

УДК 797.2

DOI: 10.53068/25792997-2022.3.7-141

## БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПЛОВЦОВ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА

ORCID: 0000-0003-4177-7206

К.б.н., ассоциированный профессор. Э.В. Фероян

Грузинский государственный учебный университет физического воспитания и спорта, Грузия, Тбилиси

E-mail: Eduardferoyan@gmail.com

**Ключевые слова:** спортивное плавание, адаптация, физическая работоспособность, функциональное состояние, тренировочный процесс

**Актуальность исследования.** В результате анализа многочисленных данных, полученных при исследовании высококвалифицированных спортсменов, установлено, что для успеха в том или ином виде спорта необходимо обладать соответствующим типом телосложения [2, 7], высокими уровнями развития физических качеств [4, 3], и функциональных возможностей организма [5, 6]. В видах спорта, связанных с проявлением выносливости, спортивная работоспособность в значительной мере связана с возможностями систем энергетического обеспечения [8]. Большинство спортсменов проходят путь от новичков до мастеров спорта международного класса за 10 и более лет [1, 2]. Продолжительные сроки формирования спортивного мастерства является одним из актуальных факторов,

определяющих интерес учёных различного профиля к исследованиям спортсменов в процессе многолетней подготовки. Однако, большинство работ, посвящённых этой проблеме, относятся к наблюдениям только за взрослыми квалифицированными спортсменами.

**Цель исследования.** Изучение особенностей адаптации организма юных спортсменов к физическим нагрузкам в процессе многолетней подготовки.

### Задачи исследования.

1. Выявить физиологические реакции организма спортсменов на неспецифические предельные по мощности физические нагрузки.

2. Установить эффект воздействия ограниченного периода тренировки на функциональное состояние организма и физическую работоспособность спортсменов.

**Методы и организация исследования.** Объектом исследования были спортсмены, специализирующиеся в плавании, в возрасте от 13-24 лет (мужчины).

Исследование проходило на фоне естественного учебно-тренировочного процесса. Тренировочная программа пловцов предусматривала двухразовые ежедневные занятия с одним днём отдыха в неделю. Исследования проведены в сроки, соответствующие подготовительному периоду тренировки. На этом этапе в качестве средств подготовки пловцов использовали в основном аэробные нагрузки (70-80%), скоростно-силовые (20-30%) как в воде, так и на суше, спортивные игры. В исследовании соблюдались требования, предусмотренные Международной биологической программой по изучению работоспособности человека [9]. Исследования проводили в первой половине дня без какой-либо предварительной физической нагрузки в этот день. У обследованных после общего анамнеза измеряли рост, вес, жизненную ёмкость лёгких (ЖЕЛ). Затем после двухминутной стандартной разминки на велоэргометре фирмы Ergomedic 839E фирмы «Monark» (Sweden) и 1-минутного отдыха, спортсмены выполняли ступенчато-возрастающую нагрузку до отказа в режиме педалирования 80 оборотов в минуту, начиная с нагрузки 90 вт на колесо в течении двух минут, повышая каждые последующие две минуты нагрузку на колесо на 90 вт; регистрировалась частота сердечных сокращений при помощи

системы «Polar». Потребление кислорода ( $\text{VO}_2$ ) определялось использованием системы, состоящей из приспособления для забора выдыхаемого воздуха – дыхательной маски, гофрированного шланга большого сечения (32мм), дыхательных клапан фирмой «Beckman» (обеспечивающих минимальное сопротивление дыхания как в состоянии покоя, так и при физических нагрузках), мешка «Дугласа» (для обеспечения равномерного потока выдыхаемого воздуха), волюметра, газоанализатора «VO2000» (производства компании MGC Diagnostics, USA). Забор крови для определения содержания молочной кислоты производили на 3-5 мин восстановления с помощью прибора Lactate Plus (Sport) (производства компании "NOVA Biomedical"GmbH, Germany).

Данные анализировались с помощью программного обеспечения Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) (IBM SPSS Statistics 18, Inc., Chicago, IL). Описательные данные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ( $\sigma$ ). Уровень значимости был установлен на уровне  $p \leq 0,05$ .

**Анализ результатов исследования.** Общие сведения обследованных спортсменов представлены в таблице 1, из которой следует, что показатели роста и веса пловцов имеют тенденцию к увели-

чению с возрастом.

Таблица 1

*Общие сведения обследуемых пловцов ( $\bar{x} \pm \sigma$ )*

Возраст (обследованных)	Ко-во (обследованных)	Рост (см)	Вес (кг)	ЖЕЛ (мл)
13	20	157,8±6,8	45,7±7,5	3150±547
14	12	163,5±6,0	53,3±7,0	3835±487
15	12	169,6±8,9	59,1±9,5	4555±535
16	12	172,8±6,8	62,0±7,7	4855±690
17-18	12	175,4±5,5	66,7±5,2	5175±653
19-20	12	178,2±5,3	69,0±5,2	5450±384
21-24	19	182,2±5,6	71,8±5,2	5700±393

Причём наибольшие темпы прироста этих величин отмечены в диапазоне 13-15 лет (статистически достоверные отличия при  $p<0,05$  имеются между параметрами смежных групп). С возрастом увеличивались также показатели физической работоспособности (табл. 2). Так, если в группе 13-летних спортсменов максимальная мощность работы составляла  $234\pm28$  вт, то в каждой следующей возрастной группе наблюдалось непрерывное возрастание этих величин.

Наибольших значений максимальной мощности работы (в среднем около 350 вт) достигали взрослые высококвалифицированные спортсмены 19-24 лет. Общий прирост максимальной физической работоспособности составил более 50%. Примечательно, что самые юные спортсмены (13-14 лет) по величинам максимальной мощности, рассчитанным на единицу веса тела, не уступали взрослым высококвалифицированным спортсменам.

Таблица 2

**Показатели функциональных возможностей организма  
пловцов различного возраста**

Наименование показателей и их размерность ( $\bar{x} \pm \sigma$ )	Возраст (полных лет)						
	13 n=20	14 n=12	15 n=12	16 n=12	17-18 n=12	19-20 n=12	21-24 n=19
$W_{\max}$ (вт)	234±28	241±39	263±39	269±59	298±32	358±52,5	350±43
$W_{\max}$ ( $Bm \cdot kg^{-1}$ )	5,1±0,41	4,5±0,52	4,5±0,61	4,3±0,63	4,5±0,55	5,2±0,57	4,9±0,54
VE (л.мин <sup>-1</sup> )	101,1±17	102,8±22	116,9±24	119,0±31	133,6±33	146,2±20	152,4±19
VE (л/100 мл $O_2$ )	3,4±0,75	3,1±0,64	3,0±0,60	2,9±0,69	3,0±0,71	2,7±0,45	2,6±0,35
HR (уд.мин <sup>-1</sup> )	192±7	190±10	189±10	191±9	193±11	187±9	186±6
$O_2$ -пульс ( $ml \cdot ug^{-1}$ )	13,2±2,7	14,7±2,3	17,5±1,9	18,0±2,7	22,2±2,4	25,8±3,1	29,4±2,8
$VO_2$ (л.мин <sup>-1</sup> )	2,65±0,4	2,79±0,4	3,31±0,3	3,43±0,5	3,70±0,5	4,51±0,5	4,60±0,6
$VO_2$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )	57,9±9,9	52,3±3,9	56,0±10,2	55,3±8,8	55,5±6,7	65,3±6,2	64,1±6,8
ExeCO <sub>2</sub> (л.мин <sup>-1</sup> )	1,15±0,1	1,17±0,2	1,20±0,2	1,16±0,2	1,23±0,2	1,40±0,2	1,54±0,3
La (ммоль.л)	10,0±2,6	10,2±1,9	10,3±0,9	11,6±4,3	11,5±2,8	11,6±2,1	11,9±3,6

Возрастное увеличение физической работоспособности у пловцов происходило на фоне соответствующего развития функциональных способностей системы аэробного энергообеспечения, о чём свидетельствует непрерывный прирост величин  $VO_2$ , VE у пловцов в каждой последующей возрастной группе, начиная с 13-летних. Интересно, что величины максимального поглощения кислорода, рассчитанные на единицу веса тела ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) у юношей от 13 до 18-летнего возраста колеблются в пределах 54,0-57,3  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , т.е. практически не меняются, тогда как у взрослых высококвалифицированных спортсменов они достигают 64,0  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . Максимальные

значения частоты сердечных сокращений у пловцов всех возрастных групп мало отличаются, хотя между крайними возрастными группами (13 лет – 192 уд.мин<sup>-1</sup> и 21-24 года – 186 уд.мин<sup>-1</sup>) различия достоверны при  $p<0,05$ .

Как уже отмечалось, с возрастом минутный объём дыхания увеличивается, однако немаловажно, что при этом существенно снижаются величины VE (от 3,4 до 2,6 л/100 мл  $O_2$ ). Так как нет статистически достоверных отличий в величинах максимальной концентрации молочной кислоты в крови, можно говорить лишь о некоторой тенденции к увеличению этого параметра с возрастом,

хотя значение  $\text{ExeCO}_2$  достоверно выше ( $p<0,05$ ) взрослых спортсменов.

По результатам серии исследований, выполненных в поперечном срезе, можно судить о функциональном состоянии организма и физической работоспособности спортсменов в процессе многолетней подготовки.

Как было показано, рост физической работоспособности у юношей сопровождался соответствующим увеличением в сфере биоэнергетических возможностей аэробного процесса: прирост максимальной мощности нагрузки у юношей от 13 до 19 лет составил 27%, показатель максимального потребления кислорода – 44%. Интересно, что общее увеличение массы тела за этот же возрастной период составил также 44 %. Следовательно, можно считать, что увеличение мощности аэробного энергообеспечения у юношей обусловлено, в первую очередь, увеличением активной массы тела. Такое предположение представляется весьма вероятным, поскольку у юношей мышцы составляют примерно 40% общей массы тела и являются той функциональной структурой, в которой при физической работе происходит наиболее интенсивное использование кислорода. Отсутствие заметных отличий в величинах  $\text{VO}_{2\text{ max}}$ , отнесённых к единице веса тела, у юношей различного возраста

доказывает справедливость такого предположения. Нами показано, что взрослые высококвалифицированные пловцы (от 19-24 лет) в отношении физической работоспособности и максимальных аэробных возможностей существенно превосходят даже самых подготовленных лиц юношеского возраста. Однако, любопытно, что взрослые имеют не только большие абсолютные значения  $\text{VO}_{2\text{ max}}$  и  $W_{\text{max}}$ , но и превосходят юношей по величине этих параметров, отнесённых к 1 кг веса тела. Таким образом, наиболее благоприятные физические предпосылки высокой спортивной работоспособности у пловцов формируются до 19 лет и по крайней мере до 24 лет могут удерживаться на высоком уровне.

Анализ данных исследования показывает, что в процессе многолетней подготовки у юных пловцов увеличивается минутный объём вентиляции лёгких, тогда как вентиляционный эквивалент уменьшается. Это свидетельствует об улучшении эффективности внешнего дыхания. С возрастом также происходит заметное возрастание кислородного пульса. При максимальных нагрузках величина  $\text{O}_2\text{-пульса}$  у взрослых высококвалифицированных спортсменов, например, почти в два раза больше, чем у 13-летних юношей.

Наши данные не дают оснований утверждать, что взрослые высококвалифицированные пловцы превосходят юношескую в анаэробной производительности организма, т.к. не установлены заметные отличия в величинах максимального накопления молочной кислоты в крови у юношеского различного возраста и взрослых при предельной работе, однако не исключено, что у взрослых содержание лактата в мышцах было более высоким, однако интенсивное окисление молочной кислоты при поступлении её в кровь (судя по значениям  $\text{ExeCO}_2$ ) не привело к существенному повышению её концентрации.

В нашей работе предпринята попытка определить уровень функционального состояния организма и физической работоспособности спортсменов различного возраста.

Следует отметить, что обследуемые спортсмены не представляли собой случайную выборку, а были собраны в результате искусственного многоэтапного конкурентного отбора, в основе которого лежала спортивная пригодность.

**Выводы.** Прирост функциональных способностей и физической работоспособности организма с возрастом у пловцов достаточно выражен, однако, такое увеличение вряд ли выходит за рамки естественного роста и развития

организма, поскольку отличий в величинах соответствующих показателей ( $W_{\max}$ ,  $VO_{2 \max}$ ), рассчитанных на единицу веса тела у юношеского различного возраста не обнаружено. Вместе с тем, отличия между юношескими и взрослыми высококвалифицированными спортсменами по этим показателям очевидны. Возможно, окончательное формирование физиологических предпосылок спортивной работоспособности у юношеского ещё произойдёт в более старшем возрасте, и они достигнут того уровня, который доступен взрослым высококвалифицированным спортсменам. Однако, отсутствие прироста в функциональных параметрах в случае, когда учитывалась поправка на естественное увеличение массы тела, не даёт полной уверенности в этом. Мы не располагаем прямыми доказательствами того, что тренировочная программа (уровень физической активности) находившихся под наблюдением юношеского на данном этапе подготовки не оказывала оптимального воздействия на организм занимающихся. Вместе с тем, данные настоящего исследования указывают на то, что общая тренировочная нагрузка является для них вполне адекватной. С другой стороны, отличия в уровнях функционального состояния организма юношеского и взрослых пловцов могут быть

обусловлены различной направленностью учебно-тренировочного процесса.

Если главной целью подготовки взрослых спортсменов является достижение высоких спортивных результатов, то в юношеском спорте в основном решаются задачи базовой подготовки, создающей предпосылки для достижения высшего спортивного мастерства в будущем.

Данные настоящих исследований представляет собой попытку проследить за формированием функциональных предпосылок к высокой спортивной

работоспособности на различных этапах многолетней подготовки и могут быть использованы для создания динамических модельных характеристик спортсменов.

**Конфликт интересов** - не заявлен.  
Данный материал не был заявлен ранее, для публикации в других изданиях и не находится на рассмотрение другими издательствами.

**Финансирование** - При проведении данной работы не было финансирования сторонними организациями и медицинскими представителями.

## □ ЛИТЕРАТУРА

1. Булгакова Н.Ж., Отбор и подготовка юных пловцов. – М.: ФиС, 1986, – 191 с.
2. Давыдов В. Ю., Авдиенко В. Б., Отбор и ориентация пловцов по показателям телосложения в системе многолетней подготовки (Теоретические и практические аспекты): монография / - Волгоград: ВГАФК, 2012. - С. 134-139.
3. Ильясов Б.Х., Физическая подготовленность пловцов 10-17 лет, специализирующихся в плавании вольным стилем // Мировая наука, 2022, 4(61), - с. 54-57.
4. Распопова Е.А., Чеботарёва И.В., Физическое развитие юных пловцов и прыгунов в воду 13-15 лет // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2021, 16(4): 16-21. DOI:10/14526/2070-4798-2021-16-4-16-21.
5. Соломатин В.Р., Возрастные закономерностей морффункционального развития юных пловцов и их учёт в спортивном отборе и построении тренировочного процесса //Новые исследования, 2019, 3(59), с. 45-51.
6. Солопов И.Н., Функциональная подготовленность спортсменов (теоретические и практические аспекты) // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2019, №1 (27). – С. 109–121.

7. Сурков С. А., Шаров А. В., Взаимосвязь антропометрических показателей юношеского-пловцов и специализация в плавании. Сб. конф. Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова, - Могилёв. 2020, - С.148-151.

8. Фероян Э., Сараджишвили М., Исследование энергетического обмена юных спортсменов / Здоровье и спорт: Материалы I международной научной конференции, 12-13 апреля, Тбилиси, 2021, - С. 55-57. DOI: 10.5281/zenodo.4661627.

9. Andersen K.L., Shephard R.J., Denolin, H., Varnauskas, E., Masironi, R., Bonjer, F.H., Rutenfranz, J. Fundamentals of exercise testing / World Health Organization, Geneva, 1971, -133 с.

## ՏԱՐԲԵՐ ՏԱՐԻՔԻ ԼՈՂՈՐԴՆԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ԿԵՆՍԱԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ԶԱՓՈՐՈՇԻՉՆԵՐԸ

ORCID: 0000-0003-4177-7206

Կ.գ.թ., պրոֆեսոր Է. Վ. Ֆերյան,

Վրասրանի ֆիզիկական դասպիարակության և սպորտի  
պետական կրթական համալսարան, Վրասրան, Թբիլիսի

### ԱՄՓՈՓԱԳԻՐ

**Առանցքային բառեր:** Սպորտային լող, հարմարվողականություն, ֆիզիկական աշխատունակություն, ֆունկցիոնալ վիճակ, մարզման ընթացք:

Մարզական վարպետության ձևավորման տևական ժամկետներն այն արդիական գործոններից են, որոնք պայմանավորում են մասնագիտական տարրեր ուղղությունների գիտնականների հետաքրքրությունները՝ մարզիկների երկարամյա պատրաստման հետազոտության գործընթացում:

**Հետազոտության նպատակը** ֆիզիկապես ծանրաբեռնված բազմամյա մարզումների գործընթացում պատանի մարզիկների օրգանիզմի հարմարվողականության առանձնահատկությունների ուսումնասիրումն է:

**Հետազոտության խնդիրը՝** ուժային տեսանկյունից վերջնակետային, ոչ սպեցիֆիկ ծանրաբեռնվածության պարագայում մարզիկների օրգանիզմի ֆիզիոլոգիական ռեակցիաների ուսումնասիրությունն է և մարզման սահմանափակ ժամանակահատվածի արդյունավետ փոխազդեցության հաստատումը՝ ըստ մարզիկների օրգանիզմի ֆունկցիոնալ վիճակի և ֆիզիկական աշխատունակության:

Հետազոտության օբյեկտ են դարձել 13-24 տարեկան մարզիկները (տղամարդիկ), որոնք մասնագիտացվում են լողի ասպարեզում: Ուսումնասիրությունն իրականացվել է մարզման բնական, ուսումնական գործընթացի շրջանակում: Լողորդների մարզման ծրագիրը նախատեսում էր երկանգամյա ամենօրյա պարապմոնքներ՝ շաբաթական մեկ հանգստյան օրով: Ուսումնասիրություններն անցկացվել են մարզումների նախապատրաստական շրջանին համապատասխան ժամկետներում: Ընդհանուր անամենգից հետո, չափվել է հետազոտվողների հասակը, քաշը, թոքերի կենսական հզորությունը: Ապա, հեծանվաէրգոմետրի վրա երկու րոպեանոց ստանդարտ նախավարժանքից հետո, մարզիկները կատարել են աստիճանաբար աճող ծանրաբեռնվածություն՝ մինչև հրաժարում, արձանագրվել է սրտի կծկումների հաճախականության, թթվածնի սպառում ( $\text{VO}_2$ ) և կաթնաթթվի պարունակություն: Պատանիների ֆիզիկական աշխատունակության աճն ուղեկցվել է աերորիկ գործընթացի բիոէներգետիկ հնարավորությունների համապատասխան աճով. 13-ից 19 տարեկան պատանիների առավելագույն բեռնվածության հզորության աճը կազմել է 27%, թթվածնի առավելագույն սպառման ցուցանիշը՝ 44%: Տարիքային աճով պայմանավորված՝ լողորդների օրգանիզմի ֆունկցիոնալ կարողությունների և ֆիզիկական աշխատունակության աճը բավական ցայտուն է, սակայն նման աճը դժվար թե դուրս գա մարմնի բնական աճի և զարգացման սահմանված շրջանակից, քանի որ համապատասխան ցուցանիշների ( $\text{W}_{\max}$ ,  $\text{VO}_{2\max}$ ) մեծության տարբերությունները, որոնք հաշվարկված են տարբեր տարիքի պատանիների մարմնի քաշի մեկ միավորով, հայտնաբերված չեն: Միաժամանակ, ակնհայտ են պատանիների և բարձր որակավորում ունեցող մեծահասակ մարզիկների ֆունկցիոնալ վիճակի ցուցանիշային տարբերությունները:

## BIOENERGETIC STANDARDS OF PHYSICAL PERFORMANCE OF SWIMMERS OF DIFFERENT AGES

ORCID: 0000-0003-4177-7206

*PhD. (Biol.), Associate Professor E.V. Feroyan  
Georgian State Teaching University of Physical Education and Sport, Tbilisi, Georgia.*

### ABSTRACT

**Key words:** sports swimming, adaptation, physical performance, functional state, training process.

Long periods of the formation of sports skills are one of those relevant factors that determine the interests of scientists of various professional fields in the process of studying the athletes in long-term training.

**The purpose of the research** is to study the adaptation features of the body of young athletes in the process of long-term physically overburdened trainings.

**Research aim** is to study the physiological reactions of the body of athletes in case of non-specific overload, and to establish effective interaction during a limited period of training according to the functional state and physical performance of the athletes' body. The object of the research were sportsmen from 13 to 24 ,specializing in swimming. The study was carried out as part of a natural training process. The study was conducted against the background of natural educational and training process. The training program of the swimmers included two daily classes with one day of rest per week. The studies were conducted in terms corresponding to the preparatory period of training. The swimmers' training program involved two daily sessions with one day off per week. The studies were conducted in terms corresponding to the preparatory period of training. After a general anamnesis, the height, weight, and vital capacity of the lungs of the research subjects were measured. Then, after a two-minute standard warm-up on a bicycle ergometer, the athletes performed stepwise increasing workload until refusal. Heart rate, oxygen consumption ( $\text{VO}_2$ ), and lactic acid content were recorded. The increase in physical performance in young men was accompanied by a corresponding increase in the bioenergetic capacity of the aerobic process: the increase in maximum exercise capacity in young men from 13 to 19 years old was 27%, the index of maximum oxygen consumption was 44%. Due to the age, the increase in the swimmers' body functional capacity and physical capacity is quite striking, however, such an increase is hardly beyond natural growth and development of the

organism, since the differences in the values of the corresponding indicators ( $V_{max}$ ,  $VO_2max$ ) calculated per unit of body weight in adolescents of different ages have not been revealed. At the same time, there are obvious significant differences in the functional state of young and highly qualified adult athletes.

Հոդվածն ընդունվել է 30.09.2022-ին:

Ուղարկվել է գրախոսման՝ 01.10.2022-ին:

Գրախոս՝ մ.գթ., դոցենտ Ն. Տեր-Մարգարյան