

увеличение горизонтальной ($p < 0,01$), вертикальной ($p < 0,05$) двигательной, а также исследовательской активности ($p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой животных с моделью гипертиреоза.

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают, что новое производное ГАМК под шифром РГПУ-147 нивелирует нарушения поведенческих реакций у животных с экспериментальным гипертиреозом, что создает предпосылки для дальнейшего доклинического изучения данного фармакологического вещества.

РАЗРАБОТКА УСЛОВНО- ВЕРОЯТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ ПАТТЕРНОВ ВАРИАТИВНОСТИ МЕЖПУЛЬСОВЫХ ИНТЕРВАЛОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДИАГНОСТИКИ УСПЕШНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕННОГО БИОУПРАВЛЯЕМОГО ИГРОВОГО ТРЕНИНГА

Пятакович Ф.А., Якунченко Т.И.

*Белгородский государственный
университет. Белгород. Россия.*

Актуальность темы. Один из самых простых, но эффективных алгоритмов, используемых для оценки функционального состояния организма человека, является статистический подход к оценке вариабельности сердечного ритма [2, 4].

Данный алгоритм имеет существенные нововведения в определении промежутка времени, в течение которого происходит запись ЭКГ. В 1996 г. Европейское кардиологическое общество и Североамериканское общество стимуляции и электрофизиологии ввели жесткие стандарты оценки вариабельности сердечного ритма, суть которых сводится к определенному алгоритму обработки 5-минутных или суточных записей ЭКГ. Отечественные исследователи считают, что применение евро-американских стандартов не привело к ожидаемому прогрессу в установлении диагностической ценности вариабельности сердечного ритма [1].

Поэтому актуальным для этих целей является разработка информационных методов изучения паттернов микроструктуры ритма сердца, направленных на классификацию режимов управления ритмом сердца и в последующем — функциональных состояний человека [3, 5].

Работа выполнена при поддержке проекта РНПВШ.2.2.3.3/4307 и в соответствии с планами проблемной комиссии по хронобиологии и хрономедицине РАМН и научным направлением медицинского факультета БелГУ «Разработка универсальных методологических приемов хронодиагностики и биоуправления на основе биоциклических моделей и алгоритмов с использованием параметров биологической обратной связи».

Цель и задачи исследования: целью является оптимизация диагностических исследований по оценке успешности и эффективности проводимого биоуправляемого игрового тренинга.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать условно-вероятностные модели паттерна вариабельности межпульсовых интервалов.
2. Разработать составляющие компоненты микроструктурного паттерна вариабельности межпульсовых интервалов на основе информационного анализа.
3. Разработать алгоритм принятия решения об успешности и эффективности проведенного биоуправляемого игрового тренинга.

Для этих целей был использован микроструктурный анализ ритма сердца. Данная модель рассматривается нами в виде последовательного развертывания цепи событий, имеющих условно-вероятностный характер. В соответствии с ним строят дифференциальную кривую распределения, а по ее вероятностям вычисляют все параметры энтропии. Вычисления осуществляли в основной выборке по 500 кардиоинтервалов: всю полученную шкалу длительностей **RR-интервалов делили на классовые интервалы по 0,05 с** и каждый интервал временного ряда регистрируемого вектора кодировался номером классового интервала, соответствующего его длительности.

В таблице 1 рассмотрены составляющие компоненты микроструктурной модели паттерна HRV.

Эти компоненты включают вектор повторяющихся значений предыдущего и последующего интервалов RR, временную составляющую из нулевых, укорачивающих и удлиняющих коррекций интервала RR.

Алфавит системы включает все классы дифференциальной гистограммы распределения межпульсовых интервалов, включающих диапазоны норморитмии, тахиритмии и брадиритмии, встречающихся как в норме, так и в патологии.

Информационные показатели модели соответствуют параметрам энтропии ритма сердца.

Таблица 1

Микроструктурная модель паттерна HRV

Алфавит системы паттерна HRV: 61 класс дифференциальной гистограммы	Положительные Коррекции Удлиняют интервал RR		Нулевые Коррекции Не изменяют длительности интервала RR		Отрицательные Коррекции Укорачивают интервал RR
Информационные показатели Модели	H_0 Макс. энтропия	H Фактич. энтропия	h Коэффициент сжатия	R Коэффициент Избыточности	S Случайность
Функциональные показатели модели	$H_0 = \log_2 m$	$H = -\sum P_i \log_2 P_i$	$h = H / H_0$	$R = 1 - h$ $(H_0 - h) / (H_0)$	$H / H_0 - H$
Мера процесса	Максим. Мера хаоса	Фактическая мера хаоса	Непредсказуемость	Репродуктивность	Стохастичность

Функциональные показатели модели характеризуются формулами вычисления параметров энтропии ритма сердца, каждый из которых характеризует ту или иную меру процесса.

Для разработки иерархической классификации управления ритмом сердца были изучены показатели энтропии коррекций временной упорядоченности пульса здоровых в условиях повседневной жизнедеятельности: дневной отдых, решение математических задач, в ситуации перед экзаменом, на экзамене, работа на велоэргометре с нагрузкой 100 Вт, во время засыпания и сна.

Было показано, что физическая нагрузка дает самые низкие (2,6%) значения непредсказуемости паттерна и самые высокие (97,6%) значения его воспроизводимости. Также самым низким является и коэффициент стохастичности — 0,02.

Экзаменационный стресс и физическая нагрузка по своим параметрам вполне сопоставимы.

Во время сна непредсказуемость паттерна становится 49,8%, а его воспроизводимости всего 50,2%. При этом отмечается самый высокий коэффициент стохастичности 0,99.

Анализ полученных результатов исследований показал, что динамика рассматриваемых параметров связана с существующей иерархией управляющих систем в организме пациента. Аналогичные результаты были получены нами ранее, но для макроструктурного паттерна variability сердечного ритма (HRV).

Если формирование микроструктурного паттерна HRV реализуется под влиянием квазистохастических и стохастических режимов управления, то здоровый человек, как правило, находится в не активном, расслабленном состоянии, а также во время дремоты или сна.

В то же самое время показатели микро-

структуры отражают влияние квазигармонических и гармонических режимов управления, если испытуемый реализует активную деятельность, подвергается повседневному психоэмоциональным нагрузкам.

Гармонический режим реализуется в строгом соответствии с правилом «золотой пропорции», когда воспроизводимость паттерна и стохастичность совпадают по численным значениям (0,618), а непредсказуемость составляет 0,382.

Следовательно, подобная структура паттерна HRV является оптимальной: $1:R:h=1:0,618=0,618:0,382=1,618$. Отсюда можно вычислить показатель оптимальной энтропии, как $H_{opt} = 0,618H_0/1,618 = (0,618 * 5,93) / 1,618 = 2,26$.

В ниже представленной таблице 2 рассмотрены параметры оптимизации в виде разности фактической и оптимальной энтропии по отношению к оптимальной энтропии и выраженные в процентах.

При рассмотрении показателей энтропии замедляющих и ускоряющих коррекций вектора межпульсовых интервалов здоровых лиц, находящихся в условиях повседневной жизнедеятельности, была сформирована модель структуризации ритма сердца на основе правила золотого сечения. Это правило характеризует оптимальные отношения, реализуемые в моменты повышенных требований к системе регулирования управляющей формированием того или иного паттерна пульса. В соответствии с этим правилом информационная оптимизация совершается при стремлении системы (в пределе) к такой структурной организации, когда 38% информации носит определенный характер и 62% избыточный, что обеспечивает увеличение репродуктивности и снижение непредсказуемости в системе.

Таблица 2

Показатели структурной оптимизации микроструктурного паттерна HRV

Режим управления	Информационные параметры		Показатели информационной оптимизации
	Фактическая энтропия $H_{\phi} = -\sum P_i \log_2 P_i$	Оптимальная энтропия $H_{opt} = 0,618H_0/1,618$	Разность фактической и оптимальной энтропии $\Delta H\% = [(H_{\phi} - H_{opt}) / H_{opt}] * 100$
Детерминированный	0,01-0,30	2,26	- (86,7%-99,5)
Квази детерминированный	0,31- 2,25	2,26	- (0,4%-86,3%)
Гармонический	2,26	2,26	0%
Квази-Гармонический	2,27-2,37	2,26	0,4%-4,9%
Квази Стохастический	2,38-2,88	2,26	5,3%-27,4%
Стохастический	2,89 — $\geq 3,01$	2,26	27,9% — $\geq 33,2\%$

Следует подчеркнуть, что все работы по применению информационного анализа временной упорядоченности пульса в медицинской диагностике проведены в России. Нам также неизвестны ни зарубежные, ни отечественные публикации по теоретической разработке алгоритма «золотого сечения» на базе информационного анализа для решения классификационных задач иерархии управления ритмом сердца, если не считать выступления автора на выездном пленуме проблемной комиссии АМН СССР по механизмам системной организации физиологических функций 19-21 мая 1987 г., а также последующих наших выступлений и публикаций.

Выводы

1. Разработаны условно-вероятностные модели паттерна вариативности межпульсовых интервалов, характеризующие микроструктуру ритма сердца и отличающиеся аппроксимацией посредством дифференциального закона распределения.

2. Разработаны составляющие компоненты микроструктурного паттерна вариативности межпульсовых интервалов, включающие информационные и функциональные параметры модели, отличающиеся вычислением показателей непредсказуемости, репродуктивности и стохастичности паттерна.

3. Выявлена строго определенная архитектура взаимосвязей параметров информационной модели, которая соответствует гармоническому, детерминированному, квазидетерминированному, квазистохастическому и стохастическому режимам управления ритмом сердца.

4. Вычисление показателей информационной оптимизации микроструктурного паттерна HRV позволяет оценивать эффективность биоуправляемого игрового тренинга.

Список литературы

1. Альтернативный подход к оценке variability сердечного ритма / Ю.Р. Шейх-Заде, В.В. Скибицкий, А.М. Катханов и др. // Вестник кардиологии. — 2001. — № 22. — С. 49-61.
2. Баевский, Р.М. Холтеровское мониторирование в космической медицине: анализ variability сердечного ритма / Р.М. Баевский, Г.А. Никулина // Вестн. аритмологии. — 2000. — № 16. — С. 6-16.
3. Пятакович, Ф.А. Информационный анализ как маркер гармонической оптимизации функциональных систем организма человека / Ф.А. Пятакович, Т.И. Якунченко // Хрономедицина — практике: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Ф.И. Комарова, С.И. Рапопорта, Ф.А. Пятаковича. — Белгород, 2003. — С. 92-94.
4. Рябыкина, Г.В. Variability ритма сердца / Г.В. Рябыкина, А.В. Соболев. — Москва, 2001. — 196 с.
5. Энтропийно-статистические, спектральные, условно-вероятностные и детерминированные характеристики сердечного ритма в различных функциональных состояниях человека / Зингерман А.М., Константинов М.А., Логвинов В.С. и др. // Успехи физиологических наук. — 1988. — Т. 19, № 1. — С.40-55.