададимся надежностью 0.9973. Выполнив очевидные вычисления, находим, что с надежностью 0.9973 доверительным интервалом для бодрствования является интервал $(-0.089; -0.085)$. Доверительный интервал для сна $(-0.43; -0.426)$. Доверительные интервалы не пересекаются.

Найденный результат является доказательством того, что в состоянии сна значения ИК меньше, чем в состоянии бодрствования. В целях полноты применим аппарат проверки гипотез.

Обозначим через гипотезу:

$$H_0: a_{\text{ср. бодр}} = a_{\text{ср. сон}}$$

$$H_1: a_{\text{ср. бодр}} \neq a_{\text{ср. сон}}$$

Очевидно, что, отвергая гипотезу H_0 , мы совершим ошибку с вероятностью $\alpha = 1 - 0.9973 \approx 0.003$. Вероятность 0.003 в рамках требований в физиологии считается ничтожно малой. Следовательно, гипотеза H_0 отклоняется в пользу гипотезы H_1 .

Сформулируем результат. Впервые с надежностью $\gamma = 0.9973$ доказано, что значения вегетативного индекса Кердо в процессе сна меньше значений индекса Кердо в процессе бодрствования. Выполним физиологическую интерпретацию. В процессе отдыха во время сна тонус ВНС существенно ниже тонуса ВНС в состоянии бодрствования.

Введем полезную для дальнейших исследований деятельности ВНС величину - среднесуточное значение ИК x_0 . В целях удобства среднее значение ИК бодрствования и сна обозначим, соответственно, как x_b и x_c . В нашем случае сон испытуемого Д продолжался 7 часов, бодрствование 17 часов, следовательно, в нашем случае

$$x_0 = \frac{7}{24} x_c + \frac{17}{24} x_b \approx -0,19$$

Назовем значения x_0 - индивидуальным нулем индекса Кердо ВНС. В таком случае

значения ИК, превышающие x_0 , можно интерпретировать как преобладание симпатического тонуса, а значения ИК, меньшие x_0 , - как преобладание парасимпатического тонуса ВНС. Тогда соотношение между симпатическим и парасимпатическим тонусом можно вычислить, воспользовавшись площадями фигур, расположенных над осью индивидуального нуля ИК и под осью нуля ИК. Нетрудно вычислить: $(0.19-0.09) \cdot 17=1.7$ и $(0.43-0.19) \cdot 7=1.68$. $1.7 \approx 1.68$. Возможно сделать заключение о том, что за 7 ч сна произошло достаточное восстановление после 17 часов бодрствования. Увеличение у испытуемого Д длительности сна до 8 часов сна способствовало сбалансированному физиологическому восстановлению организма.

Формула изобретения

Способ подбора индивидуального режима физиологического восстановления организма человека, включающий проведение суточного мониторинга диастолического давления (d), мм рт.ст., и частоты сердечных сокращений (p), удары в мин, после чего вычисляют значения индекса Кердо (V) по формуле: $V = 1 - \frac{d}{p}$ и

определяют средние значения индекса Кердо во время сна (x_c) и во время бодрствования (x_b), вычисляют индивидуальный нуль (x_0) индекса Кердо по формуле:

$$x_0 = \frac{t_s}{24} x_c + \frac{t_b}{24} x_b, \quad \text{где } t_s - \text{ время сна, } t_b - \text{ время бодрствования, на основании}$$

значений индекса Кердо и полученного значения индивидуального нуля строят аппроксимирующий многочлен и определяют площади фигур над и под графиками многочлена, соответствующие периоду сна (S) и периоду бодрствования (B), сравнивают значения S и B, на основании сравнения подбирают такую длительность сна и бодрствования, чтобы получилось равенство значений S и B.

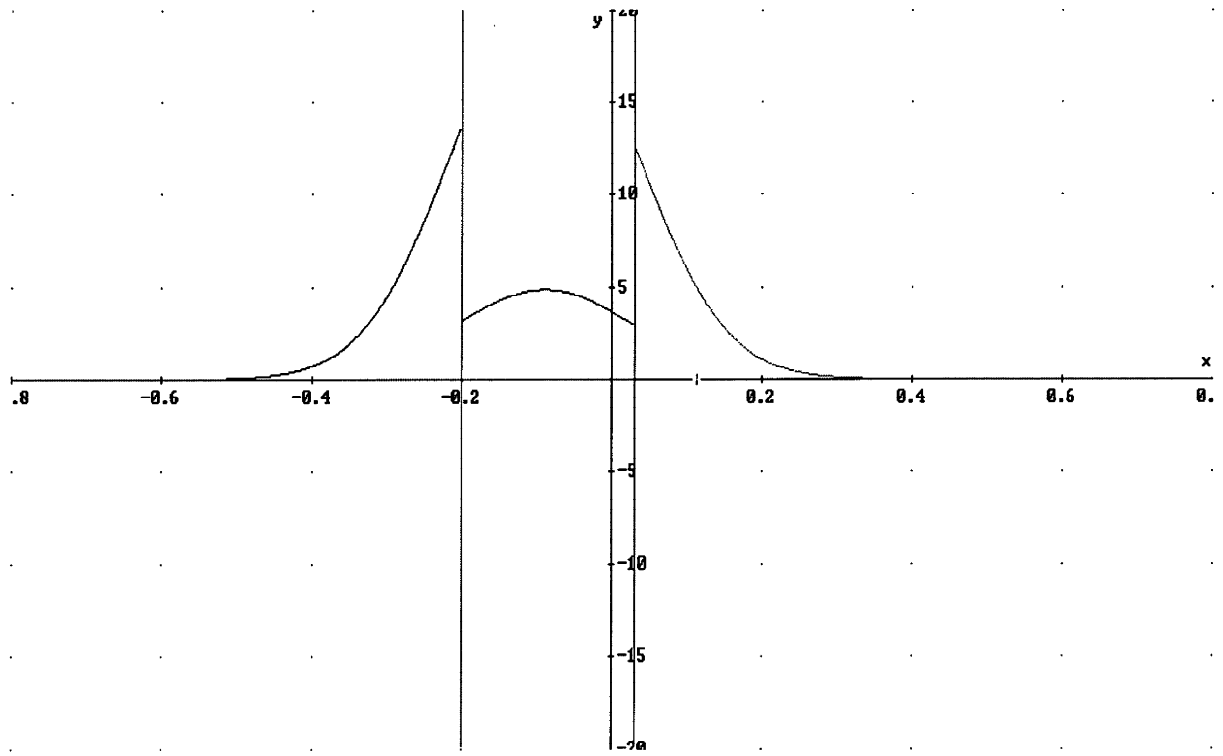


Рис. 1