

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА БОЛЬНЫХ В РАЗНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА

Л.С. ШАКИРОВА¹, А.Н. МУРАВЬЕВА², Ю.В. САЛИМОВА², В.В. ВЕДЕНЕЕВ²

¹ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук». Обособленное подразделение «ФНЦ НИИСИ РАН» в г. Сургуте, ул. Базовая, 34, Сургут, Россия, 628400

²БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Общеизвестна связь состояния параметров нейровегетативной системы (ВНС) с характером течения заболевания и процессом выздоровления. Однако, количественные взаимоотношения между параметрами ВНС и параметрами гомеостаза остаются все еще мало изученными. В этой связи в работе детально изучаются состояния работы сердца у хирургических больных – жителей Югры. Показано, что наибольшее различие демонстрирует мужчины в период осень-зима, в остальные периоды мужчины и женщины статистически различаются не существенно.

Ключевые слова: квазиаттракторы, симпатическая и парасимпатическая вегетативная нервная система.

VARIABILITY OF THE HEART RHYTHM OF PATIENTS IN DIFFERENT SEASONS OF THE YEAR

L.S. SHAKIROVA¹, A.N. MOURAVIYOVA², Yu.V. SALIMOVA², V.V. VEDENEEV²

¹Federal Science Center - Scientific-research Institute for System Studies of the Russian Academy of Sciences, Bazovaya st, 34, Surgut, Russia, 628400

²Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. It is well known that the state of the parameters of the neurovegetative system is related to the characteristics of the development of the disease and the healing process. At present, the quantitative relationships between the parameters of the neurovegetative system and the parameters of homeostasis are not well understood. Therefore, the article examines in detail the state of the heart in surgical patients who live in Ugra. It is shown that the greatest difference is demonstrated by men in the autumn-winter period. From the point of view of statistics, in other periods, men and women do not have significant differences.

Keywords: quasiattractors, sympathetic and parasympathetic autonomic nervous system.

Введение. Заболевание человека, процесс лечения и выздоровление сопровождается колебаниями активности вегетативной нервной системы (ВНС) и это касается в первую очередь баланса активности симпатической ВНС (СВНС) и парасимпатической ВНС (ПВНС). При этом особое значение имеет характер этого взаимоотношения при операционных вмешательствах. Считается, что на первом этапе операции может преобладать активность парасимпатической системы, которая демонстрирует тоническое состояние не только ВНС, но и всего гомеостаза в целом.

Тоническое состояние сопровождается пролиферацией клеток (она необходима

при заживлении раневого канала), низкой вязкостью крови и слабыми иммунными ответами. Однако, по мере выздоровления организма ведущая роль в гомеостазе переходит к симпатической нервной системе, которая соответствует фазическому состоянию ВНС и всего гомеостаза [1, 6].

1. Колебательный характер СВНС и ПВНС.

Управление динамикой ВНС в виде волнового перехода от парасимпатотонии к симпатотонии осуществляется в том числе и на психическом уровне. В этой связи изучении динамики таких переходов и их влияния на репарационные процессы и выздоровление в целом представляет

особый интерес не только для хирургии, но и для общей теории патологии в целом [6].

Количественная идентификация процессов смены парасимпатотонических и симпатотонических (тонических и фазических) состояний гомеостаза у хирургических больных – это особая проблема для хирургии. В первую очередь это обусловлено тем, что задержка организма после операции в состоянии парасимпатотонии чревата серьезными последствиями для пациента (выздоровление будет затягиваться, возможны хронические процессы). Наоборот, удержание гомеостаза в глубокой симпатотонии (что характерно для предоперационного периода) будет задерживать начало репарационных процессов, увеличивает сроки пребывания пациента в больнице.

В этой связи мы можем говорить и о проблеме управления такими процессами, но управление требует разработки точных количественных методов измерения состояния ВНС и методов оценки степени влияния управляющих воздействий на организм оперируемого пациента. В качестве управления выступают и экофакторы среды, т.к. тяжесть заболевания часто зависит от сезона года и это также требует научного изучения.

Все это приводит к необходимости разработки новых биоинформационных методов оценки качества управления послеоперационным периодом и обработки информации о состоянии пациента как перед операцией, так и в период выздоровления. Период после операции также важен, как и период перед операцией, а разработка интегративных методов оценки динамики ВНС в ходе операционного вмешательства является очень важным разделом хирургии и общей теории патологии, т.к. обеспечивает правильное ведение больного как до операции, так и после. Разработка новых методов оценки состояния гомеостаза у операционных больных может базироваться на новом подходе в медицине, который основан на теории хаоса-самоорганизации (ТХС). В рамках ТХС становится возможным осуществить

интегративное определение статуса больного и выработать комплексное обоснование в оценке нейровегетативного статуса больного с позиций именно многомерного фазового пространства состояний [2, 3, 5, 6]. Использование новых биоинформационных методов на базе многомерных фазовых пространств может обеспечить получение интегративных параметров в оценке статуса больного, что и составило основу настоящей работы.

1. Физико-математические методы идентификации компонент вектора состояния организма хирургических больных.

Анализ колебательной структуры сердечного ритма (вариабельности сердечного ритма – ВСР) у хирургических больных производился с помощью фотооптических датчиков и специализированного программного вычислительного комплекса на базе ЭВМ. В устройстве применялся оптический пальцевый датчик (в виде прищепки), с помощью которого происходила регистрации пульсовой волны с одного из пальцев кисти пациента. Прибор снабжен программным продуктом «ELOGRAPH», который в автоматическом режиме позволяет отображать изменение ряда показателей в режиме реального времени с одновременным построением гистограммы распределения длительности кардиоинтервалов (КИ). Анализ ВСР проводился в положении сидя, при ровном дыхании, в тихом помещении. Перед началом исследования пациент проходил период адаптации к окружающим условиям в течение 10-15 минут. В период исследования пациенту предлагалось дышать равномерно и спокойно, не делая глубоких вдохов, не кашлять и не сглатывать слюну.

При спектральном анализе, вычислялась спектральная плотность мощности (СПМ) ВСР, которая отражает распределение по частоте в среднем мощности (колебательной активности) ВСР. Обработка массивов кардиоинтервалов (кардиограмм) производилась непараметрическим методом вычисления СПМ ВСР (метод Уэлча), с использованием

процедуры быстрого преобразования Фурье (БПФ). При этом, рассчитывался и усреднялся набор спектров в получаемых на последовательно смешанных во времени коротких сегментах исходной последовательности ВСР. В рамках такого подхода оценивалась СПМ ВСР, производился расчет СПМ для трех стандартных интервалов частот (0-0,04 Гц), (0,04-0,15 Гц), (0,15-0,5 Гц), производилась оценка показателей симпатической вегетативной нервной системы (СИМ) и парасимпатической вегетативной нервной системы (ПАР), определялся индекс Баевского (ИБ).

Методами обработки данных послужили оригинальные инновационные программы [4], используемые для интегративной оценки состояния нейро-вегетативного и биохимического статуса организма оперируемых больных. Параметры нейровегетативной системы (НВС). Эти данные рассчитывались в рамках традиционной статистики и новыми биоинформационными методами. Рассмотрим основные алгоритмы расчета.

Новые методы основаны на идентификации объемов квазиаттракторов в фазовом пространстве состояний (ФПС) первоначально для одного кластера (группы больных) и далее для другого. При этом производилось поэтапное (поочередное) исключение из расчета отдельных компонентов x_i вектора состояния $x=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ функциональных систем организма (ФСО) с одновременным анализом параметров квазиаттракторов и сравнением существенных или несущественных изменений в параметрах квазиаттрактора после такого исключения. Алгоритм такой процедуры основывается на следующих этапах расчёта.

Во-первых, в программу расчета на ЭВМ поочередно вводятся исходные значения (компоненты вектора состояний организма человека - ВСОЧ) которые формируются в виде матрицы $A_{ij}^k = \{a_{ij}^k\}_{i=1, \dots, p}^{k=1, \dots, m}$ параметров биосистемы, например параметры ВНС, по каждому из k кластеров. Каждый такой кластер включает анализируемые показатели больных,

которым предстоит экстренная или плановая операция на желчном пузыре в осенне-зимний период. Второй кластер включает анализируемые показатели больных во второй, весеннее-летний период. Наблюдения производились дважды: перед операцией и после операции. Получаем матрицу состояний для всех p кластеров в m -мерном фазовом пространстве. Здесь i - бегущий индекс компонента вектора x_i ($i = 1, \dots, m$), а j -номер ($j = 1, \dots, n$) биообъекта (пациента), номер кластера k тоже может изменяться ($k = 1, \dots, p$). Иными словами элемент такой матрицы a_{ij}^k представляет k -й кластер ВНС, i -й компонент ВСОЧ, для j -го пациента (или j -й группы больных).

Далее производится поочередный расчет координат граней для всех i -х параметров ВСОЧ, для всех j -х пациентов ($j = 1, \dots, n$) из k -го кластера ($k = 1, \dots, p$). В частности, определялись их длины (Interval), например, для 2-х кластеров (x и y) будем иметь:

$$D_i^x = x_{i(max)} - x_{i(min)}, D_i^y = y_{i(max)} - y_{i(min)},$$

где $x_{i(max)}$, $x_{i(min)}$ координаты крайних точек, совпадающих с нижней (или левой) и верхней (или правой) границами фазовой области по i -й координате. Далее, рассчитывается вектор объемов (GeneralValue) $V = (V_0, V_1, \dots, V_p)^T$, ограничивающих размеры всех квазиаттракторов, а так же показатели асимметрии (Asymmetry) в виде матриц размерности $m \times m$ (P_{mm}) для стохастического

$$X_1^C = (x_{11}^C, x_{12}^C, \dots, x_{1m}^C)^T, \dots, \\ X_p^C = (x_{p1}^C, x_{p2}^C, \dots, x_{pm}^C)^T,$$

и хаотического центров $X_1^x = (x_{11}^x, x_{12}^x, \dots, x_{1m}^x)^T, \dots, X_p^x = (x_{p1}^x, x_{p2}^x, \dots, x_{pm}^x)^T$.

Здесь $X_{ki}^C = \sum_{j=1}^n \frac{X_{ij}}{n}$ – формула для

идентификации координат k -го стохастического центра для k -го кластера квазиаттракторов, который находится

путем вычисления среднего $\sum_{j=1}^n \frac{X_{ij}}{n}$ арифметического для всех одноименных i -х координат (для точек, находящихся на i -ой оси) из k -го кластера, представляющих

проекции конца вектора состояния ФСО на каждую i -ю координатную ось. Отметим, что координатам центра хаотического квазиаттрактора для каждого из всех P кластеров имеет вид $X_{ki}^x = x_{i(\min)} + D_i^k/2$, т.е. по этой формуле производится идентификация хаотического центра квазиаттракторов, используемых для расчета матрицы Z . Здесь D_i^k – это ширина интервала на фазовой координате, т.е. величина грани квазиаттрактора (размер интервала изменения переменной x) в проекции на i -ую координату для k -го кластера измерений.

Отдельно вводится параметр R , показывающий степень изменения объема квазиаттракторов для k -го кластера до и после уменьшения размерности фазового пространства на одну координату ВСС. В исходном приближении вычисляем $R_0 = V_0^1 - V_0^2/V_0^1$. Здесь V_0^1 – общий объем параллелепипеда ($V_0^1 = \prod_{i=1}^m D_i^1$), внутри которого находится 1-й квазиаттрактор движения вектора состояния системы (например, ВСОЧ) для 1-го кластера данных (I – анализируемые показатели ВСП для обследуемых больных, например, до начала терапии или операционных воздействий (исходно)) в m -мерном фазовом пространстве. Далее, V_0^2 – объём параллелепипеда ($V_0^2 = \prod_{i=1}^m D_i^2$), внутри которого находится 2-й квазиаттрактор движения ВС для 2-го кластера данных (II – показатели ВСО больных по завершении контрольного наблюдения при терапии или хирургическом вмешательстве) и т.д. для кластеров, общее число которых может быть p (число нозологических групп, например). В нашем случае эти группы формировались в зависимости от сезона года (2 сезона) или по гендерным различиям (группы женщин и мужчин).

После последовательного исключения (поочередного) каждого из компонент x_i вектора X т.е. каждые x_i для одного и другого кластера исключаются одновременно (аналогично и для всех кластеров одновременно и поочередно), то тогда для всех j вычисляется вторые и далее все i -е приближения параметров

квазиаттракторов $R_i = V_i^1 - V_i^2/V_i^1$. Таким образом, получаем некоторый вектор таких величин, т.е. $R = (R_0, \dots, R_m)^T$ значений, этот вектор размерности $m+1$, имеет компоненты R_i которого демонстрируют уменьшилась или увеличилась относительная величина объемов квазиаттракторов V при изменении размерности ФПС. При уменьшении объемов квазиаттракторов V_G , анализируются параметры x_i системы, которые максимально влияют на R_i и на основе их величин изменчивости делается заключение о существенной (если параметры R_i существенно меняются) или несущественной (параметры почти неизменны) значимости конкретного, каждого x_i компонента всего ВСОЧ $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$. Компоненты x_i , которые максимально изменяют R_i являются параметрами порядка (ПП) с диагностическими признаками, т.к. имеют наибольшее клиническое значение. В общем случае размеры квазиаттракторов (V) могут даже не изменяться, но новый квазиаттрактор будет другой, его центр в фазовом m -мерном пространстве переместится в другую область фазового пространства. Возникают новые методы оценки динамики поведения ВС (особенностей ВСОЧ), что имеет большое значение для медицины. В этой связи мы контролируем одновременно и объёмы квазиаттракторов V_G и положение их центров в ФПС. Для контроля положений квазиаттракторов в ФПС Сургутской научной школой медицинской кибернетики был разработан метод матриц межаттракторных расстояний. Представим кратко суть этого метода.

Особое место в ряду новых методов многомерных фазовых пространств состояний занимает новый способ идентификации матриц Z межаттракторных расстояний [4]. Для идентификации расстояний Z_{kf} между центрами (k -го и f -го) хаотических квазиаттракторов вектора состояния организма больных или других обследуемых в рамках хирургического вмешательства и с учётом экологии человека на Севере, когда экофакторы Югры выступают в роли внешних

управляющие воздействия – ВУВов (различные виды терапии, операционные вмешательства в организм на фоне действия экофакторов) можно проводить воздействия и регистрировать параметры функции организма каждого из группы до воздействия и после воздействия, или измерять периодически в течение всего периода наблюдения параметры квазиаттракторов.

В наших исследованиях эффективность лечебного воздействия определялась сравнительно, т.е. до начала операции, но в разные сезоны года, или в крайних контрольных точках («исходно» и «по завершении контрольного наблюдения»). При этом изучались оценки интегральных индикаторов в виде объёмов квазиаттракторов и межаттракторных расстояний Z по отношению к разным сезонным периодам, или в разных гендерных группах, или в разных условиях внешних управляющих воздействий (ВУВ)

Эти параметры межаттракторных расстояний в виде элементов общей матрицы Z образуют наборы (компарменты) диагностических признаков (маркеров тяжести заболевания) в пределах одной фазовой координаты x_i из набора всех координат m -мерного фазового пространства с одинаковыми диагностическими характеристиками. Иными словами, мы можем находить матрицы межаттракторных расстояний для отдельных групп больных, а можно их рассчитывать и для каждого пациента и получать информацию о тяжести заболевания и эффективности лечения (по значениям Z) для каждого конкретного больного. При таких расчётах точкой отсчёта может быть центр квазиаттрактора группы больных (с одинаковыми признаками) или центр квазиаттрактора референтной группы (например, средние параметры нормы или патологии).

Тогда каждый больной со своим набором признаков (компоненты вектора состояния организма данного человека – ВСОЧ) задается точкой в этом фазовом пространстве состояний так, что группа наблюдения образует некоторое «облако» (из набора квазиаттракторов) в фазовом

пространстве состояний, а в динамике наблюдения эффект ВУВ, т.е. терапия или хирургическое вмешательство, может сопровождаться модификацией (образованием разных «облаков») квазиаттракторов в ФПС. В этом случае можно зарегистрировать расстояния z_{kf} – (здесь k и f – не только группы обследуемых в зависимости от сезона года, пола или каких-либо других особенностей), но и конкретные больные, которые изучаются в конкретном исследовании. Это могут быть или группы больных с разными методами лечения (схемами операций, видами лекарственной терапии) или группы больных, находящихся в разных экологических условиях (например, в разные сезоны года) или просто больные из общей группы. В последнем случае можно построить внутригрупповую матрицу расстояний (между всеми пациентами в группе) или матрицу Z до лечения и после (до воздействия ВУВ и после).

Для таких разных групп обследуемых можно определить параметры квазиаттракторов в виде их объёмов и координат центров квазиаттракторов. В этом случае в многомерном фазовом пространстве состояний мы можем рассчитать координаты центров квазиаттракторов не только для групп обследуемых, но и для каждого отдельного обследуемого. Если организм человека наблюдается некоторое время τ , то его параметры компонент x_i будут варьировать (в нашем случае мы имеем $m=11$ для «Элокса») и можно тоже образовывать квазиаттракторы для каждого пациента. Тогда можно построить матрицы межаттракторных расстояний для всей отдельной группы обследуемых размерностью $n*n$, где n – число обследуемых в группе, это будет матрица индивидуальных сравнений.

Можно также произвести расчёт и сравнение матриц расстояний между хаотическими или стохастическими центрами разных квазиаттракторов, которые формируют матрицы хаотических центров Z_c и стохастических Z_s . Такие матрицы Z задают самые разные расстояния между хаотическими и

стохастическими центрами квазиаттракторов, описывающих состояние разных групп обследуемых. Например, до начала лечебного воздействия и после воздействия в заданных точках контрольного наблюдения, а также такие матрицы демонстрируют различия между отдельными пациентами в группе с одинаковыми качественными характеристиками.

Существенно, что максимальные различия в расстояниях между хаотическими или стохастическими центрами квазиаттракторов z_{kf} движения ВСОЧ обследуемых групп испытуемых в контрольных точках наблюдения (до и после ВУВ) соответствуют максимальной эффективности лечебного мероприятия, а их уменьшение требует дополнительной корректировки в лечебном воздействии [4]. Анализ динамики параметра z_{kf} в матрицах межаттракторных состояний позволяет оценивать количественную меру эффективности ВУВ в процессе лечения в разных контрольных точках наблюдения. Получаемые данные от группы обследуемых путём повторов измерений в виде набора m блоков данных (компарментов), где m – общее число измеряемых диагностических признаков, переносят в виде точек в m – мерное фазовое пространство состояний (ФПС). В целом, группа больных (обследуемых) может образовывать кластер квазиаттракторов, который характеризуется своей матрицей z межаттракторных расстояний. Каждая такая матрица с набором квазиаттракторов V_{Gi} может представлять индивидуальный подход в оценке заболевания и это составляет новое направление в индивидуализированной медицине и экологии. Такие расчеты позволяют количественно оценивать качество и эффективность лечебных мероприятий по отношению к каждому пациенту.

В целом, ещё раз повторяем и подчёркиваем, что каждый такой квазиаттрактор имеет свои параметры: объем k -го квазиаттрактора $V_g^k = \prod_{i=1}^m D_i^k$, хаотический центр k -го

квазиаттрактора $X_c^k = (x_{1c}^k, x_{2c}^k, \dots, x_{mc}^k)^T$, где $x_{ic}^k = \frac{(x_{ic}^{k \max} + x_{ic}^{k \min})}{2}$. Отдельно

рассчитываются и координаты стохастического центра $X_{is}^k = \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}^k}{m}$, где

x_{ij}^k – значение величины диагностического признака для j -го пациента (всего пациентов n) по i -ой координате (всего m координат) из кластера k обследуемых групп (всего групп p). Тогда, при изменении своего положения в ФПС квазиаттрактор формирует и свои матрицы межаттракторных расстояний Z , которые описывают динамику движения в ФПС исследуемого ВСОЧ, например, под действием хирургического вмешательства.

Все p объемов ($k = 1, 2, \dots, p$) всех КА образуют вектор объемов КА $V_g = (V_g^1, V_g^2, \dots, V_g^p)^T$, где p – число кластеров (в нашем наблюдении для группы пациентов в контрольных точках наблюдения). Одновременно, для таких квазиаттракторов по определённому алгоритму рассчитываются матрицы расстояний $Z = \{z_{kf}\}_{k,f=1, \dots, p}$ между центрами хаотических квазиаттракторов (между k – м и f – м квазиаттракторами в ФПС) по формуле

$$Z_{kf}^c = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ic}^k - x_{ic}^f)^2}.$$

Аналогично определяется и матрица Z расстояний между статистическими центрами (статистическими математическими ожиданиями), т.е. по формуле $Z_{kf}^s = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{is}^k - x_{is}^f)^2}$. Эта матрица

не учитывает процессы, происходящие на периферии, но она даёт информацию об изменениях в параметрах квазиаттракторов (в гипотезе неравномерного распределения). Точных методов идентификации хаоса пока не существует, поэтому высказывания о равномерности распределения x_i для ВСОЧ в ФПС является гипотезой.

Полученные расстояния между центрами k -го и f -го КА или статистическими центрами (статистическими математическими ожиданиями) количественно представляют степень близости (или, наоборот, удаленности) этих 2-х сравниваемых квазиаттракторов в

фазовом пространстве состояний. Это является интегративной количественной мерой оценки эффективности применяемого лечебного воздействия. Если z_{kf} дает наибольшее расстояние между КА (или статистическим центром при неравномерных распределениях) до и после введения лекарственного препарата или операционного воздействия в определенной точке контрольного наблюдения (например, для конкретного k -го воздействия в данной точке при контроле лечебного воздействия), то считается, что данное ВУВ является наиболее эффективным из всех исследуемых.

Оценку эффективности данного лечебного мероприятия (ВУВа) можно производить не только в рамках теории хаоса-самоорганизации но и на основе нейросетевых методов сравнения разных групп обследуемых. Такая задача может производиться в рамках решения задачи бинарной классификации с помощью нейроэмуляторов. Однако, научной школой медицинской кибернетики при НИИСИ РАН (В.М. Еськов и др., 1991-2020) была доказана неэффективность использования нейроэмуляторов для оценки параметров порядка (наиболее важных диагностических признаков) при идентификации различий между состояниями биомедицинской системы. Было доказано, что многократные повторы решения задачи бинарной классификации (разделения двух разных групп больных с помощью нейро-ЭВМ) не обеспечивают повторений в значениях весов диагностических признаков.

Каждый раз, когда при одинаковом наборе параметров ВСОЧ для двух разных групп испытуемых нейроэмулятор решает задачу бинарной классификации, то при положительном решении (группы разделяются) этой задачи набор весовых значений диагностических признаков изменяется, то есть возникает новый набор. Для решения задачи идентификации наиболее значимых (важнейших) признаков в научной школе проф. В.М. Еськова было предложено (и зарегистрировано в РОСАПО) две компьютерные программы

(алгоритма). Один из этих алгоритмов и был использован в настоящей работе.

Этот алгоритм основан на многократном повторении процедуры запуска нейроэмулятора при одинаковых обучающих выборках в режиме хаотического задания начальных значений весовых коэффициентов. Оказалось, что повторение этой процедуры много тысяч раз обеспечивает получение вариационных рядов для каждого диагностического признака x_i от всего ВСОЧ. При этом в этих наборах весов x_i наблюдается определённая закономерность: нейросеть самостоятельно выделяет наиболее значимые x_i , они получают после ранжирования всех x_i путём статистической обработки данных.

Продемонстрируем на конкретном примере эффективность расчета матриц Z для оценки особенностей женского и мужского организма при хирургическом воздействии в разные сезоны года.

2. Пример расчёта матриц сезонной динамики параметров организма хирургических больных.

Представим результаты расчёта матриц Z в оценке изменений параметров variability сердечного ритма для двух гендерных групп: группа женщин из 15-ти человек и группа мужчин, которые прошли хирургическое лечение в два разных сезона года. Первый сезон – это «осень – зима», и второй сезон «весна-лето» когда параметры регуляции ВНС более оптимальные, а выздоровление больных обычно протекает более эффективно (и с наименьшими осложнениями). В таблице 1 представлена матрица межаттракторных расстояний между стохастическими центрами квазиаттракторов у хирургических больных в осенне-зимнем и весенне-летнем сезонах года по параметрам variability сердечного ритма. Из табл.1 следует, что наибольшее расстояние z_{ij} между центрами квазиаттракторов мы имеем для мужчин в осенне – зимний период. Суммарное значение этой строки равно

$$\sum_{i=1}^n z_{ij} = 135,35 + 139,19 + 135,23 = 409,77.$$

Остальные строки дают более низкие значения. Это означает, что именно мужчины в осенне-зимний период при

развитии заболевания имеют особое состояние организма, которое отличается от состояния групп всех женщин в оба сезона и даже мужчин, но диагностирующихся в весенне-летний период. Подчеркнем, что эта последняя группа мужчин по параметрам ВСР

существенно не отличается от состояния ВСР женщин в период как «осень-зима», так и в период «весна-лето». Для группы женщин, которые перенесли операцию в оба этих сезона года вообще величина Z_{ij} существенно не изменяется.

Таблица 1

Матрица межаттракторных расстояний между стохастическими центрами квазиаттракторов у хирургических больных в осенне-зимнем и весенне-летнем сезонах года по параметрам variability сердечного ритма

	Осенне-зимний период (муж, n=15)	Весенне-летний период (муж, n=15)	Осенне-зимний период (жен, n=15)	Весенне-летний период (жен, n=15)
Осенне-зимний период (муж, n=15)	0.00	135.35	139.19	135.23
Весенне-летний период (муж, n=15)	135.35	0.00	4.52	3.11
Осенне-зимний период (жен, n=15)	139.19	4.52	0.00	4.48
Весенне-летний период (жен, n=15)	135.23	3.11	4.48	0.00

Таблица 2

Матрица межаттракторных расстояний между центрами хаотических квазиаттракторов у хирургических больных в осенне-зимнем и весенне-летнем сезонах года по параметрам variability сердечного ритма

	Осенне-зимний период (муж, n=15)	Весенне-летний период (муж, n=15)	Осенне-зимний период (жен, n=15)	Весенне-летний период (жен, n=15)
Осенне-зимний период (муж, n=15)	0,000	454,56	506,26	464,63
Весенне-летний период (муж, n=15)	454,56	0,00	55,47	22,55
Осенне-зимний период (жен, n=15)	506,26	55,47	0,00	42,95
Весенне-летний период (жен, n=15)	464,63	22,55	42,95	0,00

Все эти три группы (2-е группы женщин и одна группа мужчин в весеннее-летний сезон) вообще укладывается в интервал от 3,11 единиц до 4,52 единиц. Это означает, что все эти три группы находятся вблизи одного общего объема фазового пространства и существенно отличаются от группы мужчин (осень-зима).

Подобная динамика прослеживалась и по объемам квазиаттракторов, когда группа мужчин в период «осень-зима» на два порядка отличалась от этих трёх групп. Очевидно, что тяжесть заболевания и состояние параметров ВНС будут находиться в определенной взаимосвязи, а наш метод показывает интегрально общность и различие в состоянии всех четырёх групп. Состояния ВНС будут существенно влиять на характер выздоровления, то есть на весь послеоперационный период. И это должно сказываться на тактике лечения. Ещё более разительные отличия мы имеем в параметрах хаотической динамики (в гипотезе равномерного распределения). Это представлено в таблице 2. Здесь сумма элементов первой строки вообще подходит к величине в полторы тысячи условных единиц ($454,56+506,26+464,63=1425,45$ у.е.), что в три раза больше чем для групп из таблицы 1.

Однако и для трёх (в якобы благоприятные сезоны) групп величин Z_{ij} составляют несколько десятков. При этом мужчины второй мужской группы (весенне-летний период) всё-таки отстоят на большем расстоянии от женской группы периода «осень-зима» (55,47 у.е.), чем женщины осенне-зимнего периода. Первая группа женщин отстоит от женщин весенне-летнего периода на значительном расстоянии (42,95 у.е.). Наименьшее же расстояние Z_{kf} мы имеем для группы мужчин второго сезона (весна-лето) и группы женщин второго сезона (весна-лето). Величина этого расстояния составляет 22,55 у.е. и оно минимальное во всей этой матрице. Схожий результат был и в статистике (3,11 у.е.), но там женщины этих двух групп продемонстрировали максимальное расстояние (4,48 у.е.) при сравнении этих трёх схожих по параметрам

ВСР групп. В рамках теории хаоса-самоорганизации динамика поведения ВСОЧ более разительная и существенно отличается от динамики в стохастическом подходе.

Заключение. Хаотическая динамика более выразительная и более настораживающая не только для группы мужчин в осенне-зимний период, но и для остальных трёх групп при их попарном сравнении. В хаосе величина Z_{kf} в разы а иногда и на порядок больше, чем эти три группы в стохастике.

Это демонстрирует то, что даже в благоприятный сезон года (относительно благоприятный) мы имеем значительный разброс параметров ВНС при индивидуальной оценке состояния ВНС, чем при их усреднении. Среднее значение ведет себя менее выразительно, чем при расчёте в рамках теории хаоса-самоорганизации. Квазиаттракторы более информативны при оценке тяжести патологического процесса в сравнении со стохастикой.

В итоге, алгоритмы расчета объемов квазиаттракторов демонстрируют высокую результативность параметров квазиаттракторов (их объемов при анализе сезонных изменений параметров ВСР групп оперируемых больных в два сезона по две группы- мужчины и женщины).

Матрицы квазиаттракторов для оценки в рамках стохастики и в рамках теории хаоса-самоорганизации дают некоторую скоррелированную динамику изменений межаттракторных расстояний Z_{ij} (коэффициент корреляции элементов таблицы 1 и таблицы 2 довольно высок) Однако, матрицы хаотических квазиаттракторов более информативны и выразительны, они обеспечивают индивидуальный подход в оценке влияния хирургического лечения на параметры ВНС.

Литература

1. Белощенко Д.В., Горбунов Д.В., Башкатова Ю.В., Мороз О.А. Матрицы парных сравнений выборок в оценке параметров систем третьего типа – *complexity* // Сложность. Разум.

- Постнеклассика. – 2019. – № 1. – С. 40-47.
2. Гордиевский А.Ю., Попов Ю.М., Сазонова Н.Н., Салимова Ю.В. Энтропия и энергия в биомеханике // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 3. – С. 51-61.
 3. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Конец определенности: хаос гомеостатических систем / Под ред. Хадарцева А.А., Розенберга Г.С. Тула: изд-во Тульское производственное полиграфическое объединение, 2017. – 596 с.
 4. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Complexity: хаос гомеостатических систем / Под ред. Г.С. Розенберга. Самара: Изд-во ООО «Порто-принт», 2017. – 388 с.
 5. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Филатова Д.Ю., Башкатова Ю.В. Хаос параметров гомеостаза сердечно-сосудистой системы человека / Самара: Изд-во ООО «Порто-Принт», 2018. – 312 с. ISBN 978-5-91867-162-7
 6. Еськов В.В. Проблема статистической неустойчивости в биомеханике и в биофизике в целом // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 2. – С. 166-175. DOI: 10.24411/1609-2163-2018-16071
 7. Еськов В.М., Филатова О.Е., Полухин В.В., Нувальцева Я.Н., Веденева Т.С. Новое понимание статичности в биомеханике и проблема стандартов гомеостаза // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 3. – С. 22-31.
 8. Еськов В.М., Мирошниченко И.В., Мнацаканян Ю.В., Журавлева А.Н. Проблема устойчивости гомеостатического регулирования функциональных систем организма // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 1. – С. 73-87.
 9. Живогляд Р.Н., Башкатова Ю.В., Воробей О.А., Лупынина Е.Ю. Оценка показателей функциональной системы организма населения Югры // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 2. – С. 5-12.
 10. Живогляд Р.Н., Ивахно Н.В., Чертищев А.А., Воробей О.А., Муравьева А.Н., Мнацаканян Ю.В. Особенности сезонной динамики заболеваемости населения Югры с позиции теории хаоса самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. – 2019. – Т. 26, № 3 – С. 112-116.
 11. Ивахно Н.В., Башкатова Ю.В., Симановская О.Е., Снигирев А.С. Особенности параметров сердечно-сосудистой системы спортсменов в Югре // Вестник новых медицинских технологий. – 2019. – Т. 26, № 2. – С. 140-144.
 12. Ивахно Н.В., Горбунов Д.В., Афаневич К.А., Афаневич И.А., Хакимова В.В. Новые методы оценки регистрируемых выборок на однородность // Вестник новых медицинских технологий. – 2019. – Т. 26, № 3 – С. 122-126.
 13. Мирошниченко И.В., Башкатова Ю.В., Филатова Д.Ю., Ураева Я.И. Эффект Еськова-Филатовой в регуляции сердечно-сосудистой системы – переход к персонифицированной медицине // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 2. – С. 200-208.
 14. Мирошниченко И.В., Прохоров С.В., Эльман К.А., Срыбник М.А. Сравнительный анализ хаотической динамики показателей сердечно-сосудистой системы пришлого детско-юношеского населения Югры // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 1. – С. 154-160.
 15. Прохоров С.В., Якунин В.Е., Белощенко Д.В., Башкатова Ю.В. Неопределенность параметров кардиоинтервалов испытуемого в условиях физической нагрузки // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 2. – С. 176-187.
 16. Попов Ю.М., Сазонова Н.В., Полухин В.В., Ивахно Н.В., Мельникова Е.Г. Статистическая неустойчивость параметров симпатической вегетативной нервной системы аборигенов севера РФ // Вестник новых

- медицинских технологий. – 2019. – Т. 26, № 4. – С. 141-145.
17. Прохоров С.А., Гумарова О.А., Монастырецкая О.А., Хвостов Д.Ю., Афаневич И.А. Нестабильные системы: проблема однородности групп // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 1. – С. 62-72.
 18. Филатова О.Е., Мельникова Е.Г., Горбунов С.В., Нувальцева Я.Н. Особенности гомеостатических систем (третьего типа) // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 2. – С. 28-39.
 19. Филатова О.Е., Башкатова Ю.В., Мельникова Е.Г., Воробей О.А. Фазовые портреты нейровегетативной системы человека на Севере РФ // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 3. – С. 14-21.
 20. Филатов М.А., Григорьева С.В., Горбунов Д.В., Белощенко Д.В., Фадюшина С.И. Неоднородность разовых выборок параметров функциональных систем организма человека // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 2. – С. 71-79.
 21. Eskov V.V., Beloshchenko D.V., Bazhenova A.E., Zhivaeva N.V. The influence of local cold effects on electromyogram parameters in women // Human ecology. – 2018. – Vol. 9. – Pp. 42-47.
 22. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Effect of cold on involuntary movements in men with different levels of physical fitness in the Russian north // Human ecology. – 2019. – Vol. 6. – Pp. 39-44.
 23. Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Parameter evaluation of cardiovascular system in schoolchildren under the conditions of latitudinal displacement // Human ecology. – 2018. – Vol. 4. – Pp. 30-35.
 24. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S. V. Psychophysiological parameters of students before and after translatitude travels // Human ecology. – 2019. – Vol. 4. – Pp. 18-24.
 25. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the Parameters for Tremograms According to the Eskov–Zinchenko Effect Biophysics // Biophysics. – 2018. – Vol. 63(2). – Pp. 125-130.
 26. Khadartsev A.A., Nesmeyanov A.A., Eskov V.M., Filatov M.A., Pab W. Fundamentals of chaos and self-organization theory in sports // Integrative medicine international. – 2017. – Vol. 4. – Pp. 57-65.
 27. Khromushin V.A., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Vokhmina Yu.V. New principles in the operation of neural emulators in medical diagnosis // Biomedical Engineering. – 2019. – Vol. 53(2). – Pp. 117-120.
 28. Leonov B.I., Grigorenko V.V., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K. Automation of the diagnosis of age-related changes in parameters of the cardiovascular system // Biomedical Engineering. – 2018. – Vol. 52(3). – Pp. 210-214
 29. Kolosova A.I., Filatov M.A., Maistrenko E.V., Ilyashenko L.K. An analysis of the attention indices in students from Surgut and Samara oblast from the standpoint of stochastics and chaos // Biophysics. 2019. Vol. 64(4). – Pp. 662-666.
 30. Eskov V.V., Filatova D.Yu., Ilyashenko L.K., Vochmina Yu.V. Classification of Uncertainties in Modeling of Complex Biological Systems // Moscow University Physics Bulletin. – 2019. – Vol. 74(1). – Pp. 57-63.
 31. Shakirova L.S., Filatova D.Yu., Ilyashenko L.K., Bashkatova Yu.V. Integrally-temporal and spectral parameters of cardiovascular system of pre-adolescent population of Khanty-Mansi autonomous okrug - Ugra under the conditions of latitudinal displacements // Human ecology. – 2018. – Vol. 11. – Pp. 32-36.
 32. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. Experimental study of statistical stability of cardiointerval samples // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2017. – Vol. 164(2). – Pp. 115-117.

33. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K., Eskov V.V., Minenko I.A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2018. – Vol. 165(4). – Pp. 415-418.
34. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.M., Ilyashenko L.K. New Effect in physiology of Human Nervous Muscle System // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2019. – Vol. 167(4). – Pp. 419-423.
35. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Kitanina K.Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2019. – Vol. 168(7). – Pp. 5-9.

References

1. Beloshchenko D.V., Gorbunov D.V., Bashkatova Yu.V., Moroz O.A. Matritsy parnykh sravnenii vyborok v otsenke parametrov sistem tret'ego tipa – complexity [Matrices of pairwise comparisons of samples in the estimation of parameters of systems of the third type - complexity] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]*. – 2019. – No. 1. – S. 40-47.
2. Gordievskii A.Yu., Popov Yu.M., Sazonova N.N., Salimova Yu.V. Entropiya i energiya v biomekhanike [Entropy and energy in biomechanics] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]*. – 2019. – No. 3. – S. 51-61.
3. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O. E. Konets opredelennosti: khaos gomeostaticeskikh sistem [End of definiteness: chaos of homeostatic systems] / Pod red. Khadartseva A.A., Rozenberga G.S. Tula: izd-vo Tul'skoe proizvodstvennoe poligraficheskoe ob"edinenie, 2017. – 596 s.
4. Es'kov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Complexity: khaos gomeostaticeskikh sistem [Complexity: the chaos of homeostatic systems] / Pod red. G.S. Rozenberga. Samara: Izd-vo OOO «Porto-print», 2017. – 388 s.
5. Es'kov V.V., Pyatin V.F., Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V. Khaos parametrov gomeostaza serdechno-sosudistoi sistemy cheloveka [Chaos of the parameters of homeostasis of the human cardiovascular system] / Samara: Izd-vo OOO «Porto-Print», 2018. – 312 s. ISBN 978-5-91867-162-7
6. Es'kov V.V. Problema statisticheskoi neustoichivosti v biomekhanike i v biofizike v tselom [The problem of statistical instability in biomechanics and in biophysics in general] // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]*. – 2018. – T. 25, No. 2. – S. 166-175. DOI: 10.24411/1609-2163-2018-16071
7. Es'kov V.M., Filatova O.E., Polukhin V.V., Nuval'tseva Ya.N., Vedeneeva T.S. Novoe ponimanie statichnosti v biomekhanike i problema standartov gomeostaza [A new understanding of static in biomechanics and the problem of standards for homeostasis] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]*. – 2019. – No. 3. – S. 22-31.
8. Es'kov V.M., Miroshnichenko I.V., Mnatsakanyan Yu.V., Zhuravleva A.N. Problema ustoichivosti gomeostaticeskogo regulirovaniya funktsional'nykh sistem organizma [The problem of stability of homeostatic regulation of the functional systems of the body] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]*. – 2019. – No. 1. – S. 73-87.
9. Zhivoglyad R.N., Bashkatova Yu.V., Vorobei O.A., Lupynina E.Yu. Otsenka pokazatelei funktsional'noi sistemy organizma naseleniya Yugry [Assessment of indicators of the functional system of the body of the population of Ugra] // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]*. – 2019. – No. 2. – S. 5-12.
10. Zhivoglyad R.N., Ivakhno N.V., Chertishchev A.A., Vorobei O.A., Murav'eva A.N., Mnatsakanyan Yu.V.

- Osobnosti sezonnoi dinamiki zaboлеваemosti naseleniya Yugry s pozitsii teorii khaosa samoorganizatsii [Features of seasonal dynamics of the morbidity of the population of Ugra from the perspective of the theory of chaos of self-organization] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2019. – T. 26, No. 3 – S. 112-116.
11. Ivakhno N.V., Bashkatova Yu.V., Simanovskaya O.E., Snigirev A.S. Osobnosti parametrov serdechno-sosudistoi sistemy sportsmenov v Yugre [Features of the parameters of the cardiovascular system of athletes in Ugra] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2019. – T. 26, No. 2. – S. 140-144.
 12. Ivakhno N.V., Gorbunov D.V., Afanevich K.A., Afanevich I.A., Khakimova V.V. Novye metody otsenki registriruemykh vyborok na odnorodnost' [New methods for assessing registered samples for homogeneity] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2019. – T. 26, № 3 – S. 122-126.
 13. Miroshnichenko I.V., Bashkatova Yu.V., Filatova D.Yu., Uraeva Ya.I. Effekt Es'kova-Filatovoi v regulyatsii serdechno-sosudistoi sistemy – perekhod k personifitsirovannoi meditsine [The effect of Yeskov-Filatova in the regulation of the cardiovascular system - the transition to personalized medicine] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2018. – T. 25, No. 2. – S. 200-208.
 14. Miroshnichenko I.V., Prokhorov S.V., El'man K.A., Srybnik M.A. Sravnitel'nyi analiz khaoticheskoi dinamiki pokazatelei serdechno-sosudistoi sistemy prishlogo detsko-yunosheskogo naseleniya Yugry [A comparative analysis of the chaotic dynamics of the indicators of the cardiovascular system of the newcomer youth population of Ugra] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2018. – T. 25, No. 1. – S. 154-160.
 15. Prokhorov S.V., Yakunin V.E., Beloshchenko D.V., Bashkatova Yu.V. Neopredelennost' parametrov kardiointervalov ispytuemogo v usloviyakh fizicheskoi nagruzki [Uncertainty of the parameters of the cardio intervals of the subject under physical exertion] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2018. – T. 25, No. 2. – S. 176-187.
 16. Popov Yu.M., Sazonova N.V., Polukhin V.V., Ivakhno N.V., Mel'nikova E.G. Statisticheskaya neustoichivost' parametrov simpaticheskoi vegetativnoi nervnoi sistemy aborigenov severa RF [Statistical instability of the parameters of the sympathetic autonomic nervous system of the natives of the north of the Russian Federation] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2019. – T. 26, No. 4. – S. 141-145.
 17. Prokhorov S.A., Gumarova O.A., Monastyretskaya O.A., Khvostov D.Yu., Afanevich I.A. Nestabil'nye sistemy: problema odnorodnosti grupp [Unstable systems: the problem of group homogeneity] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2019. – No. 1. – S. 62-72.
 18. Filatova O.E., Mel'nikova E.G., Gorbunov S.V., Nuval'tseva Ya.N. Osobnosti gomeostaticheskikh sistem (tret'ego tipa) [Features of homeostatic systems (third type)] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2019. – No. 2. – S. 28-39.
 19. Filatova O.E., Bashkatova Yu.V., Mel'nikova E.G., Vorobei O.A. Fazovye portrety neurovegetativnoi sistemy cheloveka na Severe RF [Phase portraits of the human neurovegetative system in the North of the Russian Federation] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2019. – No. 3. – S. 14-21.
 20. Filatov M.A., Grigor'eva S.V., Gorbunov D.V., Beloshchenko D.V., Fadyushina S.I. Neodnorodnost' razovykh vyborok

- parametrov funktsional'nykh sistem organizma cheloveka [Heterogeneity of single samples of the parameters of the functional systems of the human body] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2019. – No. 2. – S. 71-79.
21. Eskov V.V., Beloshchenko D.V., Bazhenova A.E., Zhivaeva N.V. The influence of local cold effects on electromyogram parameters in women // Human ecology [In Russian]. – 2018. – Vol. 9. – Pp. 42-47.
 22. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Effect of cold on involuntary movements in men with different levels of physical fitness in the Russian north // Human ecology [In Russian]. – 2019. – Vol. 6. – Pp. 39-44.
 23. Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Parameter evaluation of cardiovascular system in schoolchildren under the conditions of latitudinal displacement // Human ecology [In Russian]. – 2018. – Vol. 4. – Pp. 30-35.
 24. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S.V. Psychophysiological parameters of students before and after translatitude travels // Human ecology [In Russian]. – 2019. – Vol. 4. – Pp. 18-24.
 25. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the Parameters for Tremograms According to the Eskov–Zinchenko Effect Biophysics // Biophysics. – 2018. – Vol. 63(2). – Pp. 125-130.
 26. Khadartsev A.A., Nesmeyanov A.A., Eskov V.M., Filatov M.A., Pab W. Fundamentals of chaos and self-organization theory in sports // Integrative medicine international. – 2017. – Vol. 4. – Pp. 57-65.
 27. Khromushin V.A., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Vokhmina Yu.V. New principles in the operation of neural emulators in medical diagnosis // Biomedical Engineering. – 2019. – Vol. 53(2). – Pp. 117-120.
 28. Leonov B.I., Grigorenko V.V., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K. Automation of the diagnosis of age-related changes in parameters of the cardiovascular system // Biomedical Engineering. – 2018. – Vol. 52(3). – Pp. 210-214
 29. Kolosova A.I., Filatov M.A., Maistrenko E.V., Ilyashenko L.K. An analysis of the attention indices in students from Surgut and Samara oblast from the standpoint of stochastics and chaos // Biophysics. 2019. Vol. 64(4). – Pp. 662-666.
 30. Eskov V.V., Filatova D.Yu., Ilyashenko L.K., Vochmina Yu.V. Classification of Uncertainties in Modeling of Complex Biological Systems // Moscow University Physics Bulletin. – 2019. – Vol. 74(1). – Pp. 57-63.
 31. Shakirova L.S., Filatova D.Yu., Ilyashenko L.K., Bashkatova Yu.V. Integrally-temporal and spectral parameters of cardiovascular system of pre-adolescent population of Khanty-Mansi autonomous okrug - Ugra under the conditions of latitudinal displacements // Human ecology [In Russian]. – 2018. – Vol. 11. – Pp. 32-36.
 32. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. Experimental study of statistical stability of cardiointerval samples // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2017. – Vol. 164(2). – Pp. 115-117.
 33. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K., Eskov V.V., Minenko I.A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2018. – Vol. 165(4). – Pp. 415-418.
 34. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.M., Ilyashenko L.K. New Effect in physiology of Human Nervous Muscle System // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2019. – Vol. 167(4). – Pp. 419-423.
 35. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Kitanina K.Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2019. – Vol. 168(7). – Pp. 5-9.