

2. Сороко С.И. Возможности направленных перестроек параметров ЭЭГ у человека с помощью метода адаптивного биоуправления / С.И. Сороко, Т.Ж. Мусуралиев // Физиология человека. – 1995. – Т. 21, № 5. – С. 5–17.

3. Сороко С.И. Основные типы механизмов саморегуляции мозга / С.И. Сороко, С.С. Бекшаев, Ю.А. Сидоров. – Л.: Наука, 1990. – 205 с.

4. Штарк М.Б. Заметки о биоуправлении // Биоуправление–3. Теория и практика. – Новосибирск, 1998. – С. 5–13.

ЧАСТОТА И ФОРМЫ ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ РАЗВИТИЯ СРЕДИ НОВОРОЖДЕННЫХ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГОВЫХ ПРОГРАММ

Мамед-заде Г.Т.

*НИИ акушерства и гинекологии,
Баку,
e-mail: gulnaramz@gmail.com*

Врожденные пороки развития (ВПР), являясь причинами заболеваемости, инвалидности и смертности детей, становятся не только медицинской, но и социальной проблемой.

Аналізу подверглись данные мониторинга ВПР в Азербайджане с охватом 214 тыс. новорожденных. Изучение динамики частот ВПР проводилось среди живо- и мертворожденных, а также умерших в перинатальный период детей. На сегодняшний день в едином регистре данных содержатся сведения о 2964 детях с ВПР, частота встречаемости последних составляет от 6 до 25 случаев на 1000 новорожденных.

При изучении структуры ВПР ведущими мониторинг-положительными пороками развития являются: множественные пороки развития (29,1%), пороки развития ЦНС (25,9%), гипоспадии (24,7%). Мониторинг-негативными ВПР являются: пороки диафрагмы (0,97%), врожденные пороки сердца (0,8%), пороки передней брюшной стенки (0,77%). В структуре ВПР множественные пороки развития составляют 29,1%. ВПР органов двух систем занимают 13,6%, трех и более систем – 15,5% из всех форм множественных врожденных пороков.

Распространенность пороков развития ЦНС в Азербайджане составила 25,9% случаев. У новорожденных детей в структуре изолированных форм ведущими были пороки спинного мозга и позвоночника (преимущественно спинномозго-

вая грыжа) – 10,1% и анэнцефалия – 5,1% Сочетанные пороки развития, установленные у новорожденных, встречались в 6,2% случаев и чаще были представлены спинномозговой грыжей и гидроцефалией. Из всех форм пороков развития сердечно-сосудистой системы наибольшую частоту имели общие пороки (35,9%), пороки предсердий (21,4%) и дефект межжелудочковой перегородки (8,3%). Результаты мониторинга зафиксировали рождение 2,3% детей с синдромом Дауна. К достаточно часто встречающимся относятся также пороки лицевых структур, как незаращение губы и расщелина нёба, составившие в нашем исследовании 2,7%.

Таким образом, мониторинг ВПР является составной частью комплексных программ по их профилактике. Активное использование мониторинговых программ позволяет решать целый ряд практических задач по улучшению здоровья населения.

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОСТРУКТУРЫ РИТМА СЕРДЦА И ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ХАОТИЧЕСКОГО АТТРАКТОРА «БЕРЕГОВАЯ ЛИНИЯ»

**Пятакович Ф.А., Якунченко Т.И.,
Дударева С.Л.**

*Белгородский государственный
университет, Белгород,
e-mail: piatakovich@mail.ru*

Актуальность темы. На основе статистических методов обработки циклических колебаний ритма сердца разработаны алгоритмы оценки функционального состояния человека [1]. Вместе с тем, в организме непрерывно протекают переходные процессы с различной постоянной времени, определяющей хаотическую динамику [3]. Показано, что до 85% в спектре мощности кардиоинтервалограммы составляют непериодические хаотические компоненты, имеющие фрактальную природу. Поэтому в последнее время исследуются характеристики фрактальности сердечного ритма как возможного индикатора поведения независимых нелинейных осцилляторов, принимающих участие в формировании сердечного ритма [2, 4].

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 разработка нелинейных методов исследования ритма сердца.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать нелинейную модель ритма сердца в виде аттрактора «береговая линия»;
- сопоставить показатели микроструктуры ритма сердца с фрактальной размерностью аттрактора «береговая линия».

Методы исследования

Включают использование системного анализа с декомпозицией целей и функций разрабатываемой системы изучения нелинейных механизмов управления ритмом сердца.

Основное содержание работы

Для решения поставленных задач был использован нелинейный анализ с построением модели аттрактора «береговая линия».

На практике часто возникает проблема анализа временной последовательности и исследования свойств динамической системы, основанных на наблюдениях за неполным набором координат фазового вектора, описывающего систему, в частности, такой является задача анализа данных, полученных при регистрации межпульсовых интервалов. Одной из важных характеристик динамической системы является размерность минимального пространства, содержащего аттрактор; эта размерность дает эффективное значение числа параметров, необходимых для достаточно полного описания поведения системы.

Для определения размерности аттрактора мы в своих исследованиях опирались на теоретические разработки [5], которые свидетельствуют о том, что при некоторых достаточно общих предположениях можно оценить размерность аттрактора исходя из временного ряда наблюдений за одним параметром системы.

Если динамическая система описывается эволюционным уравнением типа:

$$\dot{x} = F(x), \quad x(t) = (x(t), y(t)). \quad (1)$$

Тогда значение вектора $x(t + \tau) = (x(t + \tau), y(t + \tau))$ в момент времени $t + \tau$ полностью определяется значением вектора $x(t) = (x(t), y(t))$ в момент времени t и уравне-

нием (1), причем эта связь взаимно однозначна, если фазовая траектория не имеет самопересечений.

Рассмотрим последовательность векторов:

$$\xi(t) = [x(t), x(t + \tau)],$$

$$\xi(t + \tau) = [x(t + \tau), x(t + 2\tau)], \quad (2)$$

$$\xi(t + N\tau) = [x(t + N\tau), x(t + (N + 1)\tau)].$$

Так как координаты вектора ξ связаны с координатами вектора x соотношениями

$$\xi_1(t) = x(t),$$

$$\xi_2(t) = x(t + \tau) = x(t) + \int_t^{t+\tau} F_1(x(t'), y(t')) dt' \approx x(t) + \tau F_1(x(t), y(t)) \quad (3)$$

с якобианом, отличным от нуля, то информация о размерности аттрактора, содержащаяся в последовательности $\{x(t_k), k = 1, \dots, n\}$, присутствует и в последовательности $\{\xi(t + (k - 1)\tau), k = 1, \dots, n\}$.

Опираясь на эти соображения [5] автор доказал, что для динамической системы, описываемой моделью $\dot{x} = F(x)$, где размерность вектора x равна M , метрические свойства M -мерного множества $\{x(t_k), k = 1, \dots, n\}$, вложенного в про-

странство R_M эквивалентны метрическим свойствам множества $\{\xi(t + (k - 1)\tau), k = 1, \dots, n\}$, где ξ – M -мерный вектор, определенный аналогично (2), точнее, расстояния между векторами того и другого множества связаны коэффициентами, отличными от нуля и равномерно ограниченными. Это соображение позволяет оценить характерную размерность аттрактора по характерной размерности множества $\{\xi(t + (k - 1)\tau), k = 1, \dots, n\}$.

Описанная выше модель применена для исследования колеблемости межпульсовых интервалов. Для приведения к общему масштабу выбрана длина записи 5 минут, то есть $R = 30000$ мс, шаг измерения – 0,05 с. На декартовой плоскости по оси абсцисс и по оси ординат отложена последовательно длина RR_i интервалов по схеме, рассмотренной в табл. 1.

Таблица 1

Алгоритм построения модели аттрактора «береговая линия»

№ п/п	Оси координат	
	X_i	Y_i
N	RR_1	RR_1
1	$RR_1 + RR_2$	RR_2
2	$RR_1 + RR_2 + RR_3$	RR_3
...
n	$RR_1 + RR_2 + \dots + RR_n$	RR_n

Полученная при помощи данного алгоритма кривая линия является фракталом, аналогичным «береговой линии». Фрактальная размерность

для «береговой линии» может быть определена по формуле:

$$D = \lim_{l \rightarrow 0} \frac{\ln(Nl)}{\ln l}.$$

Для изучения вопросов взаимосвязи режимов управления у здоровых и больных были изучены 224 человека. Здоровых с нормальным ритмом сердца было 80 человек. Среди больных с номотопным ритмом сердца было 71 человек с сахарным диабетом (СД), ИБС, гипертонической болезнью (ГБ), ИБС. Больных с синдромом мерцательной аритмии было также 71 человек. Все больные были одного возраста и социальной группы.

В распределении здоровых лиц чаще всего встречается квазидетерминированный режим управления ритмом сердца. В классе больных сахарным диабетом, ИБС, гипертонической болезнью чаще всего встречается детерминированный режим управления ритмом сердца. Отличия эти статистически достоверны при использовании критерия углового преобразования Фишера.

Отличительной особенностью детерминированного режима у больных является его постоянность при периодическом повторном исследовании на протяжении длительного вре-

мени, например, в течение нескольких месяцев. У них так же, по сравнению со здоровыми лицами, как правило, отмечается более высокая частота дыхательных циклов и низкочастотного диапазона. Появление высокоамплитудных колебаний в этих частотных диапазонах может служить предиктором нарушений ритма сердца. Детерминированный режим у практически здоровых может измениться на протяжении часов в течение одного дня исследования.

Что касается больных с синдромом фибрилляции предсердий, то в этом распределении чаще всего встречается доля больных имеющих стохастический режим управления. Детерминированный и квазидетерминированный режим управления у больных мерцательной аритмией появляется, как правило, после восстановления номотопного ритма как синдром повышенной ритмичности сердца.

Показано, что малым значениям воспроизводимости паттерна HRV соответствуют большие значения его стохастичности. Циклические колебания общепринятых значений ритма серд-

ца зависят от соотношений воспроизводимости и стохастичности паттерна HRV. В диапазоне дыхательных волн и медленных волн второго порядка самые высокие значения частоты наблюдаются при квазидетерминированном и де-

терминированном режимах управления ритмом сердца.

Информационные параметры ритма сердца и фрактальная размерность у здоровых и больных с синдромом фибрилляции предсердий.

Таблица 2

Результаты сравнительного анализа фрактальной размерности странного аттрактора «береговая линия» и информационных параметров микроструктуры ритма сердца

Тип АРО	Энтропия H	Непредсказуемость h	Репродуктивность R	Стохастичность S	Фрактальная размерность FrD
Точка PP	0,06	0,01	0,99	0,01	1,0990
Узкий Овал CP	1,09	0,17	0,83	0,21	1,1850
Широкий Овал CP	2,25	0,38	0,62	0,62	1,1851
Инвертированный CP	2,73	0,46	0,54	0,85	1,1853
Симметричный CP	2,90	0,49	0,51	0,95	1,1856
Инвертированный MA	3,60	0,61	0,39	1,54	1,1858
Симметричный MA	4,66	0,78	0,22	3,65	1,1867
Асимметричный MA	5,01	0,84	0,16	5,45	1,1893
Полимодалный MA	5,11	0,86	0,14	6,27	1,1910
Амодальный MA	5,34	0,90	0,10	9,00	1,2006

Первое, что следует из данных табл. 2, – это то, что группа больных мерцательной аритмией не представляет собой однородной группы с абсолютно хаотичным ритмом. Островки влияния синусового узла отчетливо видны на симметричном, инвертированном и полимодалном типах авторегрессионного облака АРО. Только амодальный тип АРО имеет самую большую стохастичность и непредсказуемость паттерна HRV. По мере уменьшения фрактальной размерности аттрактора возрастает регуляторная составляющая ритма сердца. Об этом свидетельствует рост воспроизводимости паттерна HRV.

Самая низкая фрактальная размерность аттрактора при стабильном ритме, где АРО в виде узко представленного овала, или при ригидном ритме (PP) – в виде точки.

Самые большие показатели фрактальной размерности встречаются при амодальном типе АРО и значительных показателях стохастичности. Уменьшение хаотической составляющей приводит к возрастанию регуляторной составляющей.

Отличие классов синусового ритма и фибрилляции предсердий заключается в различии структурной организации паттерна HRV: при синусовом ритме репродуктивность паттерна преобладает над непредсказуемостью, а при синдроме фибрилляции предсердий всегда пре-

обладает непредсказуемость паттерна на фоне больших значений стохастичности.

Выводы

1. Разработана нелинейная модель ритма сердца, отличающаяся хаотической динамикой в виде аттрактора «береговая линия».
2. Самая низкая фрактальная размерность аттрактора при стабильном ритме, где АРО в виде узко представленного овала, или при ригидном ритме (PP) – в виде точки.
3. Самые большие показатели фрактальной размерности встречаются при амодальном типе АРО и значительных показателях стохастичности.
4. По мере уменьшения фрактальной размерности аттрактора возрастает регуляторная составляющая ритма сердца.

Список литературы

1. Пятакович Ф.А. Информационный анализ как маркер гармонической оптимизации функциональных систем организма человека. / Ф.А. Пятакович, Т.И. Якунченко // Хрономедицина – практика: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Ф.И. Комарова, С.И. Рапопорта, Ф.А. Пятаковича. – Белгород, 2003. – С. 92–94.
2. Fractal analysis of heart rate variability and mortality after an acute myocardial infarction /

Tapanainen JM et al. // The American Journal of Cardiology. – 2002, August 15. – №90(4). – P. 347–352.

3. Ruelle, D. On the nature of turbulence / D. Ruelle, F. Takens // Commun. Math. Phys. – 1971. – Vol. 20. – P. 167–192.

4. Stein P.K. Traditional and nonlinear heart rate variability are each independently associated with mortality after myocardial infarction / P.K. Stein, P.P. Domitrovich, H.V. Huikuri et al // Journal of Cardiovascular Electrophysiology. – 2005, January. – №16(1). – P. 13–20.

5. Takens, F. Detecting strange attractors in turbulence / F. Takens // Warwick Lecture Notes in Math. – W. Berlin: Springer, 1980. – Vol. 898. – P. 366–381.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ МИКРОСТРУКТУРЫ РИТМА СЕРДЦА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОУПРАВЛЯЕМОГО ИГРОВОГО ТРЕНИНГА

Якунченко Т.И., Пятакович Ф.А.

*Белгородский государственный
университет, Белгород,
e-mail: piatakovich@mail.ru*

Актуальность темы. В последние годы в реабилитационную медицину внедрены новые информационные технологии лечения, использующие биоуправляемый игровой тренинг на основе фундаментальных принципов хронобиологии [1, 2].

Использование мультипараметрической обратной связи в этих системах приводит к необходимости постоянно оценивать объективное состояние ведущих физиологических систем организма пациента в режиме on line.

Биотехническая система биоуправляемого игрового тренинга наряду с программным модулем реализации игровых сюжетов должна содержать и диагностический модуль. Последний предназначен для анализа динамики текущих мониторируемых показателей и последующей оценки параметров, отражающих степень успешности и эффективности после завершения тренинга [3, 4].

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 «Разработ-

ка 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 информационные модели микроструктуры паттерна вариативности межпульсовых интервалов.

2. Провести исследования на адекватность разработанных моделей реальным функциональным состояниям человека.

3. Разработать алгоритм классификации степени активности автономной нервной системы.

Методы исследования

Включают использование системного анализа с декомпозицией целей и функций разрабатываемой системы, моделированием рассматриваемых патологических процессов и биотехнической системы оценки успешности и эффективности биоуправляемого игрового тренинга.

Основное содержание работы

Для решения поставленных задач был использован микроструктурный анализ ритма сердца. Данная модель рассматривается нами в виде последовательного развертывания цепи событий, имеющих условно-вероятностный характер.

В табл. 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. При вычислении учитываются и нулевые классы.

Информационные показатели модели соответствуют параметрам энтропии ритма сердца. Функциональные показатели модели характеризуются формулами вычисления параметров энтропии ритма сердца, каждый из которых характеризует ту или иную меру процесса. В частности, нормированная энтропия H_N характеризует меру хаоса ритма сердца и отражает степень активности вегетативной или автоном-