

МАТРИЦЫ ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ ВЫБОРОК В ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ДОЗИРОВАННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ОРГАНИЗМ

Ю.В. БАШКАТОВА, В.А. КАРПИН, Р.Б. ТЕН, Л.С. ШАКИРОВА

БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», проспект Ленина, 1, г. Сургут, Россия, 628412, тел.: +79224078761, e-mail: yuliya-bashkatova@yandex.ru

Аннотация. Изучены параметры сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем у нетренированных и тренированных испытуемых методами классической статистики в условиях влияния физических нагрузок. Предложен новый метод матриц парных сравнений выборок, который позволяет оценить степень влияния физической нагрузки на организм человека. Расчет матриц парных сравнений выборок тренированных испытуемых до и после физической нагрузки показал уменьшение числа произвольных пар выборок кардиоинтервалов, которые (пары) можно отнести к одной генеральной совокупности, что свидетельствует о стабилизирующем влиянии физической нагрузки. Показана практическая возможность применения метода матрицы парных сравнений выборок треморограмм и кардиоинтервалов в оценке реакции нервно-мышечной и сердечно-сосудистой систем человека на дозированную физическую нагрузку.

Ключевые слова: матрицы парных сравнений выборок, физическая нагрузка, сердечно-сосудистая система, нервно-мышечная система.

MATRIX OF PAIRWISE COMPARISONS OF SAMPLES IN EVALUATION OF THE EFFECT OF DOSED PHYSICAL LOAD ON THE BODY BY

YU.V. BASHKATOVA, V.A. KARPIN, R.B. TEN, L.S. SHAKIROVA

*Surgut State University, Lenin av., 1, Surgut, Russia, 628412,
Phone: +79224078761, e-mail: yuliya-bashkatova@yandex.ru*

Abstract. The parameters of cardiovascular and neuromuscular systems in untrained and trained subjects by the methods of classical statistics in terms of the influence of physical activity are examined. A new method of matrices of pairwise comparisons of samples, which allows to evaluate the effect of exercise on the human body is proposed. Calculation of matrices of pairwise comparisons of samples of trained subjects before and after exercise showed a decrease in the number of random pairs of samples of RR-intervals that are (pairs of) can be attributed to a single population, indicating a stabilizing effect of exercise. It demonstrated the feasibility of applying the method of paired comparisons matrix samples tremorograms and RR-intervals in the evaluation of the reaction of the neuromuscular and cardiovascular systems of humans to dosed physical stress.

Key words: the matrix of pairwise comparisons of samples, physical activity, cardiovascular system, neuromuscular system.

Введение. В рамках нового подхода *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС) целесообразно изучение функциональных резервов организма с помощью системного анализа и синтеза его исходного состояния, выявления морфофункциональных особенностей организма в условиях покоя и после нагрузочных тестов. Физическая нагрузка оказывает выраженное воздействие на организм человека, вызывая изменения в деятельности опорно-двигательного аппарата, обмена веществ, внутренних органов и нервной системы [1-4]. Дозированная физическая нагрузка может вызвать изменение в работающей мышце, но в организме в целом биохимические сдвиги будут незначительны [2-5].

Важную роль в приспособлении организма к дозированным физическим нагрузкам играют показатели степени активности регуляции сердечно-сосудистой системы со стороны вегетативной нервной системы. Наибольшее влияние на изменения параметров сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем в условиях дозированной физической нагрузки оказывают состояние здоровья и физическая работоспособность обследуемого. Оценка реактивности сердечного ритма при выполнении физической нагрузки дает более полную характеристику функционального состояния вегетативной нервной системы человека [4-6, 8]. На дозированную физическую нагрузку организм реагирует мобилизацией функциональных резервных механизмов, сглаживающих и компенсирующих возможные нарушения гомеостаза [9-13].

Цель исследования – оценка влияния физических нагрузок у групп тренированных и нетренированных студентов расчетом матрицы парных сравнений выборок.

Объекты и методы исследования. Объектом настоящего исследования явились студенты 1-3 курсов ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО – Югры», 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).

Регистрация параметров тремора осуществлялась с помощью биофизического измерительного комплекса, разработанного в лаборатории биокибернетики и биофизики сложных систем при СурГУ. Установка включает металлическую пластинку (крепится жестко к пальцу испытуемого), токовихревой датчик, усилитель, *аналого-цифровой преобразователь* (АЦП) и компьютер с оригинальным программным обеспечением. 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 конечности испытуемого проводилась на ЭВМ с использованием программы «*Charts3*». С помощью этой программы осуществлялся анализ данных по временным и спектральным характеристикам кинематограмм у тренированных и нетренированных испытуемых, в низко-, средне- и высокочастотном диапазонах [3].

Обследование студентов производили с помощью пульсоксиметра (ЭЛОКС-01 М, г. Самара). Специальным фотооптическим датчиком в положении сидя в течение 5 мин регистрировали *частоту сердечных сокращений* (ЧСС), индекса напряжения Баевского, а также рассчитывали компоненты спектральной мощности ВСР. После выполнения стандартизированной динамической нагрузки (30 приседаний) регистрацию продолжали в течение 5 минут. В качестве координаты $x_1(t)$ мы брали динамику кардиоинтервалов [1].

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, Ньюмана-Кейлса).

Результаты и их обсуждение. При использовании непараметрического дисперсионного анализа парного сравнения средних рангов критерия Ньюмана-Кейлса были получены многочисленные таблицы, в которых представлены результаты сравнения средних рангов для двух групп (нетренированные и тренированные студенты до и после физической нагрузки). В качестве примера представлены результаты обработки данных значений нетренированных студентов до физической нагрузки в виде матрицы (15×15) треморограмм и кардиоинтервалов по критерию Ньюмана-Кейлса (табл. 1 и 2 соответственно).

Таблица 1

Матрица парного сравнения 15-ти треморограмм нетренированных студентов до физической нагрузки при повторных экспериментах ($k=14$), по критерию Ньюмана-Кейлса (для непараметрического распределения)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	1,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
6	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00		0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00		0,00
15	0,22	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Изменяются функции распределения $f(x)$ выборок треморограмм и кардиоинтервалов. Здесь k – это число произвольных пар выборок, которые (пары) можно отнести к одной генеральной совокупности. Из

табл. 1 следует, что k имеет небольшие значения ($k=14$) для нетренированных студентов до физической нагрузки. Картина сравнения пар выборок тренированных студентов будет похожей ($k=13$) для треморограмм.

В выборке у нетренированных студентов после физической нагрузки было выявлено 15 пар ($p>0,05$), а для группы тренированных студентов после физической нагрузки 14 пар выборок соответственно не имели существенные различия. Такие сходные пары или все сравнения демонстрируют возможность их принадлежности к общей генеральной совокупности.

Подобные результаты были получены и при сравнении 15-ти кардиоинтервалов. Построены матрицы (15×15) по критерию Ньюмана-Кейлса нетренированных и тренированных студентов до и после физической нагрузки. В таблице 2 имеются матрицы парных сравнений выборок кардиоинтервалов от 15-ти разных нетренированных студентов (здесь $k=19$) до физической нагрузки. У тренированных студентов до физической нагрузки число совпадений $k=21$. Они принадлежат одной генеральной совокупности. После физической нагрузки у нетренированных студентов идет увеличение пар совпадений $k=21$ (приближение к стохастике, переход к некоторому порядку). У тренированных испытуемых наоборот происходит уменьшение (12 пар после физической нагрузки).

Установлено существенное различие между двумя исследуемыми группами (тренированных и нетренированных студентов). Динамика произвольных микродвижений конечностей (пальцев рук) человека, как реакция на дозированную физическую нагрузку, проявлялась в изменении числа совпадений k . Прослеживалась динамика увеличения число пар совпадений выборок треморограмм и кардиоинтервалов у нетренированных студентов. Новая методика расчета матрицы парных сравнений выборок позволяет оценить влияние дозированных физических нагрузок на организм.

Таблица 2

Матрица парного сравнения 15-ти кардиоинтервалов нетренированных студентов до физической нагрузки при повторных экспериментах ($k=19$), по критерию Ньюмана-Кейлса (для непараметрического распределения)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
2	0,00		1,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	0,06	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	1,00		0,06	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,01	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,01	0,06		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,14	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,18	1,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14		0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,93	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	1,00	0,01	0,98	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,06	0,00		0,00	0,00	0,00	0,39	1,00	0,00
10	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00		0,19	0,06	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,19		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	1,00	1,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,06	0,00		0,00	0,00	0,00
13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00		1,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Наблюдалось незначительное увеличение числа совпадений k для выборок треморограмм у тренированных. В целом для треморограмм и кардиоинтервалов характерно небольшое значение k , но при напряжении организма доля стохастики увеличивается (k нарастает), что наблюдается у нетренированных студентов после дозированной нагрузки. У тренированных наоборот идет уменьшение значений k , у которых при физической нагрузке формируется состояние адекватной мобилизации.

Заключение. Расчет матриц парных сравнений выборок тренированных испытуемых показал уменьшение числа совпадений $k=12$ для выборок кардиоинтервалов, что свидетельствует о стабилизирующем влиянии физической нагрузки на группы испытуемых.

У нетренированных испытуемых $k=21$ наоборот увеличивалось после физической нагрузки (приседаний), что показывает недостаточную сформированность у них адаптационных механизмов, а также существенное напряжение регуляторных процессов и степень рассогласования параметров функциональных систем организма.

Новые методы могут быть использованы для оценки адекватности физических тренировок индивидуальному функциональному резерву. Изучение состояния механизмов регуляции, определение степе-

ни напряжения регуляторных систем имеют большое значение для оценки особенностей адаптации организма человека к физическим нагрузкам.

Литература

1. Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В., Зимин М.И., Попов Ю.М. Математические основы глобальной нестабильности биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2014. №1. С. 54–58.
2. Гараева Г.Р., Еськов В.М., Еськов В.В., Гудков А.Б., Филатова О.Е., Химикова О.И. Хаотическая динамика кардиоинтервалов трёх возрастных групп представителей коренного населения Югры // Экология человека. 2015. №9. С. 50–55.
3. Добрынина И.Ю., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Чантурия С.М., Шипилова Т.Н. Особенности гестозов и нарушений углеводного обмена // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, №3. С. 14–16.
4. Добрынина И.Ю., Добрынин Ю.В., Еськов В.М., Коваленко Т.Н. Системный анализ признаков дислипидемии, характеризующий биологические факторы адаптации у больных сахарным диабетом 2 типа с различными клиническими вариантами течения, постоянно проживающих в условиях Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, №1. С. 15–17.
5. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Синенко Д.В. Нейрокомпьютерная идентификация параметров порядка в геронтологии // Успехи геронтологии. 2015. Т. 28, №3. С. 435–440.
6. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Вегетативная нервная система и функциональная асимметрия в геронтологии (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий (электронное издание). 2015. №1. Публикация 3-5. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5066.pdf> (дата обращения 03.03.2015). DOI: 10.12737/8625.
7. Еськов В.М., Филатова О.Е., Проворова О.В., Химикова О.И. Нейроэмуляторы при идентификации параметров порядка в экологии человека // Экология человека. 2015. № 5. С. 57–60.
8. Еськов В.М., Полухин В.В., Дерпак В.Ю., Пашнин А.С. Математическое моделирование произвольных движений в норме и при патологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. №2. С. 75–86.
9. Живогляд Р.Н., Хадарцева К.А., Живаева Н.В., Сорокина Л.С. Хаотическая динамика параметров нейровегетативной системы жителей Югры в норме и при патологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2014. №3. С. 17–24.
10. Козупица Г.С., Русак С.Н., Филатова О.Е., Еськов В.В., Шевченко Н.Г. Динамика статуса вегетативной нервной системы у учащихся младших классов в погодных условиях г. Сургута // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т. 20, №4. С. 92–95.
11. Козупица Г.С., Ватамова С.Н., Гараева Г.Р., Филатов М.А., Шумилов С.П. Теория хаоса-самоорганизации в описании функциональных систем организма человека // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, №2. С. 15–20.
12. Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Хадарцева К.А., Еськов В.В. Два типа подходов в развитии персонализированной медицины // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. №1. С. 81–88.
13. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Пять принципов функционирования сложных систем, систем третьего типа // Вестник новых медицинских технологий (электронное издание). 2015. №1. Публикация 1-2. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf> (дата обращения 25.03.2015). DOI: 10.12737/10410.

References

1. Gavrilenko TV, Vokhmina YV, Zimin MI, Popov YM. Matematicheskie osnovy global'noy nestabil'nosti biosistem. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;1:54-8. Russian.
2. Garaeva GR, Es'kov VM, Es'kov VV, Gudkov AB, Filatova OE, Khimikova OI. Khaoticheskaya dinamika kardiointervalov trekh vozrastnykh grupp predstaviteley korennoogo naseleniya Yugry. Ekologiya cheloveka. 2015;9:50-5. Russian.
3. Dobrynina IY, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Chanturiya SM, Shipilova TN. Osobennosti gestozov i narusheniy uglevodnogo obmena. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(3):14-6. Russian.
4. Dobrynina IY, Dobrynin YV, Es'kov VM, Kovalenko TN. Sistemnyy analiz priznakov dislipidemii, kharakterizuyushchiy biologicheskie faktory adaptatsii u bol'nykh sakharnym diabetom 2 tipa s razlichnymi klinicheskimi variantami techeniya, postoyanno prozhivayushchikh v usloviyakh Severa RF. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(1):15-7. Russian.
5. Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE, Khadartsev AA, Sinenko DV. Neyrokomp'yuternaya identifikatsiya parametrov poryadka v gerontologii. Uspekhi gerontologii. 2015;28(3):435-40. Russian.
6. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA. Vegetativnaya nervnaya sistema i funktsional'naya asimetriya v gerontologii (obzor literatury). Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy (Elek-

tronnoe izdanie). 2015 [cited 2015 Mar 03];1: [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5066.pdf>. DOI: 10.12737/8625.

7. Es'kov VM, Filatova OE, Provorova OV, Khimikova OI. Neyroemulyatory pri identifikatsii parametrov poryadka v ekologii cheloveka. *Ekologiya cheloveka*. 2015;5:57-60. Russian.

8. Es'kov VM, Polukhin VV, Derpak VY, Pashnin AS. Matematicheskoe modelirovanie neproizvol'nykh dvizheniy v norme i pri patologii. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2015;2:75-86. Russian.

9. Zhivoglyad RN, Khadartseva KA, Zhivaeva NV, Sorokina LS. Khaoticheskaya dinamika parametrov neyrovegetativnoy sistemy zhiteley Yugry v norme i pri patologii. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2014;3: 17-24. Russian.

10. Kozupitsa GS, Rusak SN, Filatova OE, Es'kov VV, Shevchenko NG. Dinamika statusa vegetativnoy nervnoy sistemy u uchashchikhsya mladshikh klassov v pogodnykh usloviyakh g. Surguta. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2013;20(4):92-5. Russian.

11. Kozupitsa GS, Vatamova SN, Garaeva GR, Filatov MA, Shumilov SP. Teoriya khaos-samoorganizatsii v opisaniy funktsional'nykh sistem organizma cheloveka. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2014;21(2):15-20. Russian.

12. Filatova OE, Khadartsev AA, Khadartseva KA, Es'kov VV. Dva tipa podkhodov v razvitii personifitsirovannoy meditsiny. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. 2015;1:81-8. Russian.

13. Khadartsev AA, Es'kov VM, Filatova OE, Khadartseva KA. Pyat' printsipov funktsionirovaniya slozhnykh sistem, sistem tret'ego tipa. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy (Elektronnoe izdanie)*. 2015 [cited 2015 Mar 25];1: [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf>. DOI: 10.12737/10410.

Библиографическая ссылка:

Башкатова Ю.В., Карпин В.А., Тен Р.Б., Шакирова Л.С. Матрицы парных сравнений выборок в оценке влияния дозированных физических нагрузок на организм // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №1. Публикация 3-1. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-1/3-1.pdf> (дата обращения: 26.02.2016). DOI: 10.12737/18450.