

## Функциональные резервы системы управления произвольными движениями при напряженной мышечной деятельности

**Приймаков Александр Александрович<sup>1</sup>**

Щецинський університет, Щецин, Польща

E-mail: [alprim7491@gmail.com](mailto:alprim7491@gmail.com)

ORCID ID <http://orcid.org/0000-0003-0351-486X>

Scopus ID: 6506766237

**Ейдер Ежи<sup>2</sup>**

Щецинський університет, Щецин, Польща

E-mail: [jerzy.eider@usz.edu.pl](mailto:jerzy.eider@usz.edu.pl)

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-8401-6442>

**Присяжнюк Станислав Иванович<sup>3</sup>**

Государственный университет телекоммуникаций, Киев, Украина

E-mail: [stas046@ukr.net](mailto:stas046@ukr.net)

ORCID ID <http://orcid.org/0000-0002-3017-0268>

**Мазурок Наталия Степановна<sup>4</sup>**

Национальный педагогический университет имени М. П. Драгоманова, Киев, Украина

E-mail: [natprim75@gmail.com](mailto:natprim75@gmail.com)

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-7346-1156>

---

*Цель: определение критериев оценки функциональных резервов и надежности системы управления произвольными движениями в различных условиях мышечной деятельности. Материал: В различных исследованиях участвовали студенты 17-19-ти лет и спортсмены 18-27 лет, специализирующиеся в различных видах спорта. На занятиях по физическому воспитанию студентки выполняли программу, направленную на повышение надежности и резервов системы управления локальными и региональными движениями различной координационной сложности. Большинство движений, выполняемых студентами, реализовывались в пространстве на точность в различных условиях сенсорного контроля. Спортсмены – велосипедисты, борцы, тяжелоатлеты, стрелки выполняли специализированные движения различной координационной сложности в процессе адаптации к специфическим физическим нагрузкам в каждом виде спорта. Качество двигательного регулирования анализировалось по мышечной активности, межмышечным взаимосвязям при проявлении мышечной работоспособности в процессе циклической и ациклической нагрузок – у велосипедистов, тяжелоатлетов и борцов, или по результату при стрельбе по мишени – у стрелков. Результаты: Выявлено, что в процессе долговременной адаптации к различным видам мышечной деятельности резервы системы управления движениями различной координационной структуры характеризуются: повышением мощности компенсаторных перестроек для сохранения надежности моторной функции в усложненных условиях двигательного регулирования. В частности, при функциональной депривации ведущих сенсорных систем, при максимальной активизации физиологических систем в процессе мышечной деятельности, в компенсированной фазе развиваемого утомления. Наиболее выраженные изменения происходят в движениях, в управлении которых участвуют высшие уровни регулирования. В движениях, регулируемых на низших моторных уровнях, сдвиги менее существенны. Такие движения более стабильны, программны и труднее изменяются с помощью физических упражнений. Выводы: Ведущими критериями резервных возможностей системы управления движениями разной*

<sup>1</sup> доктор биологических наук, профессор института наук о физической культуре Щецинського університета

<sup>2</sup> доктор педагогических наук, профессор факультета физической культуры и здоровья Щецинського університета

<sup>3</sup> доктор педагогических наук, профессор кафедры охраны жизнедеятельности и физического воспитания Государственного университета телекоммуникаций

<sup>4</sup> кандидат технических наук, доцент кафедры теории и методики физического воспитания Национального педагогического университета имени М. П. Драгоманова

координационной структуры являются: мощность, эффективность и взаимозаменяемость компенсаторных реакций, и механизмов, обеспечивающих надежность управления движениями при действии сбивающих факторов и утомлении; быстрота перехода к программному механизму двигательного регулирования в процессе совершенствования и в стабильных условиях функционирования; проявление принципа «сужения афферентации» в сенсорном контроле движений в стабильных условиях функционирования; помехоустойчивость механизмов, демпфирующих влияния сбивающих факторов в экстремальных условиях двигательного управления.

**Ключевые слова:** управление, движения, координация, компенсаторные реакции, функциональные резервы.

---

**Введение.** Проблема функциональных резервов (ФР) организма человека является одной из актуальнейших проблем системной физиологии, в том числе, физиологии мышечной деятельности и физиологии спорта. В процессе адаптации к физическим нагрузкам в организме происходит накопление морфологических, метаболических и функциональных приспособительных изменений, в результате которых повышаются возможности реализовать мышечную деятельность, с большим объемом, интенсивней и экономичней (В. Мищенко (Мищенко, 1990, 1997), В. Мищенко, А. Павлик, В. Сиренко (Сиренко, 1999)).

Для эффективного управления процессом адаптации к физическим нагрузкам важным является как понимание механизмов приспособительных перестроек, так и обоснование адекватных методов их контроля, оценки и прогнозирования.

Для оценки ФР используются различные показатели, взаимосвязанные с параметрами работоспособности при напряженной мышечной или умственной деятельности. Уровень же специальной работоспособности спортсменов используется в качестве интегрального критерия для оценки их ФР, структурными компонентами которых рассматриваются морфологические, метаболические и физиологические резервы (В. Мищенко (Мищенко, 1990, 1997), В. Мищенко, А. Павлик, В. Сиренко (Сиренко, 1999), О. Приймаков, І. Козетов, Е. Кришковецас (Кришковецас, 2009)).

Анализ степени изученности проблемы показал, что в большинстве работ, посвященных оценке ФР организма спортсменов, используются преимущественно методы тестирования с циклическими физическими нагрузками, позволяющими количественно выражать величину выполненной работы, рассчитывать величины общего функционального потенциала и составных его интегральных компонентов – анаэробной и аэробной мощности, подвижности и экономичности физиологических процессов (О. Лисенко, (Лисенко, 2003), В. Мищенко (Мищенко, 1990, 1997), В. Мищенко, А. Павлик, В. Сиренко (Сиренко, 1999)). При этом, в качестве информативных показателей ФР в циклических видах спорта рассматриваются параметры газоанализа, сердечной деятельности, мощности анаэробной и аэробной систем энергообеспечения, скорости процессов вработывания и восстановления и др. (В. Мищенко (Мищенко, 1990, 1997), В. Мищенко, А. Павлик, В. Сиренко (Сиренко, 1999)). На основе информативных показателей, каждый из которых вносит свой парциальный вклад в проявление специальной работоспособности спортсменов, авторами разработаны интегральные компоненты ФР спортсменов в циклических (О. Лисенко, (Лисенко, 2003), В. Мищенко (Мищенко, 1990, 1997), В. Мищенко, А. Павлик, В. Сиренко (Сиренко, 1999)) и ситуационных (Т. Данько (Данько, 2008), А. Приймаков, А. Щегольков, Я. Ящанин (Ящанин, 2010), О. Pryimakov, S. Iermakov, O. Kolenkov, I. Samokish, J. Juchno (Juchno, 2016)) видах спорта.

В ситуационных видах спорта со сложнокоординационной и вариативной структурой движений точная количественная характеристика ФР и механизмов, детерминирующих уровень специальной работоспособности и спортивный результат, затруднена. Затруднена оценка механизмов и резервов компенсаторных перестроек в системе управления движениями в экстремальных условиях деятельности.

Как отмечено в исследованиях Н. Бернштейна (Бернштейн, 1947), В. Голубева, Д. Давиденко, А. Мозжухина, А. Шабанова (Шабанов, 1987), Д. Давиденко, А. Мозжухина, В. Телегина (Телегин, 1987), проблема оценки резервных возможностей системы управления движениями относится к одной из слабо изученных и трудно исследуемых проблем системной физиологии.

Несмотря на то, что известны общие механизмы адаптации к мышечной деятельности, ФР по-разному определяются гено- и фенотипическими факторами, по-разному проявляются при разных видах и режимах мышечной работы, в отдельных системах и в различных видах спорта (Т. Данько

(Данько, 2008), О. Коленков, О. Приймаков, В. Пристинський, А. Осіпцов (Осіпцов 2012), В. Мищенко (Мищенко, 1990, 1997), А. Приймаков, В. Моногаров (Моногаров, 2000)). Их проявления специфичны, они трудно диагностируемы, нет единого универсального метода их выявления и количественного критерия оценки. Это предполагает разные методические подходы к их оценке, управлению и совершенствованию.

В связи с недостаточной изученностью данной проблемы, важностью ее для спортивной физиологии, теории спорта и теории управления движениями, **целью** настоящей работы является определение критериев оценки функциональных резервов и надежности системы управления произвольными движениями в различных условиях мышечной деятельности человека.

**Методы и организация исследований.** В наших исследованиях, на протяжении многих лет, использовался комплекс педагогических и медико-биологических методов тестирования двигательных возможностей у студентов и спортсменов (О. Коленков, О. Приймаков, В. Пристинський, А. Осіпцов (Осіпцов 2012), А. Приймаков, В. Моногаров (Моногаров, 2000), А. Приймаков, Е. Доценко (Доценко, 2008), А. Приймаков (Приймаков, 2011), А. Приймаков, Е. Эйдер, О. Омельчук (Омельчук, 2015)). Предметом изучения являлись как простые, так и сложные движения различной координационной структуры, в регулировании которых участвуют различные уровни управления ЦНС (Бернштейн, 1947). В качестве движений различных уровней регулирования у студентов анализировались: а) ходьба по прямой линии на точность до заданного ориентира с открытыми и закрытыми глазами, до и после вестибулярных раздражений; б) метания теннисного мяча по неподвижной и движущейся цели; в) репродукция пространственных перемещений кисти в различных условиях сенсорного обеспечения; г) ритмические перемещения кисти по заданному ориентиру в максимальном темпе д) проба на равновесие «Фламинго»; е) перепрыгивания через скакалку; ж) челночный бег 4x9 м (А. Приймаков, Е. Доценко (Доценко, 2008), О. Приймаков, І. Козетов, Е. Кришковецас (Кришковецас, 2009), А. Радзиевский, А. Приймаков, В. Олешко, Н. Ящанин (Ящанин, 2012)).

Для анализа механизмов управления циклическим локомоторным движением на велоэргометре регистрировалась электрическая активность икроножной, длинной малоберцовой мышц голени, двуглавой и прямой головки четырехглавой мышц бедра в различных состояниях при мышечной деятельности у спортсменов (А. Приймаков, В. Моногаров (Моногаров, 2000), А. Приймаков, А. Щегольков, Я. Ящанин (Ящанин, 2010)). Электромиограмма (ЭМГ) регистрировалась также при выполнении прыжков на динамометрической платформе у тяжелоатлетов, борцов, лыжников (А. Приймаков, А. Щегольков, Я. Ящанин (Ящанин, 2010)) и при сохранении равновесия в вертикальной позе у спортсменов-стрелков в процессе изготовления, и выстрела по мишени (А. Приймаков, Е. Эйдер, Е. Омельчук (Омельчук, 2015)). Помимо ЭМГ, регистрировались усилия в цикле педалирования и при выполнении прыжков на динамометрической платформе, колебания общего центра массы тела (ОЦМ), точность стрельбы по мишени и тремор в специфических позах у стрелков.

Полученный материал обрабатывался различными методами вариационной статистики и математического моделирования и был опубликован в различных изданиях. В данной же работе сделана попытка обобщить результаты, полученные при изучении ФР системы управления разных по структуре движений.

**Результаты исследований.** Проведенные нами исследования на студентах показали, что процесс долговременной адаптации к физическим нагрузкам характеризуется повышением качества управления локальными и региональными движениями разной координационной структуры в усложненных условиях их выполнения (А. Приймаков, Е. Доценко (Доценко, 2008), О. Приймаков, І. Козетов, Е. Кришковецас (Кришковецас, 2009)).

Повышение точности выполнения движений с участием и функциональной депривацией зрительной и слуховой сенсорных систем, на основе двигательной памяти до и после вестибулярных раздражений, выявленное в процессе этих исследований, отразило направленность совершенствования сенсорных взаимосвязей, повышение роли проприоцептивной сенсорной системы в помехоустойчивости навыка и программного механизма регулирования в системе управления произвольными точностными движениями.

Улучшение качества управления движениями различной координационной структуры при действии сбивающих факторов и помех отражает также рост компенсаторных резервных возможностей моторной системы, обеспечивающих надежность и качество двигательного регулирования у студентов в этих условиях. Усиление роли внешней обратной связи в компенсации отклонений, переход к

программному механизму регулирования с ведущей ролью проприоцепции являются важными критериями ФР управления такими движениями.

В процессе исследований ЭМГ нижних конечностей и развиваемых усилий при управлении стереотипно повторяющимся циклическим движением на велоэргометре (А. Приймаков, В. Моногаров (Моногаров, 2000)) и скоростно-силовым прыжком на динамометрической платформе (А. Приймаков, А. Щегольков, Я. Ящанин (Ящанин, 2010)) выявлена относительная стабильность кинематического рисунка и межмышечных взаимосвязей в каждом отдельном движении на протяжении всей работы у спортсменов высокой квалификации, вплоть до появления явных признаков утомления. Это свидетельствует о жестком, программном механизме управления стереотипно повторяющимися циклическими и скоростно-силовыми движениями.

Выявлено, что на каждой ступени повышающейся нагрузки и в разные периоды работы изменяется лишь степень развиваемых мышечных напряжений при стабильности внешней структуры движений. То есть, происходит масштабирование выходных параметров центральной программы регулирования по мощности в ответ на рост проприоцептивной афферентации при повышающейся нагрузке на велоэргометре, или при выполнении скоростно-силовой работы на динамометрической платформе в условиях развивающегося утомления, что согласуется с параметрической концепцией управления движениями. В стабильных условиях реализации программы выполняемых движений изменяются лишь отдельные параметры ее регулирования: мышечная активность и межмышечные взаимодействия. Изменения носят компенсаторный характер, обеспечивая стабильность внешней структуры запрограммированного движения.

Компенсаторные изменения мышечной активности и межмышечных взаимосвязей наиболее выражены при утомлении. В компенсированной его фазе степень участия и взаимосвязи ведущих мышц уменьшаются, второстепенных – повышаются (А. Приймаков, В. Моногаров (Моногаров, 2000), А. Приймаков, А. Щегольков, Я. Ящанин (Ящанин, 2010), А. Приймаков (Приймаков, 2011)). При запаздывании электрической активности ведущих мышц, уменьшении амплитуды ЭМГ при развитии максимальных усилий в компенсаторной фазе утомления увеличивается амплитуда и продолжительность ЭМГ второстепенных мышц как при велоэргометрии, так и в прыжках. В декомпенсированной фазе утомления нарушается внешняя и внутренняя структура движений, снижается работоспособность на велоэргометре, уменьшаются усилия при отталкивании от опоры во время прыжков, снижается высота прыжка (А. Приймаков, А. Щегольков, Я. Ящанин (Ящанин, 2010), А. Приймаков (Приймаков, 2011)).

В процессе электромиографических исследований выявлено, что систематический тренировочный процесс совершенствует межмышечные взаимосвязи, обеспечивающие компенсацию утомления у квалифицированных спортсменов (А. Приймаков, В. Моногаров (Моногаров, 2000)). В результате в фазе преодолеваемого утомления у них не нарушается внешняя структура движения (при варьировании внутренней структуры), что является одним из критериев повышения ФР системы управления стереотипно повторяющимися движениями.

Из возможных вариантов решения двигательной задачи в процессе тренировки не эффективные способы отбрасываются, а эффективные остаются. Как было отмечено Н. Бернштейном (Бернштейн, 1947), даже при весьма совершенной и внешне одинаковой структуре движений существует не один, а целая группа весьма эффективных внутренних механизмов и способов его выполнения.

Многовариантность относительно равноценных способов эффективного решения двигательной задачи свидетельствует о том, что управление по принципу эквивалентности является также одним из важных критериев резервных возможностей системы управления движениями.

Результаты анализа внутренней структуры движений по электромиограмме отражают важную роль межмышечных координационных перестроек для компенсации утомления при напряженной мышечной деятельности и для поддержания высокого уровня работоспособности (А. Приймаков, В. Моногаров (Моногаров, 2000), А. Приймаков (Приймаков, 2011)).

**Дискуссия.** Анализ литературных источников, а также обобщение наших многолетних исследований свидетельствует о том, что эффективное решение проблемы контроля, оценки и совершенствования функциональных резервов организма человека возможно на основе комплексного и системного подходов.

К одному из разработанных направлений изучения ФР организма человека относится система оценок структуры ФР организма спортсменов при мышечной деятельности по показателям активности мышечной, дыхательной и сердечно-сосудистой систем и по достигаемым показателям

работоспособности при выполнении блока тестирующих нагрузок на велоэргометре, или беговой дорожке (Лисенко, 2003), В. Мищенко (Мищенко, 1990, 1997), В. Мищенко, А. Павлик, В. Сиренко (Сиренко, 1999)).

Исследования ФР у спортсменов в циклических видах спорта, проведенные различными авторами (Лисенко, 2003), В. Мищенко (Мищенко, 1990, 1997), В. Мищенко, А. Павлик, В. Сиренко (Сиренко, 1999)), и наши исследования ФР у спортсменов-единоборцев (О. Коленков, О. Приймаков, В. Пристинський, А. Осіпцов (Осіпцов, 2012), О. Pryimakov, S. Iermakov, O. Kolenkov, I. Samokish, J. Juchno (Juchno, 2016)), показали, что такая система тестирования позволяет оценивать общий уровень функциональной подготовленности спортсменов по степени развития таких ее ведущих структурных свойств, как анаэробная и аэробная мощность, подвижность и экономичность. Данная структуризация ФР организма позволяет выделять наиболее обобщенные свойства функциональной подготовленности, которые поддаются целенаправленному совершенствованию с помощью тренировочных воздействий (Т. Данько (Данько, 2008), О. Коленков, О. Приймаков, В. Пристинський, А. Осіпцов (Осіпцов 2012), В. Мищенко (Мищенко, 1997)).

В тоже время, *среди многообразия* проблем, связанных с исследованием ФР организма человека, одной из слабо изученных является проблема оценки и совершенствования резервов системы управления движениями (Н. Бернштейн (Бернштейн, 1947), В. Голубев, Д. Давиденко, А. Мозжухин, А. Шабанов (Шабанов, 1987), Д. Давиденко, А. Мозжухин, В. Телегин (Телегин, 1987), А. Приймаков, Е. Доценко (Доценко, 2008), О. Приймаков, І. Козетов, Е. Кришковецас (Кришковецас, 2009), О. Pryimakov, S. Iermakov, O. Kolenkov, I. Samokish, J. Juchno (Juchno, 2016)).

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что скорость овладения движениями, эффективность компенсаторных реакций, стабильность и надежность удержания качественных параметров произвольных движений в оптимальном диапазоне при действии сбивающих факторов и помех и повышение роли программного механизма в системе управления произвольным движением в стабильных условиях его реализации можно считать критериями высоких резервных возможностей моторной системы испытуемых.

В процессе долговременной адаптации к мышечной деятельности наиболее выраженные положительные изменения происходят в движениях высших уровней регулирования (С, D, E – по Н. Бернштейну (Бернштейн, 1947)). Движения низших уровней регулирования (А и В) более стабильны, программные и труднее изменяемы с помощью физических упражнений.

Повышение качества регулирования движений разной координационной структуры в процессе долговременной адаптации к физическим нагрузкам отражает рост мощности компенсаторных механизмов, обеспечивающих надежность управления движениями при действии сбивающих факторов. Это отражает один из механизмов повышения ФР системы управления движениями.

Решение ряда задач проблемы управления движениями в спорте связано с изучением резервов и механизмов межмышечных перестроек при выполнении движений разной координационной структуры, а также с изучением взаимосвязей различных функциональных систем управления специализированными навыками и их влияние на спортивный результат.

**Выводы.** Ведущими критериями резервных возможностей системы управления движениями являются:

- мощность, эффективность и взаимозаменяемость компенсаторных реакций, обеспечивающих надежность управления движениями при действии сбивающих факторов и утомлении;
- быстрота перехода к программному механизму двигательного регулирования в процессе совершенствования и в стабильных условиях функционирования;
- проявление принципа «сужения афферентации» при снижении сенсорных взаимодействий и усилении роли проприоцептивной системы в системе управления движением в стабильных условиях функционирования;
- помехоустойчивость механизмов, демпфирующих влияния сбивающих факторов в экстремальных условиях двигательного управления.

Дальнейшие исследования резервных возможностей двигательной функции при управлении движениями должны быть направлены на поиск путей совершенствования компенсаторных механизмов управления движениями различного уровня, разработку соответствующих оценочных и прогностических математических моделей, нормативных шкал оценок двигательной функции, дифференцированных по полу, возрасту, уровню квалификации.

**Литература**

- Бернштейн Н. А. О построении движений: монография. Москва: Медгиз, 1947. 255 с.
- Голубев В. Н., Давиденко Д. Н., Мозжухин А. С., Шабанов А. И. Оценка функциональных резервов в системе управления движением. *Системные механизмы адаптации и мобилизации функциональных резервов организма в процессе достижения высшего спортивного мастерства: монография*. Л.: ГДОИФК им П.Ф. Лесгафта, 1987. С. 12-18.
- Давиденко Д. Н., Мозжухин А. С., Телегин В. В. Мобилизация физиологических резервов при напряженной мышечной деятельности. *Физиология человека*. 1987. Т.13. №1. С. 127-132.
- Данько Т. Г. Характеристика структуры функциональной подготовленности борцов высокой квалификации на предсоревновательном этапе подготовки. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*. Харків-Донецьк, 2008. №4. С. 25-32.
- Коленков О. В., Приймаков О. О., Пристинський В. М., Осіпцов А. В. Моделювання структури спеціальної фізичної підготовленості борців високої кваліфікації на етапі максимальної реалізації індивідуальних можливостей: монографія. Донецьк: «Ноулідж», 2012. 165 с.
- Лисенко О. М. Фізіологічна реактивність та особливості мобілізації функціональних можливостей висококваліфікованих спортсменів. *Актуальні проблеми фізичної культури і спорту*. 2003. №1. С. 81-86.
- Мищенко В. С. Функциональные возможности спортсменов: монография. К.: Здоров'я, 1990. 200 с.
- Мищенко В. С. Физиологический мониторинг спортивной тренировки: современные подходы и направления совершенствования. *Наука в олимпийском спорте*. 1997. №1 (6). С. 92-103.
- Мищенко В. С., Павлик А. И., Сиренко В. А. Функциональная подготовленность квалифицированных спортсменов: подходы к повышению специализированности оценки и направленному совершенствованию. *Наука в олимпийском спорте*. 1999. Спец. выпуск. С. 61-69.
- Приймаков А. А., Моногаров В. Д. Активность мышц и межмышечные взаимодействия при управлении программными движениями в условиях напряженной мышечной деятельности у спортсменов. *Наука в олимпийском спорте*. 2000. Спец. Выпуск. С.47-55.
- Приймаков А. А., Доценко Е. В. Использование средств и методов нетрадиционных оздоровительных систем для повышения резервных возможностей двигательной системы студенток спецмедгруппы. *Еколого-біологічні питання освіти і виховання*. Одеса: Південноукраїнський державний педагогічний університет ім. К.Д. Ушинського, 2008. С. 124-130.
- Приймаков О. О., Козетов І. І., Кришковицеас Е. Резервні можливості системи керування локальними рухами при заняттях фізичною культурою і спортом. *Вісник Чернігівського державного педагогічного університету*. ЧДПУ ім. Т.Г.Шевченка. Чернігів, 2009. Вип. 65. С. 256-259.
- Приймаков А. А., Щегольков А. Н., Яцанин Ян Критерии резервных возможностей нервно-мышечной системы спортсменов при выполнении скоростно-силовой работы. *Еколого-біологічні питання освіти і виховання*. Одеса: Південноукраїнський державний педагогічний університет ім. К. Д. Ушинського, 2010. С. 95-99.
- Приймаков А. А. Активность мышц и межмышечные взаимосвязи при управлении циклическим повторяющимся движением в условиях напряженной мышечной деятельности у спортсменов. *Науковий часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова*. Серія 15. Випуск 11. Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова. Київ, 2011. С. 211-215.
- Pryimakov A. A., Eider E., Omelchuk E. V. Stability of equilibrium in upright stance and voluntary motion control in athletes-shooters in the process of ready position and target shooting. *Physical education of students*, 2015. N.1. PP. 36-42. <http://dx.doi.org/10.15561/20755279.2015.0106>.
- Радзиевский А., Приймаков А., Олешко В., Яцанин Н. О накоплении, расходовании и перераспределении функциональных резервов в организме человека *Наука в олимпийском спорте*. Киев, 2002. №2. С. 110-119.
- Pryimakov OI., Iermakov S., Kolenkov OI., Samokish Iv., Juchno J. Monitoring of functional fitness of combat athletes during the precompetitive preparation stage. *Journal of Physical Education and Sport* © (JPES), 16(2), Art 87, pp. 551-561, 2016 online ISSN. DOI:10.7752/jpes.2016.02087

**Функціональні резерви системи управління довільними рухами при напруженій м'язовій діяльності****Приймаков Олександр Олександрович<sup>5</sup>**  
Щецинський університет, Щецин, Польща**Ейдер Єжи<sup>6</sup>**  
Щецинський університет, Щецин, Польща**Присяжнюк Станіслав Іванович<sup>7</sup>**  
Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна**Мазурок Наталія Степанівна<sup>8</sup>**  
Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, Київ, Україна

*Мета:* Визначення критеріїв оцінки функціональних резервів і надійності системи управління довільними рухами в різних умовах м'язової діяльності. *Матеріал:* У різних дослідженнях брали участь студенти 17-19-ти років і спортсмени 18-27 років з різних видів спорту. На заняттях із фізичного виховання студентки виконували програму на підвищення надійності і резервів системи управління локальними і регіональними рухами. Більшість рухів, виконуваних студентами, реалізовувалися в просторі на точність у різних умовах сенсорного контролю. Спортсмени – велосипедисти, борці, важкоатлети, стрілки виконували спеціалізовані рухи різної координаційної складності у процесі адаптації до специфічних фізичних навантажень у кожному виді спорту. Якість рухового регулювання аналізувалася через м'язову активність, міжм'язові взаємозв'язки при прояві м'язової працездатності у процесі циклічних і ациклічних навантажень – у велосипедистів, важкоатлетів і борців, або за результатами стрільби по мішені – у стрільців. *Результати:* Виявлено, що в процесі довгострокової адаптації до м'язової діяльності резерви системи управління рухами різної координаційної структури характеризуються: підвищенням потужності компенсаторних перебудов для збереження надійності моторної функції в ускладнених умовах рухового регулювання. Зокрема, при функціональній депривації провідних сенсорних систем, при максимальній активізації фізіологічних систем у процесі м'язової діяльності, в компенсованій фазі стомлення. Найбільш виражені зміни в процесі адаптації до тренувальних навантажень відбуваються в рухах, в управлінні яких беруть участь вищі рівні регулювання. У рухах, які регулюються на нижчих моторних рівнях, зрушення менш істотні. Такі рухи більш стабільні, програмні і важче змінюються за допомогою фізичних вправ. *Висновки:* Провідними критеріями резервних можливостей системи управління рухами різної координаційної структури є: потужність, ефективність і взаємозамінність компенсаторних реакцій і механізмів, що забезпечують надійність управління рухами при дії чинників і втомлюваності; швидкість переходу до програмного механізму рухового регулювання; прояв принципу «звуження аферентності» у сенсорному контролі рухів у стабільних умовах функціонування; перешкодостійкість механізмів, демпфуючий вплив перешкод в екстремальних умовах рухового управління.

**Ключові слова:** управління, руху, координація, компенсаторні реакції, функціональні резерви.

<sup>5</sup> доктор біологічних наук, професор Інституту наук з фізичної культури Щецинського університету

<sup>6</sup> доктор педагогічних наук, професор інституту наук з фізичної культури Щецинського університету

<sup>7</sup> доктор педагогічних наук, професор кафедри охорони життєдіяльності та фізичного виховання Державного університету телекомунікацій

<sup>8</sup> кандидат технічних наук, доцент кафедри теорії та методики фізичного виховання Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова

## Functional reserves of voluntary movement control system during strenuous muscular activity

**Pryimakov Aleksandr<sup>9</sup>**

Szczecin University, Szczecin, Poland

**Eider Jerzy<sup>10</sup>**

Szczecin University, Szczecin, Poland

**Prysiazniuk Stanislav<sup>11</sup>**

State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine

**Mazurok Natalia<sup>12</sup>**

National Pedagogical Dragomanov University, Kyiv, Ukraine

---

*Objective: determination of criteria for assessing functional reserves and reliability of voluntary movement control system under various conditions of muscular activities. Material: Students aged 17-19 and athletes aged 18-27 and specialised in various sports events participated in different studies. At Physical Education classes, female students were engaged in a programme aimed at improving the reliability and reserving the control system of local and regional movements of different coordination complexity. Athletes – cyclists, wrestlers, weightlifters, shooters performed specialised movements of different coordination complexity in the process of adaptation to specific physical loads in each sports event. The quality of motor regulation demonstrated by cyclists, weightlifters and wrestlers was analysed according to muscular activities, intermuscular relationships during muscular performance manifestation in the process of cyclic and acyclic loads, whereas shooters performed it according to the result of shooting at a target. Results: It has been revealed that in the process of a long-term adaptation to various types of muscular activities, the reserves of the movement control system representing different coordination structure are characterized by: an increase in the power of compensatory rearrangements to maintain the motor function reliability in complicated conditions of motor regulation and, in particular, during functional deprivation of the key sensory systems, maximum activation of physiological systems in the process of muscular activity and compensated phase of developed fatigue. The most prominent changes occur in movements, in the control of which the highest levels of regulation are involved. In movements regulated at lower motor levels, the shifts are less significant. Such movements are more stable, programmatic and harder subjected to change by means of physical exercises. Conclusions: The key criteria for the reserve capacities of the movement control system are as follows: power, efficiency and interchangeability of compensatory responses and mechanisms ensuring the reliability of movement control under the influence of distorting factors and fatigue; speed of transition to programme mechanism of motor regulation in the process of improvement under stable functioning conditions; manifestation of the "afferentation narrowing" principle in the sensory control of movements under stable functioning conditions.*

**Keywords:** control, movements, coordination, compensatory responses, functional reserves.

---

### References

- Bernshtejn, N.A. (1947). *O postroenii dvizhenij [On the construction of movements]*. Moscow: Medicine [in Russian].
- Golubev V.N, Davidenko D.N, Mozzhukhin A.S, & Shabanov A.I. (1987). *Otsenka funktsional'nykh rezervov v sisteme upravleniya dvizheniyem. [Estimation of functional reserves in the traffic control system]. Sistemnyye mekhanizmy adaptatsii i mobilizatsii funktsional'nykh rezervov organizma v protsesse*

---

<sup>9</sup> Doctor of Biological Sciences, Professor at the Institute of Physical Education Sciences at the Szczecin University

<sup>10</sup> Doctor of Pedagogical Sciences, Professor at the Institute of Physical Education Sciences at the Szczecin University

<sup>11</sup> Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Life Safety and Physical Education at the State University of Telecommunications

<sup>12</sup> PhD (Technical Sciences), Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Education at the National Pedagogical Dragomanov University



*dostizheniya vysshogo sportivnogo masterstva: monografiya*. L.: GDOIFK im P.F. Lesgafta. pp. 12-18 [in Russian].

Davidenko, D.N., Mozhukhin, A.S., & Telegin, V.V. (1987). Mobilizatsiya fiziologicheskikh rezervov pri napryazhennoy myshechnoy deyatelnosti [Mobilization of physiological reserves during intense muscular activity]. *Human physiology – Fiziologiya cheloveka*. Vols.13. Issue 1. pp. 127-132 [in Russian]

Danko, T.G. (2008). Kharakteristika struktury funktsional'noy podgotovlennosti bortsiv vysokoy kvalifikatsii na predsorevnovatel'nom etape [Characteristics of functional fitness structure of highly skilled wrestlers during precompetitive preparation stage]. *Pedahohika, psykholohiya ta medyko-biolohichni problemy fizychnoho vykhovannya i sportu – Pedagogics, psychology and medico-biological issues of physical education and sport*. Kharkiv-Donetsk. 4. 25-32 [in Russian]

Kolenkov, O.V., Pryimakov, O.O., Prystynskyi, V.M., & Osiptsov, A.V. (2012). *Modeliuvannia struktury spetsialnoi fizychnoi pidhotovlennosti bortsiv vysokoi kvalifikatsii na etapi maksimalnoi realizatsii individualnykh mozhlyvostey: monografiya* [Modeling structure of special physical fitness of highly skilled wrestlers at the stage of maximum realization of individual capacities: monograph]. Donetsk: Knowledge [in Russian].

Lysenko, O.M. (2003). Fyziolohichna reaktyvnist ta osoblivosti mobilizatsii funktsionalnykh mozhlyvostey vysokokvalifikovanykh sportsmeniv [Physiological reactivity and peculiarities of mobilizing functional capacities of highly skilled athletes]. *Actual problems of physical culture and sports – Aktualni problemy fizychnoi kultury i sportu*, 1. 81-86 [in Ukrainian].

Mishchenko, B.C. (1990). *Funktsional'nye vozmozhnosti sportsmenov* [Functional potentials of sportsmen]. Kiev: Health [in Russian].

Mishchenko, V. (1997). Fiziologicheskii monitoring sportivnoy trenirovki: sovremennyye podkhody i napravleniya sovershenstvovaniya [Physiological monitoring of athletic training: current approaches and directions of improvement]. *Nauka v olimpiyskom sporte – Science in the Olympic sports*, 1(6). 92-103 [in Russian].

Mishchenko, V.S., Pavlik, A.I., & Sirenko, V.A. (1999). Funktsional'naya podgotovlennost' kvalifitsirovanykh sportsmenov: podkhody k povysheniiu specializirovannosti ocenki i napravlenomu sovershenstvovaniyu [Functional fitness of skilled athletes: approaches to increase specialized evaluation and directed perfection]. *Nauka v olimpiyskom sporte – Science in the Olympic sports*, 1. 61–69 [in Russian].

Pryimakov, A.A., & Monogarov, V.D. (2000). *Aktivnost' myshts i mezhmyshechnyye vzaimodeystviya pri upravlenii programmnyimi dvizheniyami v usloviyakh napryazhennoy myshechnoy deyatelnosti u sportsmenov*. [Muscle activity and intermuscular interactions during managing program motions in conditions of strenuous muscular activity of athletes]. 47-55 [in Russian].

Pryimakov, A.A., & Dotsenko Ye.V. (2008). Ispol'zovaniye sredstv i metodov netraditsionnykh ozdorovitel'nykh sistem dlya povysheniya rezervnykh vozmozhnostey dvigatel'noy sistemy studentok spetsmedgruppy [The use of means and methods of non-traditional health-improving systems to increase the reserve capabilities of the motor system of special medical group girl students]. *Ekoloho-biolohichni pytannya osvity i vykhovannya*. Odesa: *Pivdenoukrayins'kyi derzhavnyy pedahohichnyy universytet im. K.D.Ushynskoho – Ecological and biological issues of education and upbringing*. Odesa: South Ukrainian State Pedagogical University. K.D.Ushinsky. 124-130 [in Russian].

Pryimakov, O.O., Kozetov, I.I., & Kryshkovetsas, E. (2009). Rezervni mozhlyvosti systemy keruvannya lokal'nymy rukhamy pry zanyattiyakh fizychnoyu kul'turoyu i sportom [Reserve capabilities of the local movement control system during physical culture and sports]. *Bulletin of Chernihiv State Pedagogical University. ChDPU them. T.G. Shevchenko. Chernihiv – Visnyk Chernihivs'koho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu. CHDPU im. T.H. Shevchenka. Chernihiv*. Vyp. 65. S. 256-259 [in Ukrainian].

Pryimakov, AA, Shchegolkov, AN, & Yashchanin, Yan (2010). Kriterii rezervnykh vozmozhnostey nervno-myshechnoy sistemy sportsmenov pri vypolnenii skorostno-silovoy raboty. [Criteria for reserve capabilities of the nervous and muscular system of athletes when performing speed and power work]. *Ecological and biological issues of education and upbringing*. Odesa: *South Ukrainian State Pedagogical University. K.D.Ushynsky – Ecological-biological issues of education and upbringing*. Odesa: *Pivdenoukrayins'kyi derzhavnyy pedahohichnyy universytet im. K.D.Ushynskoho*. pp. 95-99 [in Russian].

Pryimakov, A.A. (2011). Muscle activity and intermuscular relationships in the control of cyclic repetitive movement in conditions of tense muscular activity in athletes. [Muscle activity and intermuscular interactions during managing repeated cyclic motion in condition of strenuous muscular activity of athletes]. *Naukovyy*

*chasopys NPU im. M.P. Drahomanova – Scientific journal of M.P. Dragomanov NPU. Kyiv: Vyd-vo NPU im. M.P. Drahomanova – Published by NPU. M.P. Drahomanova, (15). 11. 211-215 [in Russian].*

Pryimakov, A.A., Eider, E., & Omelchuk, E.V. (2015). Stability of equilibrium in upright stance and voluntary motion control in athletes-shooters in the process of ready position and target shooting. *Physical education of students*, n.1. 36-42. <http://dx.doi.org/10.15561/20755279.2015.0106>

Radzievskij, A., Pryimakov A., Oleshko, V., & Iashchanin, N. (2002). O nakoplenii, raskhodovanii i pereraspredelenii funkcional'nykh rezervov v organizme cheloveka [On accumulation, expenditure and redistribution of functional reserves in human body]. *Nauka v olimpijskom sporte – Science in the Olympic sports*, 2. 110–119 [in Russian].

Pryimakov, OI., Iermakov, S., Kolenkov, OI., Samokish, Iv., & Juchno, J. (2016). Monitoring of functional fitness of combat athletes during the precompetitive preparation stage. *Journal of Physical Education and Sport* © (JPES), 16(2). Art 87. pp. 551-561. DOI:10.7752/jpes.2016.02087

*Accepted: August 10, 2020*

