

taking into account their genetically determined predispositions : No. 2023621498 : application 24.05.2023 : publ. 16.06.2023 / applicant Federal State budgetary educational institution of higher education "P.F. National State University of Physical Culture, Sports and Health Lesgaft, St. Petersburg".

2. Ushkanova S. G. (2023), "Algorithm for the distribution of children of indigenous peoples of the North engaged in freestyle wrestling in groups, taking into account a genetically determined predisposition", Scientific notes of the P.F. Lesgaft University, No 8, pp. 354–357.

3. Ushkanova S. G. (2023), "Accounting of genotype data as a factor of objectification of children's predisposition to sports", Sport, Man, Health : Materials of the XI International Congress, St. Petersburg, April 26-28, 2023, St. Petersburg, POLYTECH PRESS, pp. 360–362.

4. Ushkanova S. G. (2022), "Genetically determined predispositions, a tool for identifying motor giftedness of indigenous peoples of the North in freestyle wrestling", Scientific notes of the P.F. Lesgaft University, No 11, pp. 573–577.

5. Ushkanova S. G. (2020), *Sports selection of children in freestyle wrestling, taking into account genetically given predispositions (using the example of the Republic of Sakha (Yakutia))*, specialty 13.00.04 "Theory and methodology of physical education, sports training, health-improving and adaptive physical culture", dissertation for the degree of candidate of pedagogical sciences, St. Petersburg, 184 p.

5. Ushkanova S. G. (2020), *Sports selection of children in freestyle wrestling taking into account genetically determined predispositions (on the example of the Republic of Sakha (Yakutia))*, specialty 13.00.04 "Theory and methodology of physical education, sports training, recreational and adaptive physical culture", abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Pedagogical Sciences, St. Petersburg, 27 p.

Контактная информация: erhaan@mail.ru

Поступила в редакцию 17.12.2023.

Принята к публикации 26.12.2023

УДК 796.01:612

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ И НЕСПОРТСМЕНОВ ПО ДАННЫМ АНТРОПОМЕТРИИ, МОРФОЛОГИИ И МПК

Хуснутдинов Рамиль Миннегаязович¹, кандидат физико-математических наук, доцент
Ситдилов Алмаз Муллаянович¹

Фаткуллов Ильнур Рафкатович¹, кандидат педагогических наук, доцент

Галиутдинов Марат Ильдарханович¹, кандидат физико-математических наук, доцент

Ахметшина Лилия Мустакимовна²

¹Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань

²Межрегиональный клинико-диагностический центр, Зеленодольская центральная районная больница, Казань

Аннотация. В настоящей работе представлены результаты сравнительного анализа данных физиологических параметров и характеристик организма спортсменов и неспортсменов. Разработана методика анализа экспериментальных данных, позволяющая выполнить дискриминативный анализ функционального состояния организма различных групп испытуемых по данным антропометрии, морфологии и МПК. Найдены регрессионные соотношения между различными физиологическими параметрами испытуемых. Показано, что в рамках метода главных компонент и регрессионного анализа возможно выполнить классификацию функционального состояния организма спортсменов и неспортсменов.

Ключевые слова: функциональное состояние организма, регрессионный анализ, метод главных компонент, физиология спорта.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE BODY OF ATHLETES AND NON-ATHLETES ACCORDING TO ANTHROPOMETRY, MORPHOLOGY AND IPC

Khusnutdinov Ramil Minnegayazovich¹, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

Sitdikov Almaz Mullayanovich¹

Fatkullov Ilnur Rafkatovich¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Galyautdinov Marat Ildarkhanovich¹, Candidate of Physics-Mathematical Sciences, Associate Professor

Akhmetshina Lilia Mustakimovna²

¹*Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan*

²*Interregional Clinical Diagnostic Center, Zelenodolsk Central District Hospital, Kazan*

Abstract. This paper presents the results of a comparative analysis of the data of physiological parameters and characteristics of the body of athletes and non-athletes. A method of analyzing experimental data has been developed that allows performing a discriminatory analysis of the functional state of the organism of various groups of subjects according to anthropometry, morphology and IPC data. Regression relations between various physiological parameters of the subjects were found for both the control and experimental groups. It is shown that within the framework of the method of principal components and regression analysis, it is possible to classify the functional state of the body of athletes and non-athletes.

Keywords: functional state of the organism, regression analysis, principal component method, physiology of sports.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка критериев оценки функционального состояния организма необходима для оптимизации физического развития и спортивной подготовки различных профессиональных групп [1]. Под функциональным состоянием организма здесь подразумевается интегральная характеристика состояния здоровья, отражающая общий уровень функционирования организма (жизнедеятельности), обеспечивающий работу механизмов приспособления к окружающей среде и позволяющий иметь функциональные резервы и адаптационные возможности, которые могут быть израсходованы при взаимодействии с факторами внешней среды (физической нагрузке, болезни, травме и других) [2]. В настоящее время диагностика функционального состояния и адаптационных резервов организма играет ключевую роль в подготовке высококвалифицированных спортсменов [3]. Как известно, рост достижений в спорте связан в основном с совершенствованием учебно-тренировочного процесса, включающим увеличение объема и интенсивности тренировочных нагрузок, а также учет биологических закономерностей протекания адаптационных процессов с главными параметрами тренировочных и соревновательных нагрузок [4]. При таком подходе организация и проведение тренировочного процесса реализуются только при условии объективной оценки функционального состояния организма спортсмена [5]. В последнее время для диагностики функционального состояния организма помимо традиционных аппаратно-программных комплексов находят широкое применение методы классификации и интеллектуального анализа данных с помощью современных методов машинного обучения [6].

В настоящей работе на основе экспериментальных данных по антропометрии, морфологии и МПК (максимальное потребление кислорода) с помощью методов машинного обучения проводится сравнительный анализ функционального состояния организма двух групп испытуемых (спортсменов и неспортсменов).

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе выполняется анализ экспериментальных данных по антропометрии, морфологии и МПК для двух групп испытуемых обоих полов в возрасте от 10 до 27 лет: экспериментальной (126 человек, или 82.89% от общего числа испытуемых) и контрольной (26 человек, 17.11%). В экспериментальную группу входят спортсмены, профессионально занимающиеся определенными видами спорта (академическая гребля, гребля на байдарках, бадминтон, большой теннис, борьба, восточные единоборства,

легкая атлетика, волейбол, футбол, плавание, художественная гимнастика и др.), имеющие спортивные разряды и звания. В контрольную группу входят молодые здоровые люди, занимающиеся умеренной физической активностью от 2 до 10 часов в неделю. Все исследования проводились на базе научно-исследовательского центра Поволжского государственного университета физической культуры, спорта и туризма.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве начального этапа анализа функционального состояния организма спортсменов был выполнен регрессионный анализ между такими важными характеристиками, как массовые доли жировой и костной тканей спортсменов и неспортсменов (см. рис. 1). Установлено, что для экспериментальных и контрольных групп уравнения регрессии $y = kx + b$ между массовыми долями жировой и костной тканями имеют некоторые различия. Так, отношение коэффициентов для экспериментальной и контрольной групп составляет $\rho \frac{k_{\text{экспер}}}{k_{\text{контроль}}} :: 0.67$, что указывает на некоторые отличия функционального состояния организма спортсменов и неспортсменов.

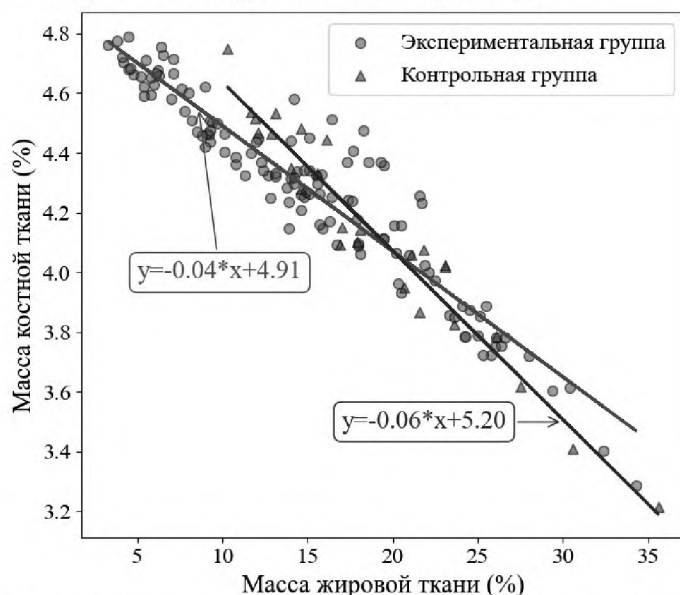


Рисунок 1. Соотношение между массовыми долями жировой и костной тканей. - маркерами (O) и (Δ) обозначены экспериментальная и контрольные группы, соответственно. Линиями обозначены регрессионные соотношения.

Далее, для спортсменов и неспортсменов, мы рассмотрели корреляцию между процентом воды от общей массы тела и массовой долей жировой ткани испытуемых (см. рис. 2). Вода, участвуя во всех биохимических процессах, играет важную роль в нормальном функционировании организма. Так, вода составляет почти две трети (~67%) массы тела здорового человека. Как видно из рисунка, данный показатель для спортсменов соответствует массовой доле жировой ткани в окрестности 5%. Для обеих групп видим, что с увеличением доли жировой ткани наблюдается заметное уменьшение процента воды в организме испытуемых. Так, например, у испытуемых с массовой долей жировой ткани в 30-35% процент воды составляет лишь ~50, что существенным

образом будет сказываться на функциональном состоянии организма. В то же время, для экспериментальных и контрольных групп отношение коэффициентов регрессионного соотношения $\rho I \ k_{экспер}/k_{контро}$ отличается более чем в 1.1 раза.

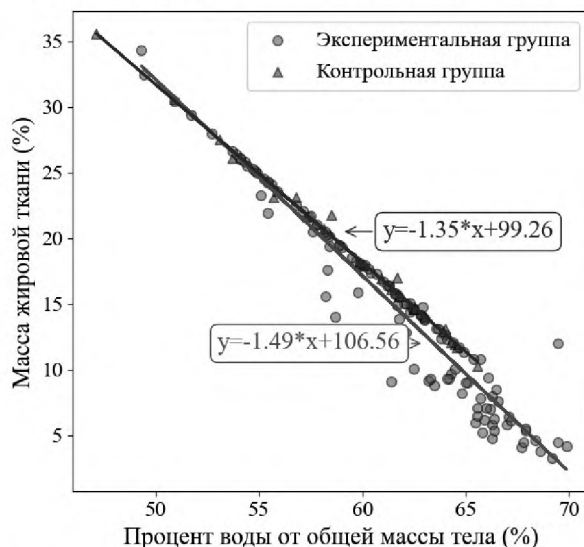


Рисунок 2. Соотношение между процентом воды от общей массы тела и массовой долей жировой ткани испытуемого.

- маркерами (O) и (Δ) обозначены экспериментальная и контрольные группы, соответственно. Линиями обозначены регрессионные соотношения.

Для детального анализа функционального состояния испытуемых использовали метод главных компонент – один из основных способов уменьшить размерность данных, при этом потеряв наименьшее количество информации. Направления главных осей определяли путем нахождения собственных чисел и векторов корреляционной матрицы. На рисунке 3 (левая колонка) изображена гистограмма распределения дисперсий по главным компонентам. Как видно из рисунка, факторы, используемые в настоящей работе, описывают 83.7% совокупной дисперсии признаков. На рисунке 3 (правая колонка) представлено распределение экспериментальных данных для спортсменов и неспортсменов в плоскости первых двух компонент (PC1 и PC2). Как видно из рисунка, на диаграмме PC1/PC2 выделяются два кластера: кластер с компактным распределением точек при отрицательных значениях PC1 – характеризует данные контрольной группы, в то время как кластер с рассеянным распределением точек в области положительных значений PC1 характеризует данные экспериментальной группы.

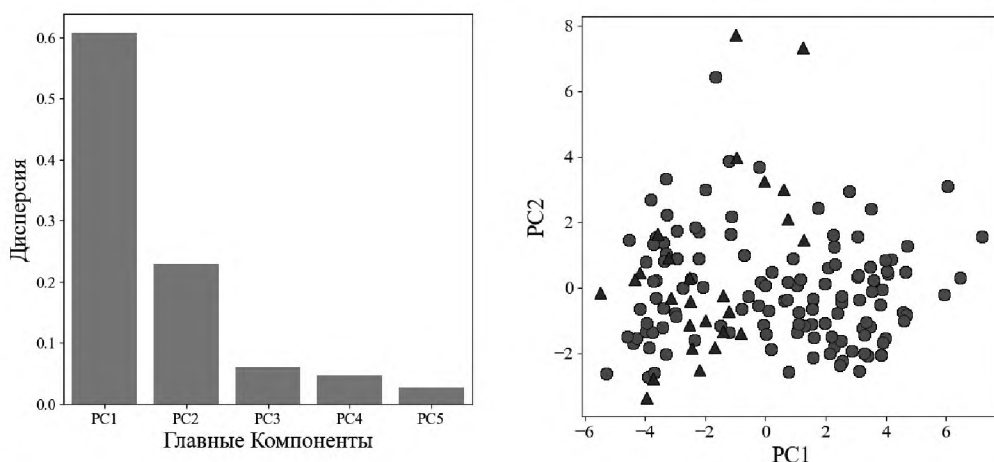


Рисунок 3. (Левая колонка): Гистограмма распределения дисперсий по главным компонентам; (Правая колонка): Распределение данных по экспериментальной (кружки) и контрольной (треугольники) группам в плоскости первых двух компонент.

ВЫВОДЫ

Разработана методика анализа экспериментальных данных, позволяющая выполнить дискриминационный анализ функционального состояния организма спортсменов и неспортсменов по данным антропометрии, морфологии и МПК. Найлены регрессионные соотношения между различными физиологическими параметрами испытуемых, как для контрольной, так и для экспериментальной групп. Обнаружено, что параметры регрессионных уравнений для испытуемых, профессионально занимающиеся спортом, и молодыми людьми, физическая активность которых составляет от 2 до 10 часов в неделю, имеют существенные различия. Показано, что в рамках метода главных компонент и регрессионного анализа возможно выполнить классификацию функционального состояния организма спортсменов и неспортсменов. Установлено, что данные по тестовой группе, в основном, сконцентрированы в отрицательной полуплоскости первых двух компонент, в то время как данные по экспериментальной группе расположены симметрично относительно начала координат. Таким образом, представленная в работе методика анализа экспериментальных данных позволяет корректно диагностировать функциональное состояние организма спортсменов и неспортсменов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. MacMillan G., Batterham A., Chesterton P., Gregson W., Lolli L., Weston M., Atkinson G. Variability in the Study Quality Appraisals Reported in Systematic Reviews on the Acute: Chronic Workload Ratio and Injury Risk // *Sports Medicine*. 2020. Vol. 50. P. 2065–2067.
2. Kalkhoven J., Watford M., Coutts A., Edwards W., Impellizzeri F. Training Load and Injury: Causal Pathways and Future Directions // *Sports Medicine*. 2021. Vol. 51. P. 1137–1150.
3. Hammes F., Hagg A., Asteroth A., Link D. // Artificial Intelligence in Elite Sports-A Narrative Review of Success Stories and Challenges // *Frontiers in Sports and Active Living*. 2022. Vol. 4. P. 861466 (1)–861466 (15).
4. Chmait N., Westerbeek H. Artificial Intelligence and Machine Learning in Sport Research: An Introduction for Non-data Scientists // *Frontiers in Sports and Active Living*. 2021. Vol. 3. P. 682287 (1)–682287 (8).
5. Brnabic A., Hess L. M. Systematic literature review of machine learning methods used in the analysis of real-world data for patient-provider decision making // *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2021. Vol. 21. P. 54 (1)–54 (19).
6. Rossi A., Pappalardo L., Cintia P. A Narrative Review for a Machine Learning Application in Sports: An Example Based on Injury Forecasting in Soccer // *Sports*. 2022. Vol. 10. P. 5 (1)–5 (16).

REFERENCES

1. MacMillan G., Batterham A., Chesterton P., Gregson W., Lolli L., Weston M., Atkinson G. (2020), "Variability in the Study Quality Appraisals Reported in Systematic Reviews on the Acute: Chronic Workload Ratio and Injury Risk", *Sports Medicine*, Vol. 50, pp. 2065–2067.
2. Kalkhoven J., Watford M., Coutts A., Edwards W., Impellizzeri F. (2021), "Training Load and Injury: Causal Pathways and Future Directions", *Sports Medicine*, Vol. 51, pp. 1137–1150.
3. Hammes F., Hagg A., Asteroth A., Link D. (2022), "Artificial Intelligence in Elite Sports-A Narrative Review of Success Stories and Challenges", *Frontiers in Sports and Active Living*, Vol. 4, pp. 861466 (1)–861466 (15).
4. Chmait N., Westerbeek H. (2021), "Artificial Intelligence and Machine Learning in Sport Research: An Introduction for Non-data Scientists", *Frontiers in Sports and Active Living*, Vol. 3, pp. 682287 (1)–682287 (8).
5. Brnabic A., Hess L. M. (2021), "Systematic literature review of machine learning methods used in the analysis of real-world data for patient-provider decision making", *BMC Medical Informatics and Decision Making*, Vol. 21, pp. 54 (1)–54 (19).
6. Rossi A., Pappalardo L., Cintia P. (2022), "A Narrative Review for a Machine Learning Application in Sports: An Example Based on Injury Forecasting in Soccer", *Sports*, Vol. 10, pp. 5 (1)–5 (16).

Контактная информация: khrm@mail.ru

Поступила в редакцию 22.11.2023.

Принята к публикации 26.12.2023

УДК 796.015.12

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ АЭРОБНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ В СКИ-АЛЬПИНИЗМЕ

Черноусова Марина Васильевна¹

Черноусов Алексей Григорьевич¹

Соколов Павел Сергеевич²

Рубанович Виктор Борисович¹, доктор медицинских наук

¹Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск

²Пермский институт Федеральной службы исполнения наказания России, Пермь

Аннотация. В статье представлены результаты педагогического тестирования спортсменов группы высшего спортивного мастерства, специализирующихся в ски-альпинизме. Определен уровень аэробной подготовленности по следующим количественным характеристикам: ежеминутное потребление кислорода ($V'O_2$), углекислого газа ($V'CO_2$), частоты сердечных сокращений (ЧСС). Научная новизна результатов исследования заключается в комплексной оценке уровня аэробной подготовленности ски-альпинистов. Практическая значимость результатов исследования позволит скорректировать тренировочный процесс спортсменов в ски-альпинизме на основе показателей порога анаэробного обмена (ПАНО) и максимального потребления кислорода (МПК) с учетом тренировочных зон.

Ключевые слова: ски-альпинизм, аэробная подготовленность, спортсмены, максимальное потребление кислорода, порог анаэробного обмена.

DETERMINING THE LEVEL OF AEROBIC FITNESS OF ATHLETES IN SKI MOUNTAINING

Chernousova Marina Vasilievna¹

Chernousov Alexey Grigorievich¹

Sokolov Pavel Sergeevich²

Rubanovich Viktor Borisovich¹, Doctor of Medical Sciences

¹Novosibirsk State Pedagogical University, Russia, Novosibirsk

²Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Russia, Perm