

ДОЗИРОВАННАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА – КРИТЕРИЙ
ТРЕНИРОВАННОСТИ СПОРТСМЕНА

В.М. ЕСЬКОВ^{***}, Н.А. ФУДИН^{**}, Е.В. БЕЛЫХ^{*}, А.С. ТРОИЦКИЙ^{*}

^{*} ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», ул. Болдина, 128, Тула, Россия, 300012

^{**} ИУ «Институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина»,
ул. Моховая, 11, строение 4, Москва, Россия, 125009

^{***} БУ ВО «Сургутский государственный университет»,
проспект Ленина, 1, г. Сургут, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Россия, 628412

Аннотация. В статье охарактеризована общепринятая статистическая обработка информации от организма человека, как недостаточно корректная, обоснована необходимость оценки функций организма, его адапционных резервов – с помощью системного анализа. Целью исследования явилось использование новых средств на основе методов многомерных фазовых пространств состояний. В двух проведенных блоках исследований в 2 группах студентов изучены параметры тремора при помощи биоизмерительного комплекса без нагрузки и с нагрузкой, а также регистрировали частоту сердечных сокращений, рассчитывали показатели активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, стандартного отклонения интервалов, индекса напряжения Баевского. Рассчитывали компоненты спектральной мощности в низкочастотном и ультранизкочастотном диапазонах, а также величину вагосимпатического баланса. После выполнения стандартизированной динамической нагрузки (30 приседаний) регистрация продолжалась в течение 5 минут. Использование инновационных методов оказалось более чувствительным к идентификации изучаемых элементов. Установленные закономерности в динамике поведения вектора состояния организма тренированных и нетренированных лиц целесообразно использовать для количественной оценки степени детренированности организма, а также для оценки качества проводимых дозированных физических нагрузок (тренировок) у спортсменов в условиях профильных подготовок (с учетом видов спорта).

Ключевые слова: сердечнососудистая система, тремор, квазиаттракторы, амплитудно-частотные характеристики, физическая нагрузка, функциональные системы организма.

EXERCISE STRESS - CRITERIA FITNESS ATHLETE

V.M. ESKOV^{***}, N.A. FUDIN^{**}, E.V. BELYKH^{*}, A.S. TROITSKY^{*}

^{*} Tula State University, st. Boldin, 128, Tula, Russia, 300012

^{**} Institute of Normal Physiology. P.C. Anokhina, st. Moss, 11, building 4, Moscow, Russia, 125009

^{***} Surgut State University, Lenin Avenue, 1, Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Area - Yugra, Russia, 628412

Abstract. The article described a common statistical processing of information from the human body, as insufficiently correct, the necessity of evaluation functions organization, its adaptation reserves - with the help of the system analysis. The aim of the study was the use of new products on the basis of multivariate phase space of states. Two CHECK dennyh research unit in 2 groups of students studied parameters of tremor using bioizme-nary complex with no load and load, as well as the recorded heart rate cut-ny, calculated indicators of activity of the sympathetic and parasympathetic divisions of the autonomic nervous system, the standard deviation intervals, Baevsky stress index. We calculated the components of the spectral power in the low and ultra-low-frequency bands, as well as the value of vagosympathetic balance. After the standardized dynamic loading (30 squats) registration continued for 5 minutes. Using innovative methods proved to be more sensitive to the identification of the elements studied. The regularities in the dynamics of the behavior of the state vector of the body of persons trained and untrained should be used to quantify the degree of detraining of the body, as well as to assess the quality of the dose of physical activity (exercise) in athletes under relevant preparations (including sports).

Key words: cardiovascular system, tremor, quasi-attractor, frequency response, physical activity, functional system.

Введение. В медицине и физиологии спорта оценка эффективности проводимых лечебных или физических воздействий производится по характеру изменения отдельных диагностических (физиологических) признаков, характеризующих определенную нозологическую единицу в рамках измерения некоторых статистических показателей (статистического среднеквадратичного отклонения, статистического

Библиографическая ссылка:

Еськов В.М., Фудин Н.А., Белых Е.В., Троицкий А.С. Дозированная физическая нагрузка – критерий тренированности спортсмена // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №4. Публикация 2-18. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-4/5326.pdf> (дата обращения: 30.11.2015). DOI: 10.12737/17090

математического ожидания и т.д.). При этом используют только отдельные показатели *сердечнососудистой системы* (ССС), которые обрабатываются традиционными методами математической статистики и не учитывают изменчивость параметров *вектора состояния организма человека* (ВСОЧ) по всем возможным диагностическим признакам в *фазовом пространстве состояний* (ФПС) одновременно [2, 4].

Важной представляется комплексная оценка функционального состояния организма и его адапционных резервов к различным родам воздействиям, в том числе к физическим нагрузкам. Поэтому возникает необходимость внедрения в биомедицинскую практику современных системных методов для изучения функционального состояния СССР и *вегетативной нервной системы* (ВНС) организма человека на базе некоторых интегративных методов [1].

Целесообразно изучение функциональных резервов организма с помощью системного анализа не только его исходного состояния, но и морфофункциональных особенностей в условиях покоя и после нагрузочных тестов [3, 5]. Несомненный интерес для физиологов и специалистов в области биологии сложных систем представляет изучение корреляционных взаимоотношений *функциональных систем организма* (ФСО) в покое и при выполнении физических нагрузок у тренированных и нетренированных лиц. Эта информация дает возможность оценить качество жизни человека в условиях Севера и обеспечить прогноз его развития во взрослом состоянии. Такой подход позволяет объективно оценивать динамику резервных возможностей организма и их прогностическую значимость [6].

Цель исследования – использование новых средств на основе методов многомерных ФПС для определения адаптационных и функциональных резервов организма и проведения ранней диагностики различных функциональных нарушений.

Материалы и методы исследования. Поставлена задача выявить особенности состояния *нервно-мышечной* (НМС) и *кардио-респираторной* (КРС) функциональных систем организма студентов с применением дозированной физической нагрузки. Объектом настоящего исследования явились студенты 1-3 курсов *БУ ВО «Сургутский государственный университет»* (СурГУ), проживающие на территории округа не менее 5 лет. В зависимости от степени физической активности испытуемых разделили на 2 группы по 30 человек. В первую группу отнесли студентов основной группы здоровья, занимающихся физической культурой в рамках общеобразовательной программы университета. Вторую группу составили студенты СурГУ, профессионально занимающиеся игровыми видами спорта (баскетбол и волейбол).

Все исследования студентов соответствовали этическим нормам Хельсинской декларации (2000 г.), которые были связаны с разработкой методов многомерных фазовых пространств в оценке хаотической динамики параметров *тремора*.

В **первом блоке** исследования приняла участие группа из 30 тренированных и 30 нетренированных студентов, которым предлагалась динамическая физическая нагрузка в виде 30 приседаний. Регистрация параметров *тремора* осуществлялась с помощью *биоизмерительного комплекса* (БИК). В качестве фазовых координат, помимо координаты $x_1=x(t)$ перемещения, использовалась координата скорости перемещения пальца $x_2=v(t)=dx_1/dt$. Каждый испытуемый проходил испытание 2 раза: в покое и после выполнения динамической нагрузки. Перед испытуемым стояла задача удержать палец в пределах заданной области, осознанно контролируя его неподвижность. Обработка данных и регистрация тремора конечно-сти испытуемого проводилась на ЭВМ с использованием программы «*Charts-3*». С помощью этой программы осуществлялся анализ данных по временным и спектральным характеристикам кинематограмм у тренированных и нетренированных испытуемых, в низко-, средне- и высокочастотном диапазонах. Благодаря запатентованному программному продукту удалось построить фазовые плоскости и рассчитать площади *квазиаттракторов*.

Во **втором блоке** обследование студентов производилось не инвазивным методом с помощью пульсоксиметра «ЭЛОКС-01М», разработанный и изготовленный ЗАО ИМЦ Новые Приборы, г. Самара с особым программным обеспечением. Специальным фотооптическим датчиком в положении сидя в течение 5 мин регистрировали *частоту сердечных сокращений* (ЧСС), а затем рассчитывали показатели активности *симпатического* (СИМ) и *парасимпатического* (ПАР) отделов ВНС, *стандартного отклонения NN-интервалов* (SDNN), *индекса напряжения Баевского* (ИНБ), а также рассчитывали компоненты спектральной мощности ВСР в высокочастотном (HF, 0,15–0,4 Гц), *низкочастотном* (LF, 0,04–0,15 Гц) и *ультранизкочастотном* (VLF \leq 0,04 Гц) диапазонах, а также величину *вагосимпатического баланса* (LF/HF). После выполнения стандартизированной динамической нагрузки (30 приседаний) регистрация продолжалась в течение 5 минут.

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета «*Statistica 6.1*». Анализ соответствия вида распределения полученных данных закону нормального распределения производился на основе вычисления критерия Шапиро-Уилка. Дальнейшие исследования в зависимости от распределения производились методами параметрической и непараметрической статистики (критерий Стьюдента, Вилкоксона, Манна-Уитни). Расчет параметров КА производился при помощи «Программы идентификации параметров квазиаттракторов поведения вектора состояния биосис-

Библиографическая ссылка:

Еськов В.М., Фудин Н.А., Белых Е.В., Троицкий А.С. Дозированная физическая нагрузка – критерий тренированности спортсмена // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №4. Публикация 2-18. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-4/5326.pdf> (дата обращения: 30.11.2015). DOI: 10.12737/17090

тем в m -мерном фазовом пространстве». Результаты исследований позволили получить ряд принципиальных выводов.

Общеизвестно, что воздействие ряда экологических факторов на формирование и развитие НМС и ССС накладывает отпечаток на работу функциональных систем организма человека в целом. Все это происходит с учетом изучения воздействия факторов окружающей среды (которая тоже является системой с более сложно организованными связями) или же некоторых внутренних перестроек. В целом воздействие экофакторов на организм человека осуществляется через формирование приспособительных реакций на уровне центральной и вегетативной нервных систем, через закрепление условно рефлекторного влияния.

Результаты и их обсуждение. По результатам исследований **первого блока** было изучено влияние динамической нагрузки на группу тренированных и нетренированных студентов. Анализ полученных треморограмм по двум независимым направлениям Y и X позволил установить, что амплитуда вертикальных перемещений исходно больше по величине, чем горизонтальные колебания. При этом максимальные выбросы амплитуд наблюдаются в области низких частот, как по оси Y , так и по оси X .

Статистически достоверно установлено, что имеет место рост амплитуды колебаний с частотой около 10 Гц. Регистрация показателей треморограмм мышц верхней конечности человека в условиях нагрузки и без неё дает объективную информацию о состоянии ЦНС и её периферических отделов. В качестве такой нагрузки использовалось 30 приседаний.

Дозированная физическая нагрузка вызывает сдвиг амплитудно-частотных характеристик треморограмм из области 2 Гц в область более низких частот. Динамика 10 Гц компонента *амплитудно-частотных характеристик* (АЧХ) до и после физической нагрузки у испытуемых имела особенности, связанные с уровнем подготовленности.

Детальный анализ был осуществлен на основе АЧХ полученных сигналов. Характерный пример спортсмена B показал, что АЧХ имеет выраженный максимум около 5 Гц и повышенное значение амплитуд в области низких частот (1-2 Гц). По абсолютному значению низкие частоты преобладают у АЧХ нетренированных испытуемых. Максимальное значение амплитуды нетренированного испытуемого A до нагрузки 370 у.е., а у тренированного B около 310 у.е..

На рис. 1 – ярко выражены пики вблизи частот 0,3 Гц, 0,6 Гц и 1,3 Гц с амплитудой 130 у.е., 90 у.е. и 70 у.е. соответственно. Следует отметить, что десятигерцовый компонент невелик, а низкочастотные компоненты выражены весьма значительно.

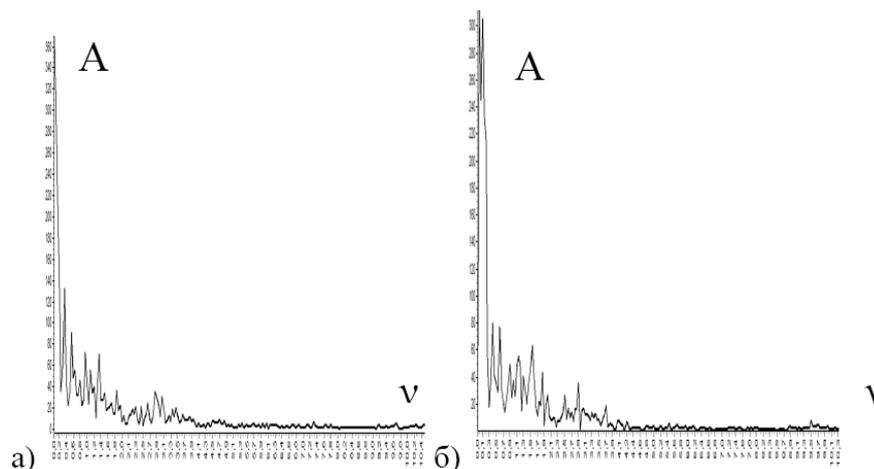


Рис. 1. Амплитудно-частотные характеристики, снятые с пальца испытуемых до стандартизированной нагрузки: а) нетренированного; б) тренированного. (А – амплитуда, у.е., v – частота, Гц.)

Дозированная физическая нагрузка вызывает сдвиг АЧХ треморограмм, которые до и после физической нагрузки у испытуемых имели особенности связанные с уровнем подготовленности: у нетренированных лиц амплитуда тремора увеличилась от 370 у.е. до 500 у.е., а у тренированных испытуемых амплитуда наоборот уменьшилась от 310 у.е. до 270 у.е.

В качестве фазовых координат, помимо координаты $x_1=x(t)$ перемещения, использовалась координата скорости перемещения пальца $x_2=v(t)=dx_1/dt$. Тогда фазовые плоскости динамики тремора пальца испытуемых A и B до динамической физической нагрузки приняли вид *квазиаттракторов*, представленных на рис. 2

Библиографическая ссылка:

Еськов В.М., Фудин Н.А., Белых Е.В., Троицкий А.С. Дозированная физическая нагрузка – критерий тренированности спортсмена // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №4. Публикация 2-18. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-4/5326.pdf> (дата обращения: 30.11.2015). DOI: 10.12737/17090

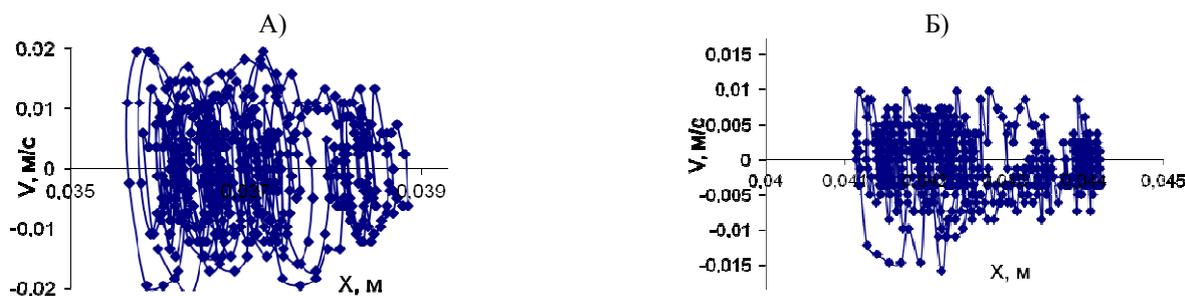


Рис. 2. Фазовые траектории движения пальцев руки до стандартизированной динамической нагрузки: а) нетренированного А; б) тренированного Б

Из рис. 2 видно, что КА тренированного испытуемого Б смещается в область больших значений x . КА тренированного испытуемого Б исходно характеризуется большим значением ($2,7E-03$), чем КА нетренированного А ($1,6E-03$) – табл. 1.

На рис. 3 демонстрируется изменение размеров квазиаттракторов нетренированного испытуемого А, и тренированного Б после нагрузки. При сравнении квазиаттракторов нетренированного испытуемого до (рис. 2а) и после (рис. 3а) динамической нагрузки, наблюдается увеличение КА (с $1,6E-03$ до $6,2E-03$). До нагрузки, по оси X квазиаттрактор располагался в диапазоне от $0,036$ м до $0,039$ м, после $0,034$ м до $0,041$ м.

Таблица 1

Площади квазиаттракторов у нетренированного и тренированного испытуемых (А и Б) до нагрузки

	Нетренированный студент	Тренированный студент
Площади квазиаттрактора	$1,6 \times 10^3$	$2,7 \times 10^3$

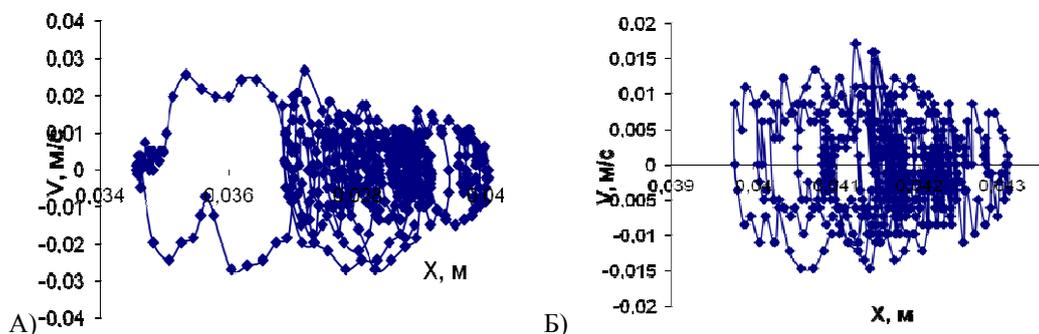


Рис. 3. Фазовые траектории движения пальцев руки после стандартизированной динамической нагрузки: а) нетренированного А; б) тренированного Б

По результатам табл. 2 делаем вывод, что площадь КА нетренированного испытуемого А после нагрузки увеличилась в 3,9 раза. Площадь КА тренированного испытуемого Б увеличилась в 1,2 раза.

Таблица 2

Площади квазиаттракторов у нетренированного и тренированного испытуемых (А и Б) после нагрузки

	Нетренированный студент	Тренированный студент
Площади квазиаттракторов	$6,2 \times 10^3$	$3,2 \times 10^3$

Во втором блоке исследований и статистической обработки данных были получены следующие сводные количественные характеристики результатов изменения параметров ССС и ВНС, представленных в табл. 3 и 4.

Библиографическая ссылка:

Еськов В.М., Фудин Н.А., Белых Е.В., Троицкий А.С. Дозированная физическая нагрузка – критерий тренированности спортсмена // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №4. Публикация 2-18. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-4/5326.pdf> (дата обращения: 30.11.2015). DOI: 10.12737/17090

Из полученных данных, представленных в табл. 3, наблюдается резкое увеличение ИНБ у нетренированных испытуемых, в связи с увеличением показателей СИМ. Обратная картина у тренированных испытуемых. Показатели напряжения ИНБ уменьшаются с $38,33 \pm 6,84$ у.е. до $30,14 \pm 5,22$ у.е., СИМ – с $2,7 \pm 0,43$ у.е. до $2,03 \pm 0,38$ у.е. При этом установлены следующие показатели ПАР: нетренированные – до нагрузки $10,9 \pm 0,86$ у.е., после – $11,8 \pm 1,13$ у.е.; тренированные – до нагрузки $14,87 \pm 1,09$ у.е., после – $16,45 \pm 1,29$ у.е., т.е. нагрузка у тренированных оказывает сенсibiliзирующее действие.

Среднее значение ЧСС у нетренированных испытуемых в покое составляет $87,73 \pm 2,30$ уд/мин, у тренированных $75,4 \pm 2,35$ уд/мин. После нагрузки значение ЧСС увеличивается до $88,2 \pm 2,62$ уд/мин и $74,72 \pm 2,25$ уд/мин соответственно.

Таблица 3

Интегральные и временные показатели сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы у нетренированных и тренированных испытуемых до и после физической нагрузки (n=30)

Показатели	Нетренированные студенты			Тренированные студенты		
	До нагрузки	После нагрузки	<i>p</i>	До нагрузки	После нагрузки	<i>p</i>
СИМ	$4,9 \pm 0,78$	$6,3 \pm 1,79$	0,474	$2,7 \pm 0,43$	$2,03 \pm 0,3$	0,0298
ПАР	$10,9 \pm 0,8$	$11,8 \pm 1,13$	0,346	$14,8 \pm 1,09$	$16,45 \pm 1,2$	0,055
<i>HR</i>	$87,7 \pm 2,3$	$88,2 \pm 2,6$	0,885	$75,4 \pm 2,35$	$74,72 \pm 2,2$	0,493
<i>SDNN</i>	$43,7 \pm 2,6$	$44,5 \pm 3,1$	0,640	$62,5 \pm 5,32$	$69,48 \pm 5,9$	0,015
<i>INB</i>	$67,6 \pm 10$	$95,4 \pm 32,2$	0,537	$38,3 \pm 6,84$	$30,14 \pm 5,2$	0,015
<i>SpO2</i>	$97,7 \pm 0,1$	$97,9 \pm 0,1$	0,075	$97,8 \pm 0,1$	$97,9 \pm 0,14$	0,6603

Примечание: *n*-количество обследуемых, СИМ, у.е. – индекс активности симпатического звена ВНС, ПАР, у.е. – индекс активности парасимпатического звена ВНС, *HR* уд/мин – частота сердечных сокращений, *SDNN*, мс – стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов, ИНБ у.е. – индекс напряжения регуляторных систем по Р.М. Баевскому, *SpO2*, % – уровень насыщения гемоглобина крови кислородом. *p* – достоверность значимых различий, по критерию Вилкоксона ($p > 0,05$)

Таблица 4

Спектральные показатели сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем у нетренированных и тренированных испытуемых до и после физической нагрузки (n=30)

Показатели		Нетренированные студенты		Тренированные студенты	
			<i>p</i>		<i>p</i>
<i>VLF</i>	До нагрузки	$2228 \pm 339,6$	0,7813	$6874 \pm 1446,68$	0,1589
	После нагрузки	$2392 \pm 348,4$		$7363 \pm 1195,3$	
<i>LF</i>	До нагрузки	$2683 \pm 363,5$	0,2452	$4628,6 \pm 822,7$	0,2137
	После нагрузки	$2404 \pm 395,6$		$5636 \pm 1284,1$	
<i>HF</i>	До нагрузки	$1529 \pm 240,7$	0,3709	$2668,1 \pm 407,9$	0,1204
	После нагрузки	1699 ± 259		3797 ± 1076	
<i>Total</i>	До нагрузки	$6440 \pm 805,7$	0,7655	$14170 \pm 2244,7$	0,0752
	После нагрузки	$6496 \pm 818,4$		$22904 \pm 6984,3$	
<i>LF norm</i>	До нагрузки	$63,6 \pm 2,61$	0,117	$61 \pm 2,54$	0,9672
	После нагрузки	$58,87 \pm 2,69$		$61,66 \pm 3,14$	
<i>Hf norm</i>	До нагрузки	$36,33 \pm 2,61$	0,117	$39 \pm 2,54$	0,9672
	После нагрузки	$41,13 \pm 2,69$		$38,34 \pm 3,14$	
<i>LF/HF</i>	До нагрузки	$2,46 \pm 0,42$	0,0999	$1,91 \pm 0,21$	0,9754
	После нагрузки	$1,74 \pm 0,18$		$2,30 \pm 0,36$	

Примечание: *n*-количество обследуемых, *LF*, мс² – мощность спектра низкочастотного компонента variability; *HF*, мс² – мощность спектра высокочастотного компонента variability; *Total power*, мс² – общая спектральная мощность; *VLF*, % – мощность спектра свернизкочастотного компонента variability; *p* – достоверность значимых различий, по критерию Вилкоксона ($p > 0,05$)

Библиографическая ссылка:

Еськов В.М., Фудин Н.А., Белых Е.В., Троицкий А.С. Дозированная физическая нагрузка – критерий тренированности спортсмена // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №4. Публикация 2-18. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-4/5326.pdf> (дата обращения: 30.11.2015). DOI: 10.12737/17090

Не отмечается достоверно значимых различий показателей СИМ, ПАР у нетренированных и тренированных студентов. Так же у испытуемых не отмечаются достоверно значимые различия SpO_2 , что тоже демонстрирует отсутствие резких изменений в параметрах ССС и ВНС.

По результатам данных табл. 4 – VLF до и после нагрузки у нетренированных составляют $2228,13 \pm 339,61\%$ и $2392,8 \pm 348,43\%$ ($p > 0,05$) соответственно. У тренированных: $6874,03 \pm 1446,68\%$ и $7363,97 \pm 1195,36\%$ ($p > 0,05$). При сравнении спектральных характеристик у нетренированных, наблюдается уменьшение LF компонента против увеличения HF.

Диапазон значений *общего спектра мощности* колебаний ритма сердца не достоверен у нетренированных и тренированных студентов. У нетренированных происходит уменьшение показателей LF_{norm} , увеличение Hf_{norm} и уменьшение LF/HF . Обратная картина у тренированных испытуемых: увеличение показателей LF_{norm} (с 61 у.е. до 61,66 у.е.), уменьшение Hf_{norm} (с 39 у.е. до 38,34 у.е.) и увеличения LF/HF (с 1,91 у.е. до 2,30 у.е.). При сравнении показателей ВСР у нетренированных и тренированных студентов до и после нагрузки достоверность различий по показателям СИМ, ПАР, $SDNN$, ИНБ, ЧСС, LF , HF , $Total$, VLF составила $p > 0,05$.

На основе методов системного анализа и синтеза исследована динамика поведения параметров *квазиаттракторов* в 6-ти мерном ФПС интегральных и временных показателей, в 7-ми мерном ФПС спектральных показателей ССС и ВНС у нетренированных и тренированных испытуемых до и после физической динамической нагрузки.

Из данных табл. 5 следует, что у нетренированных испытуемых коэффициент асимметрии R_x до нагрузки равен 133,54 у.е., а после физической динамической нагрузки 407,83 у.е. Объем 6-мерного параллелепипеда V_G , ограничивающего КА, составляет $6,42 \times 10^{10}$ у.е. до нагрузки и $15,4 \times 10^{10}$ у.е. – после. Таким образом, объем КА у нетренированных испытуемых после предъявленной динамической нагрузки увеличился в 2,4 раза.

Подобная кратность изменения при *треморе* не наблюдается, хотя тенденция имеется. У тренированных испытуемых коэффициент асимметрии R_x до нагрузки равен 112,54 у.е., а после физической динамической нагрузки 111,83 у.е. Объем m -мерного параллелепипеда V_G , ограничивающего КА, составляет $0,09 \times 10^{10}$ до нагрузки и $0,03 \times 10^{10}$ – после. Таким образом, объем КА у тренированных испытуемых после предъявленной динамической нагрузки уменьшился в 3 раза.

Таблица 5

Параметры квазиаттракторов в 6-ти мерном фазовом пространстве интегральных и временных показателей ССС и ВНС до и после физической нагрузки ($n=30$)

Параметры квазиаттракторов (у.е.)	Нетренированные студенты		Тренированные студенты	
	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
V_G	$6,42 \times 10^{10}$	$15,4 \times 10^{10}$	$0,09 \times 10^{10}$	$0,03 \times 10^{10}$
R_x	133,54	407,83	112,54	111,83

Изменения параметров *квазиаттракторов* ВСОЧ в m -мерном ФПС более существенны, чем результаты статистической обработки их первичных данных.

Показатель R_x , после нагрузки также зависит от уровня подготовленности испытуемых, но в отличие от V_G , оказалось, что чем ниже уровень подготовленности, тем разница между хаотическим и стохастическими центрами больше. Это также подтверждается изменением значений объемов КА после нагрузки по сравнению с данными до нагрузки.

Методом исключения отдельных признаков был выполнен системный синтез. Его результаты позволили выявить параметры порядка путем сравнения размеров *квазиаттракторов* до динамической нагрузки и после у нетренированных и тренированных испытуемых. Так у нетренированных испытуемых среди интегральных и временных показателей таковым является показатель ИНБ (в у.е.), а у тренированных показатель $SDNN$ – стандартное отклонение межпульсовых интервалов в анализируемой выборке (в мс). Среди спектральных показателей ССС и ВНС до и после стандартизированной динамической нагрузки параметрами порядка у нетренированных являются LF – мощность волн низкой частоты, Гц, а у тренированных $Total\ power$ – общая мощность спектра, $мс^2/Гц$.

Следующий этап исследований посвящен расчету матриц межаттракторных расстояний Z_{ij} тренированных и нетренированных студентов, что представлено в табл. 6 и 7.

Библиографическая ссылка:

Еськов В.М., Фудин Н.А., Белых Е.В., Троицкий А.С. Дозированная физическая нагрузка – критерий тренированности спортсмена // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №4. Публикация 2-18. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-4/5326.pdf> (дата обращения: 30.11.2015). DOI: 10.12737/17090

Матрица идентификации расстояний (Z_{ij} , у.е.) между центрами хаотических квазиаттракторов интегральных и временных показателей ССС и ВНС организма нетренированных и тренированных студентов до и после динамической нагрузки в 6-ти мерном фазовом пространстве

	Нетренированные студенты	
	До нагрузки	После нагрузки
Тренированные студенты	$z_{11}=78,06$	$z_{12}=100,49$
До нагрузки	$z_{21}=428,95$	$z_{22}=449,66$
После нагрузки		

Матрица идентификации расстояний (Z_{ij} , у.е.) между центрами хаотических квазиаттракторов спектральных показателей сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы организма нетренированных и тренированных девушек до и после динамической нагрузки в 7-ми мерном фазовом пространстве (частотные параметры)

	Нетренированные студенты	
	До нагрузки	После нагрузки
Тренированные студенты	$z_{11}=19088,72$	$z_{12}=91171,13$
До нагрузки	$z_{21}=20684,21$	$z_{22}=92660,35$
После нагрузки		

Анализ расстояний Z_{ij} между хаотическими центрами квазиаттракторов интегральных и временных показателей ССС и ВНС показал, что наименьшее расстояние отмечено при сравнении тренированных и нетренированных девушек до предъявленной динамической нагрузки и составило – $z_{11}=78,06$. После предъявленной нагрузки расстояние между хаотическими центрами тренированных и нетренированных увеличивается в 5,8 раз, и составило – $z_{22}=449,66$.

Анализ расстояний Z_{ij} между хаотическими центрами квазиаттракторов спектральных показателей ССС и ВНС у исследуемых 2-х групп демонстрирует (табл. 7): до динамической нагрузки расстояние составляет $z_{11}=19088,72$, после предъявленной нагрузки расстояние между хаотическими центрами увеличивается в 4,9 раз, и составило $z_{22}=92660,35$.

Расчет матриц межаттракторных расстояний квазиаттракторов ВСС нетренированных студентов показал увеличение после физической нагрузки, что показывает недостаточность адаптационных механизмов у них, а также существенное напряжение регуляторных процессов и степень рассогласования параметров ФСО.

В табл. 8 представлен весь набор межаттракторных расстояний Z_{ij} между центрами хаотических квазиаттракторов ВНС для нетренированных и тренированных испытуемых. Минимальное межаттракторное расстояние Z_{ij} выявлено при сравнении тренированных лиц до и после физической нагрузки (1 791,80 у. е.). Наибольшие различия в сдвигах адаптационных реакций наблюдались у испытуемых нетренированных и тренированных после нагрузки и нетренированных до и после нагрузки, что подтверждается величиной межаттракторных расстояний этих групп (92 661,44 у. е. и 77 090,96 у. е. соответственно). При сравнении нетренированных и тренированных испытуемых до и после нагрузки – величина межаттракторных расстояний у нетренированных лиц в 43 раза больше. Величина межаттракторных расстояний после нагрузки у нетренированных и тренированных испытуемых в 4,9 раз больше, чем показатель до физической нагрузки этих испытуемых.

Библиографическая ссылка:

Еськов В.М., Фудин Н.А., Белых Е.В., Троицкий А.С. Дозированная физическая нагрузка – критерий тренированности спортсмена // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №4. Публикация 2-18. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-4/5326.pdf> (дата обращения: 30.11.2015). DOI: 10.12737/17090

Матрица расстояний Z_{ij} между центрами хаотических (геометрическими) нетренированных и тренированных студентов до и после динамической нагрузки в 13-ти мерном фазовом пространстве

		Нетренированные студенты		Тренированные студенты	
		До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
Нетренированные студенты	До нагрузки	0	77 090	19 088	20 688
	После нагрузки	77 090	0	91 171	92 661
Тренированные студенты	До нагрузки	19 0888	91 171	0	1 791
	После нагрузки	20 688	92 661	1 791	0
Σ		116 868	260 923	112 051	115 141

Примечание: m – размерность ФПС, Σ – суммарный показатель межаттракторных расстояний (у.е.).

Результаты расчета матриц межаттракторных расстояний Z_{ij} между стохастическими центрами квазиаттракторов испытуемых представлены в табл. 9. При сравнении суммарных расстояний между центрами Σ квазиаттракторов (при сложении всех элементов столбцов) они оказались сопоставимы и имели разброс от 42 892,4 у.е. до 26 756,04 у.е.

Матрица расстояний Z_{kf} между стохастическими (статистическими) центрами квазиаттракторов нетренированных и тренированных студентов до и после динамической нагрузки в 13-ти мерном фазовом пространстве

		Нетренированные студенты		Тренированные студенты	
		До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
Нетренированные студенты	До нагрузки	0	8 474	9 296	9 212
	После нагрузки	8 474	0	17 244	17 172
Тренированные студенты	До нагрузки	9 296	17 244	0	371
	После нагрузки	9 212	17 172	371	0
Σ		26 983	42 892	26 912	26 756

Примечание: m – размерность ФПС, Σ – суммарный показатель межаттракторных расстояний (у.е.).

В результате расчета матриц межаттракторных расстояний Z_{ij} между центрами хаотических КА нетренированных и тренированных испытуемых (табл. 9) необходимо отметить, что по сумме столбцов суммарный показатель межаттракторных расстояний между хаотическими (геометрическими) центрами КА у нетренированных лиц до нагрузки и у тренированных лиц до и после нагрузки сопоставим по своему значению, а у нетренированных лиц после нагрузки он в 1,6 раз больше по сравнению с тренированными.

Заключение. Таким образом, сравнительный анализ результативности применения разных биоинформационных методов показал, что в отличие от методов традиционного статистического анализа – использование инновационных методов оказалось более чувствительным к идентификации изучаемых элементов ФСО.

Наблюдается тенденция увеличения площади квазиаттракторов нетренированных испытуемых после физической динамической нагрузки, что может количественно представлять степень тренированности или детренированности студентов северных территорий РФ. Прослеживается динамика в сторону увеличения объемов КА вектора состояния организма нетренированных студентов. Иная тенденция наблюдается у тренированных студентов, что говорит о высокой степени адаптации к динамическим нагрузкам. При исследовании влияния динамической нагрузки на параметры ССС и ВНС с помощью матриц межаттракторных расстояний установлено, что данная динамическая нагрузка вызывает увеличение расстояния между хаотическими центрами квазиаттракторов интегральных и временных показателей ССС и ВНС нетренированных и тренированных студентов, но на различные относительные величины, что позволяет оценить степень их физической подготовленности.

Установленные закономерности в динамике поведения вектора состояния организма тренированных и нетренированных лиц целесообразно использовать для количественной оценки степени детре-

Библиографическая ссылка:

Еськов В.М., Фудин Н.А., Белых Е.В., Троицкий А.С. Дозированная физическая нагрузка – критерий тренированности спортсмена // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №4. Публикация 2-18. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-4/5326.pdf> (дата обращения: 30.11.2015). DOI: 10.12737/17090

нированности организма, а также для оценки качества проводимых дозированных физических нагрузок (тренировок) у спортсменов в условиях профильных подготовок (с учетом видов спорта).

Выявлен характер связей между активацией нервно-мышечной системы (при физической нагрузке) и изменением параметров ССС. Состояние ВНС у нетренированных лиц характеризуются неблагоприятным преобладанием *парасимпатической иннервации*, которая более выражена после дозированной физической нагрузки, по сравнению с тренированными студентами.

Существенно, что небольшая физическая нагрузка у тренированных вызывает сенсбилизацию (уменьшение СИМ и размеров *квазиаттракторов*). И наоборот нетренированные дают сильное увеличение объемов КА, а расстояние между центрами КА увеличено в 43 раза, что может быть маркером тренированности (или детренированности) для групп и конкретного человека (при физических нагрузках).

Литература

1. Гавриленко Т.В., Горбунов Д.В., Эльман К.А., Григоренко В.В. Возможности стохастики и теории хаоса в обработке миограмм // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. №1. С. 48–53.
2. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Каменев Л.И. Новые биоинформационные подходы в развитии медицины с позиций третьей парадигмы (персонифицированная медицина – реализация законов третьей парадигмы в медицине) // Вестник новых медицинских технологий. 2012. № 3. С. 25–28.
3. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Околосуточные ритмы показателей кардио-респираторной системы и биологического возраста человека // Терапевт. 2012. № 8. С. 36–44.
4. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Часть VII. Синергетический компартментно-кластерный анализ и синтез динамики поведения вектора состояния организма человека на севере РФ в условиях саногенеза и патогенеза / В.И. Адайкин, Ф.И. Аушева, Ю.Г. Бурыйкин и др.; Под ред. В.М. Еськова и А.А. Хадарцева. Самара: ООО «Офорт», 2008. 159 с.
5. Хадарцев А.А. Биофизикохимические процессы в управлении биологическими системами // Вестник новых медицинских технологий. 1999. N2. С. 34–37.
6. Хадарцев А.А., Несмеянов А.А., Еськов В.М., Фудин Н.А., Кожемов А.А. Принципы тренировки спортсменов на основе теории хаоса и самоорганизации // Теория и практика физической культуры. 2013. № 9. С. 87–93.

References

1. Gavrilenko TV, Gorbunov DV, El'man KA, Grigorenko VV. Vozmozhnosti stokhastiki i teorii khaosa v obrabotke miogramm. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2015;1:48-53. Russian.
2. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kamenev LI. Novye bioinformatsionnye podkhody v razvitii medi-tsiny s pozitsiy tret'ey paradigmy (personifitsirovannaya meditsina – realizatsiya zakonov tret'ey pa-radigmy v meditsine). Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;3:25-8. Russian.
3. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA. Okolosutochnye ritmy pokazateley kardio-respiratornoy sistemy i biologicheskogo vozrasta cheloveka. Terapevt. 2012;8:36-44. Russian.
4. Adaykin VI, Ausheva FI, Burykin YuG, et al. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka in-formatsii v biologii i meditsine. Chast' VII. Sinergeticheskiy kompartmentno-klasternyy analiz i sin-tez dinamiki povedeniya vektora sostoyaniya organizma cheloveka na severe RF v usloviyakh sanogeneza i patogeneza; Pod red. V.M. Es'kova i A.A. Khadartseva. Samara: ООО «Офорт»; 2008. Russian.
5. Khadartsev AA. Biofizikokhimicheskie protsessy v upravlenii biologicheskimi sistemami. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 1999;2:34-7. Russian.
6. Khadartsev AA, Nesmeyanov AA, Es'kov VM, Fudin NA, Kozhemov AA. Printsipy trenirovki sportsmenov na osnove teorii khaosa i samoorganizatsii. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 2013;9:87-93. Russian.

Библиографическая ссылка:

Еськов В.М., Фудин Н.А., Белых Е.В., Троицкий А.С. Дозированная физическая нагрузка – критерий тренированности спортсмена // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №4. Публикация 2-18. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-4/5326.pdf> (дата обращения: 30.11.2015). DOI: 10.12737/17090