

МЕТРИКИ КОНТИНУУМА И СЕЛЕКТИВНЫЕ СВОЙСТВА АНТАГОНИЗМА В СЕРДЕЧНОМ РИТМЕ

А.Б. Шутов, преподаватель

Л.Д. Попов, канд. мед. наук, доцент

Сочинский государственный университет
(Россия, г. Сочи)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-6-2-12-22

Аннотация. Изучение саморегуляции функциональных систем требует подбора из метрик пространственно-временного континуума определенных моделей. Так, методом доленых тенденций проводились исследования свойств вариабельности сердечного ритма под воздействием функциональных проб. Было установлено, что возрастающие и убывающие тенденции в вариациях ритма могут иметь активную и пассивную форму накопления. В результате антагонистического взаимодействия форм и тенденции происходит селективный выбор доминирующего регулятора. Характеристиками этого регулятора являются численные показатели доленых тенденций 3-го иерархического уровня: кумулятивная емкость, накопительная вариабельность, диапазон системных антагонистов и вероятность исхода.

Ключевые слова: функциональные пробы, сердечный ритм, континуум, функциональная система, самоорганизация, информация, иерархия, доленая тенденция, вариабельность, антагонизм, селекция.

Известно, что ритм сердца является универсальным показателем реакции организма на любое воздействие со стороны внешней и внутренней среды. Синхронизация процессов регулирования ритмов оказывает воздействие и на сердечные ритмы. При десинхронизации процессов регулирования, число неопределенных влияний возрастает, что ведет к снижению практической значимости измерительных моделей [25, 16, 2, 5].

В функциональной синхронизации и десинхронизации, которая может возникнуть так же в результате тренированности и детренированности спортсмена, показателем динамической тенденции процесса может выступать вероятность совмещения (Л.Д. Попов, заведующий межкафедральной НИ лабораторией КГИФКиС, 1979 г.) динамического ряда показателей, которые при функциональной синхронизации имеют выпуклую форму полиномиального уравнения, а при десинхронизации – прогнутую [20].

Симпатические и парасимпатические нервные влияния на сердечный ритм носят сопряженный антагонистический характер, а рефлекторное увеличение парасим-

патического тонуса сопровождается согласованным снижением симпатического тонуса и наоборот. Причем, индикатором этих нервных регуляций является вариабельность сердечного ритма [9, 4]

С ростом числа диагностических методов в исследованиях межсистемных взаимодействий организма существенных продвижений в формулировке содержательной ценности информации в пост периоде развития кибернетики достигнуто не было [18, 19, 17]. Является ли количественная информация отражением тех неопределенных изменений, которые произошли в результате системных взаимодействий, или это тезаурус подсистемы для «осмысления» языка носителя на язык приемника, остается открытым [8].

Предложенная теория информации Шеннона обеспечивает различные показатели корреляций, удерживаемых между состояниями двух систем, которые иногда называют мерой «синтаксической информации». Подход «семантическая информация» [7], напротив, относится к тем конкретным корреляциям, которые несут значимость, или «смысл», для заданной системы.

Формальное описание семантической информации, применимое для всех видов физических систем (живых и неживых) дано математиком Дэвидом Волпертом [23]. А процесс взаимодействия и способность системы воспроизводить особенности других систем тесно связано с проблемой определения количества «семантической» информации [19].

В природе межсистемные причинно-следственные корреляции временных рядов содержат внешние и внутренние влияния, которые значительно искажают как внутрисистемную связь, так и связь между системой и ее окружением. Поэтому подход, основанный исключительно на оценках внутренней динамики, применим к любым системам. С этим нельзя не согласиться, так как в разделе биологической кибернетики изучение сущности антагонизма ставит важные вопросы об этапах разрешения антагонистического взаимодействия. Как происходит становление антагонизма, или это определенные этапы развертывания диалектического противоречия на определенном уровне [12], пока

является темой научных исследований [24, 15, 19].

Для определения форм антагонистических взаимодействий между системами существуют различные измерительные модели. Метрика континуума (и сам, континуум), в частности, имеют реляционную природу. Варьируя «значениями параметров» пространства-времени, а также вводя дополнительные аксиомы, можно получить множество разнообразных измерительных моделей [6].

Представленная одномерная статистическая модель (рис. 1) позволяет определить количественно изменения неопределенности в вероятностном пространстве элементарных исходов, будь то энтропийные величины динамики показателей временного ряда [18], или структурные распределения показателей асимметрии и эксцесса. А использование этой модели в диагностике нервных влияний по структуре распределения асимметрии и эксцесса следует проверять на репрезентативность по отношению к структурной кривой нормального распределения [Г.Ф. Лакин, с. 117-119].

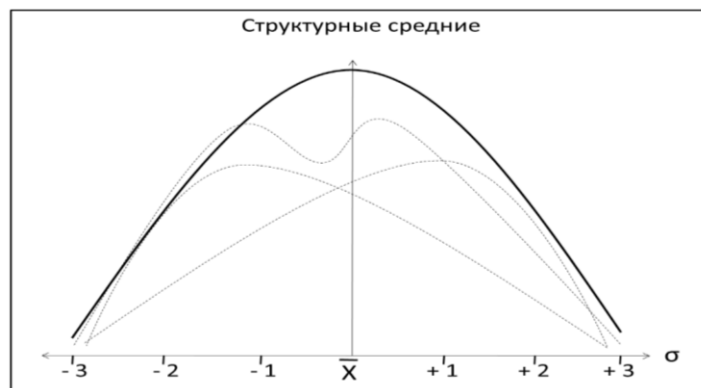


Рис. 1. Одномерная статистическая модель

Пространственно-временная двумерная модель кардиоинтервалограммы (КИГ) представляет форму связи между зависимой и независимой переменной (рис. 2), где пространственная динамика числа R-R интервалов на гистограмме рассматривается вне зависимости от фактора времени.

Однако, последовательно идущие сердечные ритмы имеют удлиненные и укороченные R-R интервалы, амплитудная разница между ними в данной системе координат представляют двустороннюю регрессионную зависимость и имеет другую модель (рис. 3).

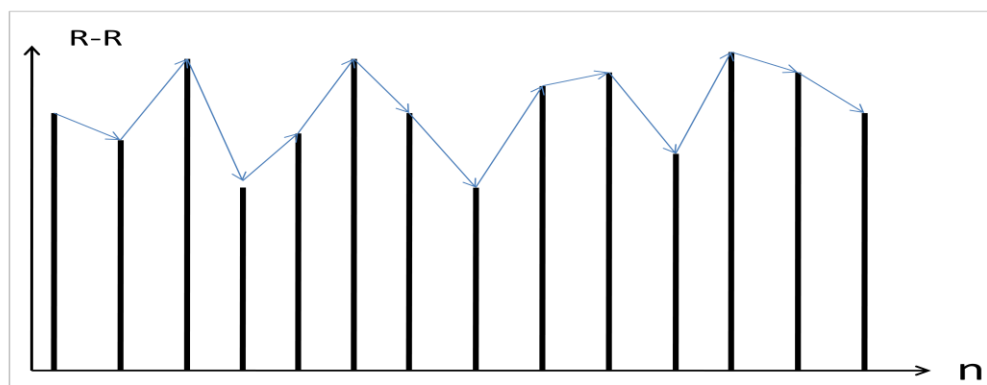


Рис. 2. Пространственно-временная двухмерная модель

Представленная ниже физическая модель амплитудной связи дополняет пространство равноправным временным измерением теоретико-физической конструкции (рис. 3), позволяющей отражать внутреннюю связь в динамике временного ряда физиологической системы.

Полученный разностный амплитудный ряд между R-R интервалами (рис. 3) обра-

зует двойственные числа – они являются одновременно и количественным, и порядковым, где «количество» замкнуто на пространство, «порядок» - на время [6]. Расстояние между точками данной метрики в континууме показателей вариабельности биологических систем определяются через амплитуды перехода и отражают внутрисистемные взаимодействия [20].

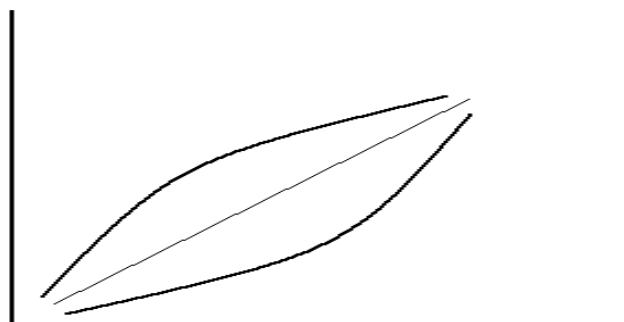


Рис. 3. Структурные характеристики накопительной вариабельности в долевых тенденциях [22]

(Выпуклая дуга – активная форма, прогнутая дуга – пассивная форма, прямая – стандарт)

Накопительные частоты [Г.Ф. Лакин, с.38-39] возрастающих, или убывающих, тенденций параметров прироста ряда КИГ, выбранные в отдельные ряды, отражают взаимодействия антагонистического характера. Долевые тенденции (ДТ) итогового накопления показателей амплитудных чисел выборочных рядов в пространственно-временной трехмерной модели отражают регулируемые в организме структурные формы активной и пассивной взаимозависимости [21].

Между регуляторами возрастающих и убывающих влияний, в разделительной зоне отражены тенденции антагонистического противоречия (рис. 4). В результате трехмерная модель (рис. 3) преобразована в четвертое измерение возрастающих и убывающих тенденций. При переходе ДТ в зону активных (P^+) или пассивных (P^-) форм определяется изменение структуры антагонистической взаимозависимости [21].

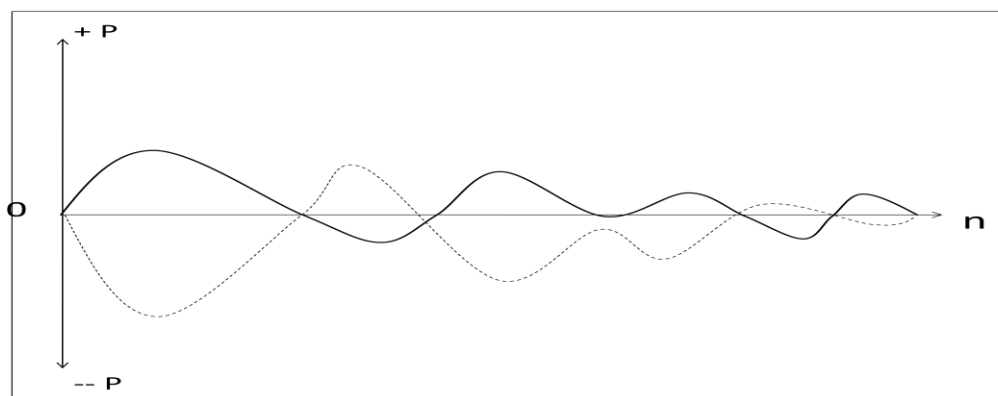


Рис. 4. Четырехмерная пространственно-временная модель

Таким образом, переход взаимозависимой тенденции в положительное или отрицательное пространство представляет собой тезаурус для определения регуляторами количественных и качественных отличий в переданной информации, что позволяет функциональной системе адекватно реагировать на воздействия. Доминирующий регулятор определяется в результате перехода показателя долевого тренда в активную (P^+) или пассивную (P^-) зону (рис. 4) антагонистических взаимодействий, независимо от того будет тенденция возрастающей или убывающей [22].

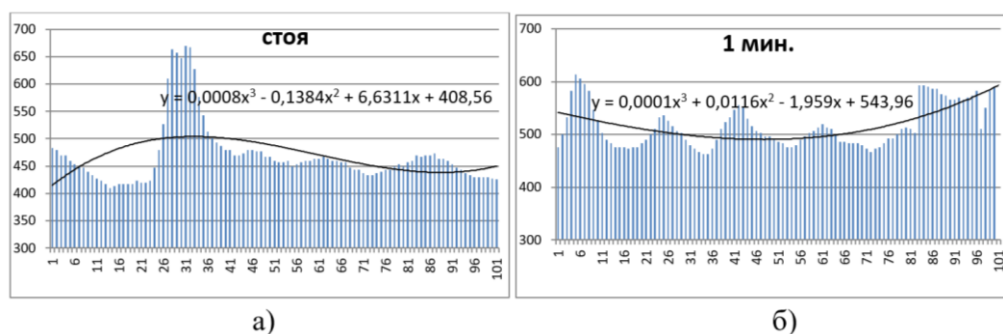
В результате перехода ДТ через разделительную зону накопительных характеристик (0) данная модель (рис. 4) не обеспечивает количественный учет изменений. Для анализа этих структурных форм предлагается многомерная измерительная модель (табл. 1) двухкомпонентной зависимости между тенденцией формы и тенденцией итогового накопления [21]. Графическая зависимость этих многочисленных переходов ДТ в разные зоны накопительных характеристик будет рассмотрена ниже (рис. 6).

Таблица 1. Определение форм антагонистических взаимодействий

| Накопительная вариабельность | Тенденция формы | | Итог накопления | |
|------------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
| | активная | пассивная | возрастающий | убывающий |
| Активно-возрастающая | + | | + | |
| Пассивно-возрастающая | | - | + | |
| Активно-убывающая | + | | | - |
| Пассивно-убывающая | | - | | - |

В настоящее время установлено, что под воздействием факторов внешней среды самонастройка сердечного ритма (рис. 5) выходит на новый функциональ-

ный уровень. Безусловно, тенденции сердечного ритма в разные периоды адаптации могут находиться под контролем различных системных регуляторов [3].

Рис. 5. Гистограммы показателей КИГ О.В. Сорокина
а) – в ортопробе – стоя, б) – через 1 мин отдыха после 20 приседаний.

В настоящее время в методах исследования межсистемных взаимодействий для оценки изменения неопределенности в динамических рядах КИГ (рис. 5) используются одномерные и двумерные модели (рис. 1 и рис. 2).

Антагонистические взаимодействия, возникающие между регуляторами, характеризуют накопительных тенденций и создают возможность выбора (селекции) доминирующего регулятора в системе

управления. За временной период тестирования человека (рис. 6 а) и б)) в автономном контуре (AK^+) осуществляется регуляция, в результате которой R-R интервал удлиняется, а регуляция в центральном контуре ($ЦК^-$) способствует укорочению R-R интервала. В результате взаимодействия эти тенденции могут многократно менять накопительные характеристики и переходить рубеж (00) из активной зоны (+), в зону пассивную (-) [22].

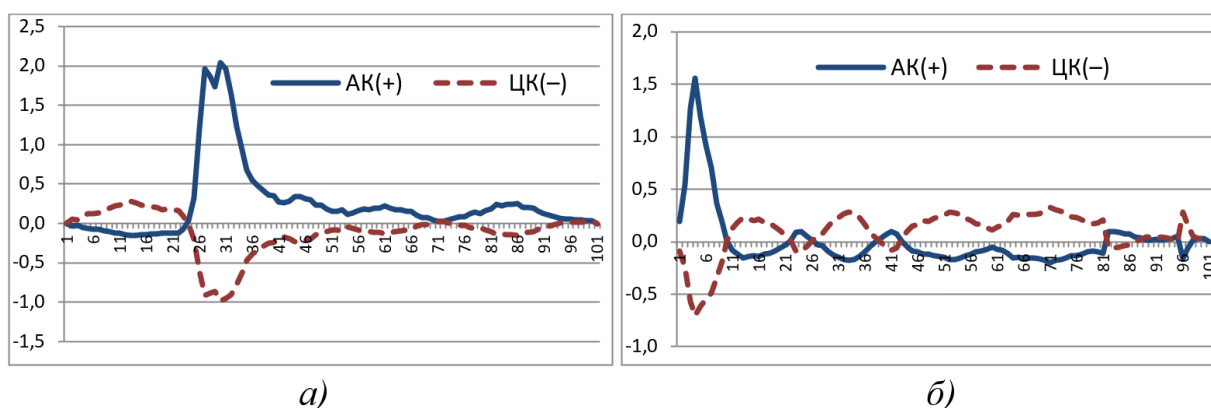


Рис. 6. Показатели долевых тенденций в динамике возрастающих (+) и убывающих (-) амплитудных рядов сердечного ритма

а) – в ортостатической пробе - стоя, б) – через 1 мин отдыха после 20 приседаний. $AK(+)$ - автономный контур, $ЦК(-)$ - центральный контур.

Как мы видим из графика ортостатической пробы (рис. 6 а)) вначале первого цикла регуляции характеристики $AK(+)$ контура были пассивно-возрастающими, а $ЦК(-)$ контура – активно-убывающими (см. табл. 1). Как мы видим из графика в этом цикле доминирует регуляция $ЦК(-)$ контура. В результате селективного выбора во втором цикле характеристики взаимоотношений поменялись. После физической нагрузки (рис. 6 б)), в результате выбора системой доминирующих регуляторов, возникают совершенно другие антагонистические характеристики взаимодействий. В первом цикле доминирует активно-возрастающая регуляция $AK(+)$ контура. В дальнейшем, после селективного выбора, в антагонизме доминировала активно-убывающая регуляция $ЦК(-)$ контура.

В процессе эволюции природы в межсистемной регуляции живых организмов сформировался механизм селективного

отбора полезных адаптивных функций, которые способствуют улучшению адаптации организма к изменяющимся условиям окружающей среды.

Возможно, в результате преобладающего влияния накопительной вариабельности в противодействующих функциональных структурах формируется селективный отбор доминирующего регулятора. На разных этапах циклической периодизации этот регулятор отличается повышенными характеристиками антагонистических противодействий, которые и соответствуют формированию необходимых ответных реакций и имеют так же соответствующее отражение в деятельности различных систем организма.

Характеристики антагонизма между регуляторами ритма сердечной деятельности, за временной период воздействия внешних факторов, предполагают многократное изменение в ритме диапазона ответных антагонистических реакций, а так-

же изменение и внутренних структурных тенденций (рис. 6).

Величину антагонистического противодействия между регуляторами ритма сердца определяет итоговая доля участия, а мерой ее измерения является вариация долевой тенденции.

Материал и методы исследования. В исследованиях 2009 года принимали участие 25 студентов СГУТиКД [20], выполнявших вначале ортостатическую пробу, а затем, после 5 мин. отдыха – физическую нагрузку, состоящую из 20 приседаний. До и после функциональных тестов велась запись ЭКГ, которая приводилась с помощью электрокардиографа FU CARDIOSUNY C300, во втором отведении со скоростью 50 мм/сек. Расстояния R-R интервалов ЭКГ измерялись прибором автоматически и записывались в цифровых показателях.

Для изучения селективных свойств в изменяющихся антагонистических взаимозависимостях между регуляторами сер-

дечного ритма были взяты данные студента Сорокина О.В., Гистограммы этих кардиоинтервалограмм, выстроенных по цифровым показателям, представлены на рис. 5 а) и б). Вычисленные в дальнейшем из этих гистограмм величины долевых тенденций (Рис.6) характеризуют антагонизма между регуляторами сердечного ритма [22].

Для определения величин долевой тенденции (ДТ) вначале использовалась многомерная модель, которая в дальнейшем была преобразована введением динамического стандарта в систему скользящих координат (рис. 3). Вычисленные графики долевых тенденций центрального ЦК(-) и автономного АК(+) контуров представлены на рисунке 6.

Для исследования антагонистических взаимодействий, возникающих между регуляторами сердечного ритма, выявлялись влияния возрастающих и убывающих амплитудных вариаций между последовательно идущими R-R интервалами (C_i).

$$\Delta_{\pm} = C_{i+1} - C_i. \quad (1)$$

Иерархия тенденций в этой динамике была выявлена применением холистического подхода [14]. Выделенные тенденции вариативного ряда (гармоники) представляют 1-й и 2-й иерархические уровни. Дальнейшее выделение возрастающих и убывающих амплитуд из гармоник поз-

воляет получить 3-й иерархический уровень.

Весь процесс разложения динамической вариабельности на иерархические уровни и определения в них показателей долевых тенденций (ДТ) представлены схемой.

Схема последовательных вычислений:

$$\Delta_{\pm} = C_{i+1} - C_i. \text{ Выделение амплитуд} \quad (1)$$

$$B_i = (p_i + p_{i+1}) + \pi / \text{Arccos} \angle \alpha. \text{ Доля прироста} \quad (2)$$

$$B_y = B_i - h_{st}. \text{ Выбор стандарта} \quad (3)$$

$$ДУУ_{ij} = B_y + B_{y+1}. \text{ Доля условного участия} \quad (4)$$

$$ДУА_{ij} = ДУУ_{ij} / n - 1 \text{ Доля условной активности} \quad (5)$$

$$KE = ДУУ * ДУА. \text{ Кумулятивная емкость гармоник} \quad (6)$$

$$РДС = 1 / [\sqrt{\sum (ДУУ_i - ДУУ_j)^2 / n} - 1]. \text{ Резерв динамического сопряжения} \quad (7)$$

$$B_x = \sqrt{(B_{ji} - OP_{инт})^2}. \text{ Выбор тенденции гармоник} \quad (8)$$

$$HB_x = B_x + B_{x+1}. \text{ Накопительная вариабельность} \quad (9)$$

$$KE-2 = ДУУ_{B_x} * ДУА_{B_x} \text{ Кумулятивная емкость тенденций } (\pm) \quad (10)$$

$$ДСА = [(HB_i + HB_j) / HB_j] - [(HB_i + HB_j) / HB_i].$$

$$\text{Диапазон системных антагонистов (ДСА)} \quad (11)$$

$$P = \text{lim} / n. \text{ Вероятность исхода} \quad (12)$$

Для вычисления показателей ДТ в программе Excel была разработана вычислительная таблица, которая позволяет значи-

тельно сокращать время обработки данных, если учесть, что численность показате-

телей временного ряда может быть больше $n > 500$.

Гармоника амплитудной активности (формула-1) разделяется холистическим подходом на отдельные амплитудные ряды возрастающих и убывающих тенденций.

$$B_x = \sqrt{(B_{\pm} - OP_{\text{инт}})^2}$$

Где, B_{\pm} – доля возрастающего, или убывающего прироста, а B_x – доля тенденции прироста.

Долевые тенденции накопительной вариабельности HB_x и HB_y (формула-9),

в вычитании представляют *Разы* (формула-11, *ДСА*).

Тенденции в динамике накопительной вариабельности (формулы – 9, 10, 11), являются основными для определения форм взаимодействия антагонистического характера (рис. 6). Для анализа форм антагонистических взаимодействий предлагается таблица 1, по которой определяется двухкомпонентная зависимость, состоящая из тенденции формы и тенденции итогового накопления.

Для выявления селективных свойств динамике ряда 3-го уровня иерархии (рис. 6) выбирается часть, которую выделяет повышенная (или пониженная) активность регулятора. По выделенным показателям этого временного отрезка все вычисления производятся заново до харак-

Важным решением в определении тенденций антагонизма между возрастающими (B_+) и убывающими (B_-) тенденциями является удаление гармоник ($OP_{\text{инт}}$), которая является 2-м иерархическим уровнем (формула-8).

теристик долевых тенденций 3-го иерархического уровня (см. схему вычислений).

Результаты исследований и их об-суждение. Показатель прироста между предыдущей и последующей средней величиной R-R интервала характеризует вариационное отличие, а уменьшение числа неопределенных влияний в тенденциях ряда ведет к увеличению практической значимости измерительных моделей.

В предлагаемой многомерной модели (рис. 6) мы видим, что за период воздействия на организм функциональных тестов, происходит многократное изменение тенденций накопительной вариабельности. Применение холистического подхода позволило разделить динамику ДТ на два цикла (рис. 7 а) и б)). В ортостатической пробе (в положении стоя) мы видим, что антагонизм взаимодействий между регуляторами ритма сердечной деятельности в первом и во втором цикле имеют различные характеристики.

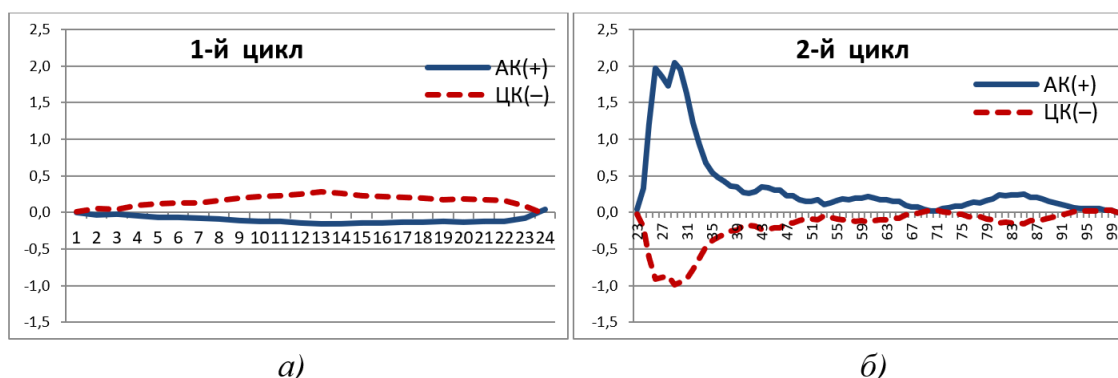


Рис. 7. Антагонистические характеристики ДТ между регуляторами в ортостатической пробе – стоя

а) 1 - цикл; б) 2 - цикл. Регуляторы: - автономного $AK(+)$ и - центрального контура $ЦК(-)$.

В первом цикле регуляции (табл. 1) антагонистические характеристики $AK(+)$

контура имеют пассивно-возрастающие тенденции, а $ЦК(-)$ контуре имеют проти-

воположные – активно-убывающие тенденции.

В результате разрешения антагонизма формируется селективный отбор, в результате которого происходит взаимозамена тенденций с определением доминирующего регулятора (рис. 7, б)). Антагонистические характеристики $AK(+)$ контура становятся активно-возрастающие, а тенденции $ЦК(-)$ контура заменяются на пассивно-убывающие.

После физической нагрузки (рис. 8, а) и б)) в регуляции сердечного ритма, в отличие от ортостатической пробы, образуются совершенно другие характеристики взаимодействий. Так, в первом цикле доминирует активно-возрастающая регуляция автономного контура $AK(+)$, а в центральном $ЦК(-)$ – пассивно-убывающая. После селективного отбора, во втором цикле стала доминировать активно-убывающая регуляция $ЦК$ контура $ЦК(-)$ [22].

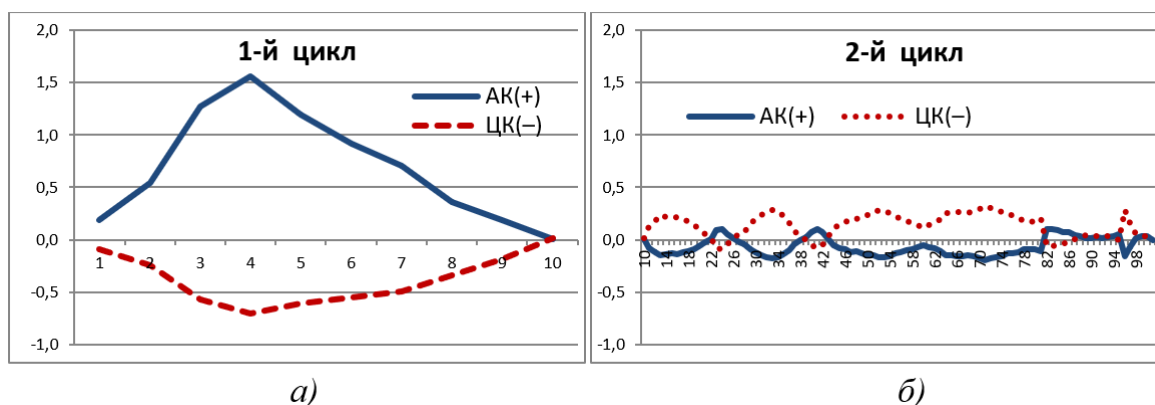


Рис. 8. Антагонистические характеристики между регуляторами через 1 мин отдыха после 20 приседаний
а) 1 - цикл; б) 2 - цикл. Регуляторы: - автономного $AK(+)$
и - центрального контура $ЦК(-)$.

Во 2-м цикле мы видим, что антагонистические тенденции угасают, а селекция теряет диапазон активности, в результате в регуляции появляется чередование малых циклов. Тенденции многократно меняют накопительные характеристики и переход взаимозамены (0.0) из активной зоны (+), в зону пассивную (-). А учащение, возможно, отражает ослабление функциональной активности.

Как мы видим из Таблицы 2 показатель $KE-2$ характеризует форму антагонистической взаимозависимости между регуляторами в 1-м и во 2-м циклах. Так, в ортоста-

тической пробе в 1-м цикле доминирует активно-убывающая тенденция ($ke-2$, 0,64), а во 2-м цикле активно-возрастающая тенденция ($ke-2$, 9,60). В пробе с физической нагрузкой взаимозависимости совершенно противоположные. В 1-м цикле доминирует активно-возрастающая тенденция ($ke-2$, 4,80), во 2-м цикле перешла к активно-убывающей тенденции центрального контура ($ЦК(-)$, 1,69). Заливка серым цветом обозначает доминирующие регуляторы в пробах 1-го и 2-го циклов.

Таблица 2. Регуляторы антагонистических взаимодействий

| ТЕНДЕНЦИИ | долевые показатели | Ортостатическая проба | | 1 минута восстановления | |
|---------------------------------------|--------------------|-----------------------|--------|-------------------------|--------|
| | | 1-цикл | 2-цикл | 1-цикл | 2-цикл |
| Возраст. (АК+) | КЕ-2 | -0,24 | 9,60 | 4,80 | -0,41 |
| Убывающ.(ЦК-) | КЕ-2 | 0,64 | -2,75 | -1,44 | 1,69 |
| Возраст. (АК+) | нв ₊ | 2,65 | 1,55 | 1,55 | 2,57 |
| Убывающ.(ЦК-) | нв ₋ | 1,61 | 2,82 | 2,82 | 1,64 |
| Возраст.(АК+) | Рнв ₊ | 0,38 | 0,64 | 0,64 | 0,39 |
| Убывающ (ЦК-) | Рнв ₋ | 0,62 | 0,36 | 0,36 | 0,61 |
| (В ₊) + (У ₋) | Σнв | 6,16 | 42,2 | 10,7 | 22,4 |
| (У ₋) – (В ₊) | ДСА | 1,04 | 1,26 | 1,27 | 0,93 |

Примечание: (В₊) – ряд положительных приростов; (У₋) – ряд отрицательных приростов.

Регуляторы: – автономного (АК+) и – центрального (ЦК-) контуров.

Между антагонистами возрастающих и убывающих тенденций существует диапазон (ДСА – диапазон системных антагонистов), в котором накопительные активная и пассивная формы тенденций сопряжены (см. рис. 7 и 8). Чем больше диапазон, тем большую активность в цикле проявляют системные регуляторы.

Так в ортостатической пробе диапазон между системными антагонистами (ДСА) наибольший во 2-м цикле (1,26), а после физической нагрузки в 1-м цикле (1,27). Это различие показывает, что в функциональных пробах антагонизм взаимодействий между автономным АК(+) и центральным ЦК(-) контурами способствует селективному выбору доминирующего регулятора, роль которого состоит в обеспечении восстановительных процессов после воздействия на организм факторов внешней среды.

Заключение. Для оценки в организме процессов саморегуляции необходимы многомерные метрические модели. Поскольку все системы организма взаимозависимы, а каждая из них имеет много-

уровневую иерархию управления, то как показали исследования, общие динамические изменения выборки могут быть определены одномерной моделью. Для определения изменений в динамике вариаций уже необходимы двумерные модели. А для оценки взаимозависимых тенденций этих вариациях нужны многомерные модели. Взаимозависимости в динамике тенденций отражают увеличение или уменьшение антагонизма между регуляторами этих тенденций в управленческой иерархии. В результате взаимозамены активных и пассивных тенденций, представляющих элемент селекции, выявляется новый ведущий регулятор, который обладает повышенной активностью в последующем цикле. Процесс селективного выбора тенденций имеет активные и пассивные формы и, как показывает показатель ДСА (табл. 2) эти формы сопряжены функционально. Взаимозамена представленных форм активности, как показали исследования, зависит от факторов внешней среды и от функционального состояния регулирующих структур.

Библиографический список

1. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // Принципы системной организации функций. – М.: Наука, 1973. – С. 5-61.
2. Агаджанян Н.А., Радыш И.В. Биоритмы. Среда обитания. Здоровье. – М.: РУДН, 2013. – 362 с.
3. Баевский Р.М. Кибернетический анализ процессов управления сердечным ритмом // Актуальные проблемы физиологии и патологии кровообращения. – М.: Медицина, 1976. – С. 161-175.
4. Байрак И.Г. Структура variability сердечного ритма при анализе PP- и RR-интервалов у больных с различными формами ИБС. Автореферат дисс. к.м.н. – М., 2005. – 21 с.
5. Бороноев В.В. Иерархия биоритмов в организме человека. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – №11 (часть 1) – С. 37-40.

6. Векшенов С.А. Математика и физика пространственно-временного континуума. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://chronos.msu.ru/old/RREPORTS/osnovaniya_fiziki/...vekshenov_matematika.pdf&tex.
7. Зеркаль О.В. Семантическая информация и подходы к ее оценке // Философия науки. – 2014. – № 1. – С. 53-66.
8. Информация и отражение. Краткий философский словарь под редакцией Алексева А.П. – М., «Проспект», 2005. – С. 140-141, 275-276.
9. Котельников С.А., Ноздрачев А.Д., Одинак М.М., Шустов Е.Б., Коваленко И.Ю., Давыденко В.Ю. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах. // Физиология человека. – 2002. – Т. 28. – №1. – С. 130-143.
10. Крачун Г.П., Леонова Н.Г. Анализ и моделирование сложных биологических процессов самоорганизации в организме человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2011. – №1. – С. 1-6.
11. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учеб. Пособие для биологич. спец. вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. Школа, 1980.
12. Лукичев В.А. «Антагонизм» // РУСО. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://csruso.ru/universitety...v-a-lukichev-antagonizm/>.
13. Мацканюк А.А., Шутов А.Б. Связь структурных характеристик в иерархии динамики временных рядов живой и неживой природы. // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 12-1. – С. 149-159.
14. Флейшман Б.С. Основы системологии. – М.: Радио и связь, 1982. – С. 14.
15. Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Неокибернетика в современной структуре системных знаний. // Робототехника и техническая кибернетика. – 2014. – № 2 (3). – С. 3-10.
16. Снежицкий В.А., Пелеса Е.С. Скорость утреннего подъема частоты сердечных сокращений как показатель нарушения циркадианного ритма у больных артериальной гипертензией // Клиническая медицина. – 2009. – Т. 87, № 4. – С. 28-31.
17. Судаков К.В. Информация в деятельности функциональных систем организма // Вестник Челябинского государственного университета. – 2009. – № 11 (149). – С. 35-46.
18. Теория информации в медицине // Республиканский межведомственный сборник научных работ. Отв. ред. Бондарин В.А. – Минск, «Беларусь», 1974. – 272 с.
19. Теслер Г.С. Новая кибернетика. – Киев: Логос, 2004. – 404 с.
20. Шутов А.Б., Семенчук В.С., Удовенко И.Л., Попов Л.Д., Корней К.В. Исследование механизмов регуляции сердечного ритма у студентов при выполнении функциональных проб // Приволжский научный вестник. – 2013. – №3 (19).
21. Шутов А.Б., Лобова О.Е., Мацканюк А.А. Селективный антагонизм в динамике возрастной периодизации физического развития человека. // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – № 3-1 (78). – С. 18-27. DOI:10.24412/2500-1000-2023-3-1-18-27.
22. Шутов А.Б. Метод долевых тенденций в определении регуляций сердечного ритма в ортостатической пробе // 21-й КОНГРЕСС Российского общества холтеровского мониторинга и неинвазивной электрофизиологии (РОХМиНЭ) // Российский кардиологический журнал. – 2020. – №25. – С. 16.
23. Kolchinsky A., Wolpert D.H. Semantic information, agency, and nonequilibrium statistical physics. – С. 1-15.
24. Maturana H, Varela F. Autopoiesis and Cognition. – Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1980. – 143 p.
25. Peixoto A.J., White W.B. Circadian blood pressure: clinical implications based on the pathophysiology of its variability // Kidney Int. – 2007. – Vol. 71, № 9. – P. 855-860.

CONTINUUM METRICS AND SELECTIVE PROPERTIES ANTAGONISM IN THE HEART RATE

A.B. Shutov, *Lecturer*

L.D. Popov, *Candidate of Medical Sciences, Associate Professor*

Sochi State University

(Russia, Sochi)

***Abstract.** The study of self-regulation of functional systems requires the selection of certain models from the space-time continuum metric. Thus, the method of fractional trends was used to study the properties of heart rate variability under the influence of functional tests. It was found that increasing and decreasing trends in rhythm variations can have an active and passive form of accumulation. As a result of the antagonistic interaction of forms and trends, a selective choice of the dominant regulator occurs. The characteristics of this regulator are numerical indicators of the share trends of the 3rd hierarchical level: cumulative capacity, cumulative variability, range of systemic antagonists and probability of outcome.*

***Keywords:** functional tests, heart rate, continuum, functional system, self-organization, information, hierarchy, shared tendency, variability, antagonism, selection.*