

СОСТОЯНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ НАГРУЗКИ У ЖЕНЩИН НА СЕВЕРЕ РФ

Ю.В. БАШКАТОВА*, Л.С. ЧЕМПАЛОВА**, В.Н. ТРОФИМОВ**, Ю.А. АКСЕНОВА***, Н.И. ПОНОМАРЕВА***

*ФГУ «ФНИЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук»,
Нахимовский просп., д. 36, корп. 1, г. Москва, 117218, Россия, e-mail: yuliya-bashkatova@yandex.ru

**ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
ул. Молодогвардейская, д. 244, г. Самара, 443100, Россия

***ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», ул. Белорусская, д. 14, г. Тольятти, 445020, Россия

Аннотация. Проблема увеличения продолжительности жизни жителей Севера РФ требует детального изучения особенностей регуляции сердечно-сосудистой системы обследуемых. **Цель исследования.** Изучение реакции симпатической и парасимпатической вегетативной нервной системы на дозированную физическую нагрузку. **Материалы и методы.** Исследовалась группа женщин (средний возраст 28 лет) по параметрам симпатической и парасимпатической систем регуляции сердечно-сосудистой системы в спокойном состоянии и после 30-ти приседаний. С помощью аппарата «Элокс-01» регистрировали по 5 минут параметры кардиоинтервалов (по 15 раз у каждого человека). Для каждого испытуемого строилась матрица парных сравнений выборок параметров кардиоинтервалов и рассчитывались числа k пар выборок, которые можно отнести к одной генеральной совокупности. Одновременно рассчитывались и параметры квазиаттракторов для этих показателей. **Результаты.** Установлено, что числа k для всех испытуемых в режиме 15-ти повторов имеют разные и крайне низкие значения, что доказывает эффект Еськова-Зинченко и для сердечно-сосудистой системы. Одновременно, числа k в этих матрицах существенно изменялись как по группе, так и индивидуально после нагрузки. **Заключение.** Выборки параметров симпатической и парасимпатической систем не могут демонстрировать однородность как отдельного человека, так и целой группы. Необходимо многократно повторять регистрацию этих параметров для учета неоднородности групп и эффекта Еськова-Зинченко.

Ключевые слова: кардиоинтервалы, физическая нагрузка, хаос, эффект Еськова-Зинченко.

AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM STATUS AT PHYSICAL ACTIVITY OF WOMEN LIVING IN THE NORTH TERRITORIES OF RUSSIA

Yu.V. BASHKATOVA*, L.S. CEMPALOVA**, V.N. TROFIMOV**, Yu.A. AKSENOVA***, N.I. PONOMAREVA***

*Scientific Research Institute for System Studies, Federal Research Center, Russian Academy of Sciences,
Nakhimovsky Av., 36, Moscow, Russia, 117218, e-mail: yuliya-bashkatova@yandex.ru

**Samara State Technical University, Molodogvardeyskaya Str., 244, Samara, 443100

***Togliatti State University, Togliatti, Belorusskaya Str., 14, Russia, 445020

Abstract. The problem of increasing the life expectancy of residents of the North of the Russian Federation requires a detailed study of the characteristics of the regulation of the cardiovascular system of the subjects. **The research purpose** was to study the response of the sympathetic and parasympathetic autonomic nervous system to dosed physical activity. **Materials and methods.** A group of women was studied (average age 28 years) according to the parameters of the sympathetic and parasympathetic systems of regulation of the cardiovascular system in a calm state and after 30 squats. Using the «Elox-01» apparatus, the parameters of cardio intervals were recorded for 5 minutes (15 times for each person). As a result, a matrix of pairwise comparisons of samples of parameters of cardio intervals was built for each subject, and the numbers k of pairs of samples were calculated, which can be attributed to one general population. At the same time, the parameters of pseudo-attractors for these indicators were calculated. **Results.** It was found that the numbers k for all subjects in the mode of 15 repetitions have different and extremely low values, which proves the Eskov-Zinchenko effect for the cardiovascular system. At the same time, the numbers k in these matrices significantly changed both in the group and individually after the load. **Conclusions.** Parameter samples of the sympathetic and parasympathetic systems cannot demonstrate the homogeneity of both an individual person and a whole group. It is necessary to repeat the registration of these parameters many times to take into account the heterogeneity of the groups and the effect of Eskov-Zinchenko.

Keywords: cardiointervals, physical activity, chaos, the effect of Eskov-Zinchenko.

Введение. После повышения пенсионного возраста в России возникает актуальная проблема увеличения продолжительности жизни населения РФ. Особо это касается населения Севера РФ, которое сейчас резко увеличивается по численности в связи с освоением Севера. В этой связи возникает и проблема объективной регистрации параметров *сердечно-сосудистой системы* (ССС) человека, т.к. патология СССР существенно влияет на качество и продолжительность жизни человека на Севере [1-4,11,15].

Напомним, что в связи с открытием *эффекта Еськова-Зинченко* (ЭЭЗ), в котором наблюдается от-

сутствие статистической устойчивости выборок треморограмм и теппинграмм при их регистрации от одного и того же испытуемого (подряд, в неизменном психологическом и физиологическом состоянии), в области биомеханики [5-8,10,13] и его переносом на параметры СССР, сейчас в экологии и физиологии человека создаются новые подходы и новые методы исследований. Они базируются на расчетах матриц парных сравнений выборок параметров СССР при многократных повторениях регистрации одних и тех же параметров, например *кардиоинтервалов* (КИ) [4,9,14]. Поскольку многократные

Таблица 1

Интегральные и временные показатели регуляции сердечно-сосудистой системы со стороны вегетативной нервной системы у группы девушек до и после физической нагрузки (n=15)

№ п/п	До нагрузки			После нагрузки		
	NN, мс	СИМ, у.е.	ПАР, у.е.	NN, мс	СИМ, у.е.	ПАР, у.е.
1	629	2	13	619	2	13
2	718	3	14	749	2	16
3	699	3	11	677	5	25
4	759	1	19	743	1	18
5	630	3	14	618	4	10
6	640	7	6	624	15	5
7	850	1	15	873	1	20
8	620	9	11	638	8	5
9	688	3	8	733	2	14
10	726	2	14	742	1	16
11	640	4	8	583	9	4
12	564	7	5	562	10	5
13	546	8	6	569	11	3
14	531	15	2	557	7	7
15	728	12	6	776	13	6
X ср.	665	5	10	671	6	11
D	738	18	22	885	22	47
P (кр. Вилкоксона)	0,363	0,351	0,556			

Из табл. 1 следует, что дозированная физическая нагрузка увеличила число симпатотоников (от 2-х человек в спокойном состоянии до 5 человек после нагрузки). При этом несколько уменьшилось число нормотоников по данным КИ (всего 2 человека: 7-7 и 8-5). В целом, после нагрузки мы получили общее число симпатотоников и нормотоников чуть больше, чем в покое (было 6 человек (2+4), стало 7 человек (5+2)). Следовательно, парасимпатотония преобладает даже после дозированной физической нагрузки (в начале парасимпатотоников было 9 человек, а после 30-ти приседаний их стало 8 человек).

Все это говорит о выраженной парасимпатотонии у жителей Севера РФ (Югры). Отметим, что в нашей группе 14-й и 15-й испытуемые периодически занимаются физической нагрузкой (по работе). Поэтому они и исходно были представлены как симпатотоники. При этом нормотоники (12-й и 13-й испытуемые) демонстрируют выраженную симпатотонию после дозированной физической нагрузки.

Анализ параметров КИ в рамках статистики по всей группе показал, что КИ в целом изменились в сторону уменьшения длительности для выраженных парасимпатотоников. Однако, симпатотоники и нормотоники не демонстрируют такую четкую картину. В целом уровень показателей парасимпатотонии даже несколько вырос по группе в целом.

Более выразительная картина наблюдается по параметрам КА для всей группы обследуемых до и после дозированной нагрузки. Действительно, что характерно для всей группы демонстрируется в виде типовой картины поведения площади КА у одного испытуемого (см. рисунок). Очевидно, что после

повторы измерения КИ затруднительны, то целесообразно рассчитывать параметры квазиаттракторов (КА), внутри которых непрерывно и хаотически движется вектор состояния биосистемы $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, где x_i – любой параметр ССС (в нашем случае это параметры КИ) [1,5].

Это все сейчас может быть рассчитано в рамках новой теории хаоса-самоорганизации (ТХС) [3,6-12]. Доказано, что выборки параметров треморограмм (или у нас это параметры ССС) $x_i(t)$ могут демонстрировать более высокую статистическую устойчивость для группы испытуемых, чем для одного испытуемого в режиме n -кратных повторных регистраций выборок $x_i(t)$ [10,12,15]. Это представлено в настоящем сообщении с позиции ТХС [3,10,12] для женщин возраста до 35 лет, т.е. младшей возрастной группы.

Цель исследования – изучение реакции симпатической и парасимпатической вегетативной нервной системы на дозированную физическую нагрузку.

Материалы и методы. Исследования проводились на группе из 15-ти женщин (средний возраст 28,4 года) с целью изучения реакции организма человека на дозированную физическую нагрузку, согласно Хельсинской декларации. Регистрация параметров симпатической нервной системы (СИМ) и парасимпатической нервной системы (ПАР) производилась в течении 5 минут, сидя, с помощью аппарата «Элокс-01». Для каждого испытуемого наблюдения повторялись по 15 раз и 15 раз у этого же испытуемого регистрировались параметры ССС после дозированной нагрузки (30 приседаний за 1 минуту).

Полученные выборки $x_i(t)$ сравнивались в виде матриц парных сравнений и в этих матрицах находились числа k пар выборок КИ, которые (эти две) можно было отнести к одной генеральной совокупности. В итоге было получено 15 матриц для КИ до нагрузки и 15 матриц КИ после дозированной нагрузки. Полученные выборки k для КИ и значения СИМ и ПАР сравнивались до нагрузки и после нагрузки. Анализ реакции ССС на дозированную нагрузку производился по параметрам k и по значениям СИМ и ПАР, что является основой ТХС [10, 13-15].

Результаты и их обсуждение. Сразу отметим, что у большинства испытуемых наблюдается выраженная парасимпатотония, которая доказывается большими значениями показателя ПАР над показателем СИМ. Только у 2-х испытуемых наблюдается кратное превышение СИМ над ПАР (в 2 и более раз) в спокойном состоянии. У 4-х испытуемых мы имеем почти равные значения этих показателей (7-6 или 9-11 например). Остальные 9 испытуемых мы относим к выраженным парасимпатотоникам. Общие результаты по этим двум параметрам вегетативной нервной системы представлена в табл. 1. Здесь же представлены и сводные данные по кардиоинтервалам (NN).

нагрузки у испытуемого ГОА почти в 2 раза возросла площадь S_2 ($S_2=0,255 \times 10^6$ у.е. после нагрузки) в сравнении S_1 ($S_1=0,119 \times 10^6$ у.е. до нагрузки). Подобная закономерность наблюдается почти у всех (до и после нагрузки) испытуемых. Это наглядно представлено в табл. 2, где имеются средние значения $\langle S_1 \rangle = 0,065 \times 10^6$ у.е. до нагрузки (для всех 15-ти человек) и средняя площадь $\langle S_2 \rangle = 0,091 \times 10^6$ у.е. после нагрузки для всей группы. При этом у некоторых испытуемых все-таки имеем инверсную зависимость (площадь КА несколько уменьшилась после нагрузки, что характерно для спортсменов).

Таблица 2

Значение площадей S квазиаттракторов для кардиоинтервалов (КИ) группы девушек

	Девушки	
	До нагрузки	После нагрузки
	$S \times 10^6$, у.е.	$S \times 10^6$, у.е.
1	0,081	0,185
2	0,083	0,070
3	0,041	0,140
4	0,119	0,255
5	0,066	0,046
6	0,014	0,046
7	0,181	0,112
8	0,058	0,034
9	0,106	0,133
10	0,074	0,160
11	0,039	0,032
12	0,025	0,037
13	0,018	0,022
14	0,013	0,039
15	0,062	0,059
$\bar{X}$ ср.	0,065	0,091
D	0,002	0,005
p (кр. Вилкоксона)	0,125	

Полученные результаты показывают сильную неоднородность (табл. 1, 2) группы тем более, что каждый индивидум не может демонстрировать свою устойчивость выборок. Очевидно, что реакция на нагрузку у каждого испытуемого индивидуальна и это требует очень серьезного отношения при переходе на индивидуализированную медицину (для каждого испытуемого свои параметры СИМ, ПАР и КА).

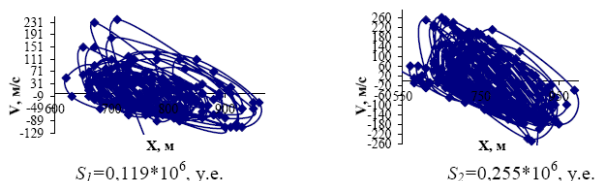


Рис. Фазовые портреты параметров квазиаттракторов (S) для кардиоинтервалов (КИ) испытуемой ГОА: А – до физической нагрузки; В – после нагрузки

Заключение. Выполненные исследования приводят нас к постановке новой, особой проблемы в физиологии и экологии человека и в медицине (при назначении лечебной физкультуры при различных заболеваниях). Якобы одинаковые (по полу, возрасту и т.д.) испытуемые могут существенно различаться

статистически. Более того, один и тот же испытуемый может демонстрировать калейдоскоп статистических функций параметров СИМ и ПАР, но при этом он будет находиться в одном, неизменном гомеостазе.

Статистическая обработка данных СИМ и ПАР не дает четкую и выраженную динамику поведения этих параметров у испытуемых после нагрузки. Однако, параметры псевдоаттракторов, например, для кардиоинтервалов дают четкую статистическую картину увеличения площади КА после нагрузки. Это характерно для большинства жителей РФ, которые не занимаются спортом и проживают длительное время на Севере РФ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-07-00161 А «Разработка вычислительной системы мониторинга и моделирования параметров организма жителей Севера РФ»

Литература / References

- Еськов В.М., Галкин В.А., Гавриленко Т.В., Афаневич К.А. Математическая проблема выбора однородной группы в биомеханике // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2018. № 3. С. 94–101. DOI: 10.12737/article_5c063599cb27e7.32012385 / Eskov VM, Galkin VA, Gavrilenko TV, Afanovich KA. Matematicheskaya problema vybora odnorodnoi gruppy v biomekhanike [The mathematical problem of choosing a homogeneous group in biomechanics]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2018;3:94-101. DOI: 10.12737/article_5c063599cb27e7.32012385. Russian.
- Зинченко Ю.П., Еськов В.М., Филатов М.А., Григорьева С.В. Стохастика и хаос в организации движений // Вестник новых медицинских технологий. 2019. Т. 26, № 2. С. 101–106. DOI: 10.24411/1609-2163-2019-16376 / Zinchenko YuP, Eskov VM, Filatov MA, Grigoryeva SV. Stokhastika i khaos v organizatsii dvizhenii [Stochastics and chaos in the organization of movements]. Vestnik novy'x medicinskih tekhnologij. 2019;26(2):101-6. DOI: 10.24411/1609-2163-2019-16376. Russian.
- Макеева С.В., Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Колосова А.И. Анализ параметров памяти учащихся в зависимости от типа латерализации головного мозга с позиций методов теории хаоса-самоорганизации // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2018. № 1. С. 31–36. DOI: 10.12737/article_5aaa6d44234482.37608624 / Makeeva SV, Filatov MA, Filatova DYU, Kolosova AI. Analiz parametrov pamyati uchashchikhsya v zavisimosti ot tipa lateralizatsii golovnogogo mozga s pozitsii metodov teorii khaosa-samorganizatsii [Analysis of students' memory parameters depending on the type of brain lateralization from the standpoint of methods of the theory of chaos-self-organization]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2018;1:31-6. DOI: 10.12737/article_5aaa6d44234482.37608624. Russian.
- Мирошниченко И.В., Григоренко В.В., Филатова Д.Ю., Мнацаканян Ю.В. Особенности поведения параметров сердечно-сосудистой системы школьников при широтных перемещениях // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2018. № 1. С. 45–51. DOI: 10.12737/article_5aaa6e6c9be127.70940497 / Miroshnichenko IV, Grigorenko VV, Filatova DYU, Mnatsakanyan YuV. Osobennosti povedeniya parametrov serdechno-sosudistoi sistemy shkol'nikov pri shirotnykh peremeshcheniyakh [Features of the behavior of the parameters of the cardiovascular system of students in latitudinal movements]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2018;1:45-51. DOI: 10.12737/article_5aaa6e6c9be127.70940497. Russian.
- Пятин В.Ф., Еськов В.В., Алиев Н.Ш., Воробьева Л.А. Хаос параметров гомеостаза функциональных систем организма человека // Вестник новых медицинских технологий. 2018. Т. 25, № 1. С. 143–153. DOI: 10.24411/1609-2163-2018-15990 / Pyatin VF, Eskov VV, Aliev NSH, Vorobyova LA. Khaos parametrov gomeostaza funktsional'nykh sistem organizma cheloveka [Chaos of parameters of homeostasis of functional systems of the human body]. Vestnik novy'x medicinskih tekhnologij. 2018;25(1):143-53. DOI: 10.24411/1609-2163-2018-15990. Russian.
- 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.

C. 62–72. DOI: 10.12737/article_5cb82aca839245.25389473 / Prokhorov SA, Gumarova OA, Monastretskaya OA, Khvostov DYU, Afanovich IA. Nestabil'nye sistemy: problema odnorodnosti grupp [Unstable systems: the problem of group homogeneity]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2019;1:62-72. DOI: 10.12737/article_5cb82aca839245.25389473. Russian.

7. Филатов М.А., Афаневич И.А., Афаневич К.А., Воробьева Л.А. Стохастический анализ параметров variabilityности сердечного ритма человека в условиях динамической нагрузки // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2018. № 4. С. 5–14. DOI: 10.12737/article_5c21fe9dc26ce6.42824981 / Filatov MA, Afanovich IA, Afanovich KA, Vorobyeva LA. Stokhasticheskiy analiz parametrov variabelnosti serdechnogo ritma cheloveka v usloviyakh dinamicheskoi nagruzki [Stochastic analysis of parameters of human heart rate variability under dynamic load]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2018;4:5-14. DOI: 10.12737/article_5c21fe9dc26ce6.42824981. Russian.

8. Якунин В.Е., Горбунова Д.С., Часовских А.В., Мороз О.А., Балашов В.Г. Теорема Гленсдорфа-Пригожина в описании параметров кардиоинтервалов школьников при широтных перемещениях // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2018. № 1. С. 22–30. DOI: 10.12737/article_5aaa7008e2cb34.60938632 / Yakunin VE, Gorbunova DS, Chasovskikh AV, Moroz OA, Balashov VG. Teorema Glensdorfa-Prigozhina v opisaniy parametrov kardiointervalov shkol'nikov pri shirotnykh peremeshcheniyakh [The Glensdorf-Prigogine theorem in the description of the parameters of the cardiointervals of schoolchildren at latitudinal movements]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2018;1:22-30. DOI: 10.12737/article_5aaa7008e2cb34.60938632. Russian.

9. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Vokhmina J.V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // Advances in gerontology. 2016. Vol. 6, № 3. P. 191–197 / Eskov VM, Khadartsev AA, Eskov VV, Vokhmina JV. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra. Advances in gerontology. 2016;6(3):191-7.

10. Eskov V.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Vochmina Y.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems // Moscow university physics bulletin. 2019. Vol. 4, № 1. P. 57–63 /

Eskov VV, Filatova DY, Ilyashenko LK, Vochmina YV. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems. Moscow university physics bulletin. 2019;4(1):57-63.

11. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S.V. Psychophysiological parameters of students before and after translatitute travels // Human ecology. 2019. Vol. 4. P. 18–24 / Filatov MA, Ilyashenko LK, Makeeva SV. Psychophysiological parameters of students before and after translatitute travels. Human ecology. 2019;4:18-24.

12. 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. 2018. Vol. 63, № 2. P. 262–267 / Filatova OE, Bazhenova AE, Ilyashenko LK, Grigorieva SV. Estimation of the parameters for tremograms according to the Eskov–Zinchenko effect. Biophysics. 2018;63(2):262-7.

13. Ilyashenko L.K., Bazhenova A.E., Berestin D.K., Grigorieva S.V. Chaotic dynamics parameters of the tremograms at the stress exposure // Russian journal of biomechanics. 2018. Vol. 22, № 1. P. 62–71 / Ilyashenko LK, Bazhenova AE, Berestin DK, Grigorieva SV. Chaotic dynamics parameters of the tremograms at the stress exposure. Russian journal of biomechanics. 2018;22(1):62-71.

14. 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. P. 210–214 / Leonov BI, Grigorenko VV, Eskov VM, Khadartsev AA, Ilyashenko LK. Automation of the diagnosis of age-related changes in parameters of the cardiovascular system. Biomedical engineering. 2018;52(3):210-4.

15. 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. P. 415–418 / Zilov VG, Khadartsev AA, Ilyashenko LK, Eskov VV, Minenko IA. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads. Bulletin of experimental biology and medicine. 2018;165(4):415-8.

Библиографическая ссылка:

Башкатова Ю.В., Чепалова Л.С., Трофимов В.Н., Аксенова Ю.А., Пономарева Н.И. Состояние вегетативной нервной системы в условиях нагрузки у женщин на Севере РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2020. №2. С. 112–115. DOI: 10.24411/1609-2163-2020-16666.

Bibliographic reference:

Bashkatova YuV, Chempalova LS, VN Trofimov, Aksenova YuA, Ponomareva NI. Sostoyanie vegetativnoy nervnoy sistemy v usloviyakh nagruzki u zhenshchin na Severe RF [Autonomic nervous system status at physical activity of women living in the north territories of Russia]. Journal of New Medical Technologies. 2020;2:112-115. DOI: 10.24411/1609-2163-2020-16666. Russian.