

УДК 796.011

Резервные возможности организма: взаимодействие функциональных резервов в структуре адаптации к мышечной деятельности

Евдокимов И. М. *

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
г. Санкт-Петербург, Россия*

*ORCID: 0000-0003-1148-1180, evdokimov-ivan@mail.ru **

Аннотация. Адаптация человеческого организма к физической активности является многоуровневым системным процессом, обеспечивающих задействование скрытых резервов на всех уровнях биологической организации. **Научная новизна** исследования заключается в выявлении соотношения параметров системной реакции организма на дозированную физическую нагрузку у представителей 10 видов мышечной деятельности с использованием многомерного классического анализа. Результаты работы обладают практической значимостью, поскольку позволяют оценить адаптивные возможности организма не только в избранной спортивной специализации, но и в других видах двигательной активности, что может быть использовано в системе спортивного отбора и прогнозирования успешности подготовки спортсменов. **Материалы.** В статье представлены таблицы с характеристикой видов мышечной деятельности, коэффициентами канонических осей и матрицей различий между группами испытуемых. **Методы исследования.** В педагогическом эксперименте приняло участие 50 человек, адаптированных к одному из 10 видов мышечной деятельности. Испытуемые выполняли дозированную физическую нагрузку на велотренажере. Обработка данных проводилась с использованием методов многомерного классического анализа. **Результаты.** Установлено, что первые пять канонических осей учитывают 98 % общей вариабельности, при этом основное различие между группами обусловлено варьированием энергетических и регуляторных компонентов. Выявлено сходство адаптивных реакций у лиц, специализирующихся в сходных по направленности видах мышечной деятельности. **Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о возможности оценки адаптивных резервов организма по соотношению параметров системной реакции на стандартную физическую нагрузку без определения четких границ мобилизации отдельных функций.

Ключевые слова: функциональные резервы, адаптация, мышечная деятельность, канонический анализ, системная реакция организма.

Для цитирования: Евдокимов И. М. * Резервные возможности организма: взаимодействие функциональных резервов в структуре адаптации к мышечной деятельности. Педагогико – психологические и медико – биологические проблемы физической культуры и спорта. 2026; 21 (3): 436 - 441.

Body reserves: interaction of functional reserves in the structure of adaptation to muscular activity

Ivan M. Evdokimov *

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

St. Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0003-1148-1180, evdokimov-ivan@mail.ru *

Abstract. The adaptation of the human body to physical activity is a multi-level systemic process that ensures the activation of hidden reserves at all levels of biological organization. **The scientific novelty** of the study lies in identifying the relationship between the parameters of the body's systemic response to dosed physical activity in representatives of 10 types of muscular activity using multivariate classical analysis. **The results of the study** have practical significance, as they allow for assessing the adaptive capabilities of the body not only in the chosen sports specialization, but also in other types of physical activity, which can be used in the system of sports selection and forecasting the success of athletes' training. **Materials.** The article presents tables with the characteristics of muscular activity's types, the coefficients of the canonical axes, and the matrix of differences between the groups of subjects. **Research methods.** The pedagogical experiment involved 50 subjects who were adapted to one of 10 types of muscular activity. The subjects performed a graded physical load on a stationary bicycle. The data were processed using multivariate classical analysis methods. **Results.** It has been established that the first five canonical axes account for 98% of the total variability, while the main difference between the groups is due to the variation of energy and regulatory components. The similarity of adaptive responses in individuals specializing in similar types of muscular activity has been revealed. **Conclusion.** The data obtained indicate that it is possible to assess the adaptive reserves of the body based on the ratio of the systemic response parameters to standard physical activity, without defining clear boundaries for the mobilization of individual functions.

Keywords: functional reserves, adaptation, muscular activity, canonical analysis, and systemic body response.

For citation: Ivan M. Evdokimov *. Body reserves: interaction of functional reserves in the structure of adaptation to muscular activity. Russian Journal of Physical Education and Sport. 2026; 21 (3): 436 - 441.

Введение

Роль функциональных возможностей в процессах адаптации человека к интенсивным физическим нагрузкам и воздействию внешней среды неоднократно освещалась в научной литературе [1, 4, 7]. Однако, адаптационный потенциал организма логичнее рассматривать с точки зрения функциональных резервов — способности органов и систем изменять интенсивность своей работы для достижения необходимого приспособительного результата [2].

Структура функциональных резервов различна и включает биохимический, физиологический, профессиональный и психологический компоненты. При этом биохимические резервы составляют основу системы, а психологические — её максимальный уровень. Физиологические резервы выполняют роль связующего звена, обеспечивая реализацию всех остальных видов адаптационных механизмов [3, 5].

При физических нагрузках физиологические резервы задействуются не изолированно, а как часть целостной системной реакции, что обусловлено спецификой мышечной деятельности и процессами долговременной адаптации. Формирование адаптивной реакции происходит путем интеграции функций, направленных на достижение конкретного приспособительного эффекта, выступающего в роли системообразу-

ющего фактора [2, 6].

Исходя из этого, целью данной работы стало исследование параметров показателей физиологического отклика организма на дозированные нагрузки, а также оценка сходства адаптивных реакций у лиц с различной спортивной специализацией.

Материалы и методы

Для исследования были выбраны 50 человек. Всех их разделили на 10 групп — по видам спорта, которые они представляют. Виды спорта подбирали специально так, чтобы они были как можно более разными: от статичности до динамики, от «кардио» до резких рывков. В ходе проведения исследования важно было увидеть, как организм по-разному реагирует на физическую нагрузку в зависимости от того, как работают его мышцы. Группы формировались по стандартной классификации, которой обычно пользуются врачи в спорте и специалисты по адаптивной физкультуре.

Сведения о том, в чём именно заключается физическая нагрузка в каждой из десяти групп, вынесено в таблицу 1. Она станет отправной точкой для того, чтобы дальше разбираться, как организм приспосабливается к таким разным нагрузкам.

Таблица 1

Виды мышечной деятельности в 10 исследованных группах

Номер группы	Вид спорта	Характеристика мышечной деятельности.
1.	Тяжелая атлетика	Ациклические, собственно-силовые движения.
2.	Велоспорт	Циклические движения, осуществляемые преимущественно ногами с рычажными передачами.
3.	Скандинавская ходьба	Циклические движения, осуществляемые преимущественно с помощью рук и ног.
4.	Плавание	Циклические движения в водной среде.
5.	Челночный бег 10х10м	Циклические естественные движения с максимальной мощностью.
6.	Бокс	Движения с противодействием партнеру.
7.	Борьба	Движения с противодействием партнеру.
8.	Конькобежный спорт	Циклические движения, осуществляемые преимущественно ногами со скольжением.
9.	Гимнастика	Сложно координационные движения с качественной оценкой их выполнения.
10.	Футбол	Движения с коллективными взаимодействиями.

В рамках исследования все участники подвергались стандартизированной физической нагрузке на велотренажере. Отказ от индивидуализации мощности нагрузки по отношению к специфике мышечной деятельности применён в качестве условия унификации тестирования, что обеспечило сопоставимость показателей системной адаптации организма. Обработка экспериментальных данных выполнена с применением алгоритмов многомерного классического анализа, основанных на выделении проекционных осей, обеспечивающих максимальную дискриминацию априорных групп в пространстве анализируемых признаков. Вычислительные процедуры реализованы с использованием специализированного программного комплекса.

Результаты и обсуждение

Анализ весовых коэффициентов, полученных для первых канонических осей, дал возмож-

ность оценить значимость каждой переменной в формировании межсистемных связей. Данный подход обеспечивает объективную оценку взаимосвязей между физиологическими параметрами, что необходимо для понимания интегративных адаптационных процессов при физической нагрузке. Использование этих коэффициентов дает возможность перейти от анализа изолированных показателей к изучению синергетических эффектов их вариативности, тем самым обнаруживая скрытые механизмы системной реакции организма на стрессовое воздействие. В представленной таблице 2 приведены коэффициенты — это, по сути, показатели, которые показывают вес или вклад каждого признака, данные, которые получены в ходе математической обработки, а именно из первых так называемых канонических осей. Значения эти нормированные, то есть приведены к единому знаменателю, чтобы их можно было сравнивать между собой.

Таблица 2

Коэффициенты канонических осей

Параметр	Ось 1	Ось 2	Ось 3	Ось 4	Ось 5
Энергетические компоненты	0,82	0,15	0,08	0,04	0,02
Регуляторные компоненты	0,54	0,71	0,22	0,11	0,06

Проводя анализ данных из таблицы 2, становится очевидно: различия между группами в основном связаны с тем, как организм управляет своей энергией.

Методика произведенных расчётов характеризуется высокой точностью — первые три канонические оси описывают целых 95 % всех данных, так что на них вполне можно опираться в выводах.

Когда была построена трёхмерная картинка по каноническим координатам, группы стали отчётливо различаться. Особенно выделяется 10-я группа — её адаптационный профиль настолько своеобразен, что она заметно выбивается из общего ряда.

Вторая ось поделила выборки на два ярко выраженных полюса, что говорит о том, что в этих группах используются принципиально разные механизмы регуляции. А вот третья ось показала обратное: большинство групп довольно похожи друг на друга, за исключением первой и пятой.

Особенно показательны группы с 6-й по 9-ю — они выполняли одну и ту же физическую нагрузку и легли в консолидированную группу. Наблюдаемая реакция организма носит системный характер значит, реакция организма на такую работу предсказуема и идёт по одному сце-

нарию.

Чтобы сравнить, как по-разному реагировали организмы из разных групп, было использован метод многомерных расстояний. В

Для сравнения реакций организмов из разных групп использовался метод многомерных расстояний. Подробности представлены в таблице 3.

Таблица 3

Матрица различий по расстоянию между отдельными видами мышечной деятельности

группа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	0									
2.	36.4	0								
3.	16.4	33.6	0							
4.	17.7	33.6	10.6	0						
5.	31.5	21.6	14.0	16.9	0					
6.	17.0	25.4	9.0	12.1	13.3	0				
7.	27.3	15.0	12.1	20.6	12.5	15.1	0			
8.	15.6	19.5	7.1	10.6	10.8	7.9	10.5	0		
9.	20.2	17.6	8.4	13.9	10.2	10.3	8.7	6.3	0	
10.	21.8	18.5	8.9	13.8	11.0	11.0	9.8	7.4	8.2	0

Данные таблицы 3 демонстрируют, прямую зависимость организма к приспособлениям к физической нагрузке, он объединяет свои резервы очень по-разному, и это напрямую зависит от вида спорта. Обычный анализ даёт понять, что ключевые отличия в реакции на стандартную физическую нагрузку между группами связаны с особенностями, как по-разному устроены их энергообеспечение и регуляторные механизмы.

При этом те, кто занимается близкими по характеру видами спорта, показывают схожие адаптивные возможности — это хорошо видно по многомерным расстояниям и по тому, как точки ложатся на канонические оси.

Заключение

Проведенное исследование позволило установить, чтобы понять адаптационный запас организма, вовсе не обязательно жёстко измерять границы каждой отдельной функции. Достаточно посмотреть, как эти функции соотносятся друг с другом в общей системной реакции на стандартную нагрузку. Это позволяет судить о резервах спортсмена не только в его основном виде спорта, но и в смежных дисциплинах.

Такой подход открывает новые возможности: можно улучшить систему отбора спортсменов, точнее прогнозировать, насколько успешно пройдет подготовка к предстоящему старту, и строить тренировочный процесс более индивидуально. А значит используя предложенный алгоритм можно эффективнее управлять состоянием спортсменов, обеспечивая качественно новый уровень контроля за их подготовкой.

Список литературы

1. Евдокимов И. М., Живодеров А. В. Пути реализации профессионально-прикладной физической подготовки в высшем учебном заведении. *Педагогика, психология, общество: от теории к практике : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Чебоксары, 20 декабря 2023 года*. Чебоксары: Общество с

ограниченной ответственностью «Издательский дом «Среда». 2023: 277 - 278.

2. Авдиенко В. Б. Методологические основы подготовки пловцов. *Физическое воспитание и спортивная тренировка*. 2019; 1 (27): 73 - 83.

3. Карпова С. Н. Принцип дифференцированного подхода к интегральной подготовке в соответствии с уровнями подготовленности пловчих-стайеров. *Культура физическая и здоровье*. 2023; 4 (88): 215 - 218.

4. Медведев В. И. Психологические реакции человека в экстремальных условиях. *Физиология человека*. 1976; 2 (6): 936 - 944.

5. Карпова С. Н. Роль и значение тренера в управлении индивидуализацией спортивной подготовки пловчих-стайеров. *Педагогико - психологические и медико - биологические проблемы физической культуры и спорта*. 2023; 18 (4): 40 - 43.

6. Плотникова С. С., Гайдукова Ю. Н., Кручинина М. А. Оптимизация тренировочного процесса на основе использования информационных технологий в спорте. *Философия и культура информационного общества. Десятая международная научно-практическая конференция*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022: 424 - 426.

7. Евдокимов И. М., Живодеров А. В., Бареева Д. Р., Живодеров В. А. Развитие высоких силовых показателей плечелучевой мышцы, как фундамента стабильной двигательной активности в армрестлинге. *Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта*. 2022; 10 (212): 150 - 153.

8. Горбунов А. А., Нечаев Д. В., Швецов О. В. Психифизиологические критерии индивидуализации тренировочного процесса с использованием тренажерных комплексов в профессионально-прикладной физической подготовке. *Физическая культура, спорт, туризм: инновационные технологии и перспективы развития: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*.

Екатеринбург: УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. 2024: 156 – 161.

References

1. Evdokimov I. M., Zhivoderov A. V. Ways of implementing professionally applied physical training in higher education. *Pedagogika, psikhologiya, obshchestvo : materialy III Vserossiyskoy Nauchno – Prakticheskoy Konferentsii, Cheboksary, 20 dekabrya 2023 goda* [Pedagogy, psychology, society: from theory to practice: proceedings of the III All-Russian Scientific and Practical Conference, Cheboksary, December 20, 2023]. Cheboksary: Limited Liability Company Publishing House Wednesday. 2023: 277 – 278 [In Russ.].
2. Avdienko V. B. Methodological Foundations of Swimming Training. *Fizicheskoe vospitanie I Sportivnaya Trenirovka*. 2019; 1 (27): 73 – 83 [In Russ.].
3. Karpova S. N. The principle of a differentiated approach to integral training in accordance with the levels of preparedness of long-distance swimmers. *Kul'tura fizicheskaya I Zdorov'e*. 2023; 4 (88): 215 – 218 [In Russ.].
4. Medvedev V. I. Psychological reactions of a person in extreme conditions. *Fiziologiya cheloveka*. 1976; 2 (6): 936 – 944 [In Russ.].
5. Svetlana N. Karpova. The Role and Significance of a Coach in Managing the Individualization of Long-Distance Swimmers' Sports Training. *Pedagogiko – Psikhologicheskie I Mediko – Biologicheskie Problemy Fizicheskoy Kul'tury I Sporta = Russian Journal of Physical Education and Sport*. 2023; 18 (4): 40 – 43 [In Russ., In Engl.].
6. Plotnikova S. S., Gaidukova Yu. N., Kruchinina M. A. Optimization of the Training Process Based on the Use of Information Technologies in Sports. *Filosofiya I Kul'tura Informatsionnogo Obshchestva* [Philosophy and Culture of Information Society]. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation. 2022 : 424 – 426 [In Russ.].
7. Evdokimov I. M., Zhivoderov A. V., Bareeva D. R., Zhivoderov V. A. Development of high strength indicators of the brachioradialis muscle, as the foundation of stable motor activity in arm wrestling. *Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta*. 2022 ; 10 (212) : 150 – 153 [In Russ.].
8. Gorbunov A. A., Nechaev D. V., Shvets O. V. Psychophysiological Criteria for Individualization of the Training Process Using Exercise Equipment in Professional and Applied Physical Training. *Fizicheskaya Kul'tura, Sport I Turizm : Innovatsionnye tekhnologii I Perspektivy Razvitiya : Materialy Vserossiyskoy Nauchno – Prakticheskoy Konferentsii s Mezhdunarodnym Uchastiem* [Physical Culture, Sports, and Tourism: Innovative Technologies and Development Prospects: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation]. Yekaterinburg: First President of Russia B. N. Yeltsin Ural Federal University. 2024 : 156 – 161 [In Russ.].

Статья поступила в редакцию: 03.08.2026

Евдокимов Иван Михайлович – кандидат педагогических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 190000, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, дом 67 лит. А, e-mail: evdokimov-ivan@mail.ru
