

## ФИЗИОЛОГИЯ

УДК. 612.766.1:796

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ, АДАПТИРОВАННЫХ К СПЕЦИФИЧЕСКОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Е.П. Горбанёва, М.В. Лагутина, И.Н. Солопов**

Волгоградская государственная академия физической культуры

Цель исследования – выяснение влияния привычной мышечной деятельности на показатели функциональной мощности у спортсменов специализаций лёгкая атлетика, плавание и футбол. Выявлены специфические особенности основных показателей физического развития и резервов мощности дыхательной системы у спортсменов разной специализации. Установлена различная степень участия систем кровообращения и дыхания в обеспечении кратковременной физической нагрузки предельной мощности у представителей изучаемых видов спорта.

*Ключевые слова:* функциональная подготовленность, функциональные возможности, дыхательная система, спортивная тренировка.

**Введение.** В настоящее время весьма актуализируются исследования различных аспектов функциональной подготовленности спортсменов, под которой понимают уровень совершенства физиологических механизмов, обуславливающих физическую работоспособность в рамках специфического двигательного акта. При совершенствовании определённого вида двигательной деятельности в организме создается и совершенствуется специфическая функциональная суперсистема упражнения, направленная на достижение соответствующего результата деятельности, в которой другие функциональные системы взаимосвязаны так, что изменения в одной из них в процессе адаптации к различным физическим нагрузкам неизбежно вызывают изменения в других [1]. Кроме того, экстремальные условия для организма, создающиеся при напряженной физической нагрузке спортивного характера, способствуют не только проявлению его скрытых физиологических резервов, но и согласованию работы множества систем, обеспечивающих включение своих резервов в ходе развертывания адаптационных процессов [2]. Вместе с тем, формирование необходимого уровня адаптированности к специфической мышечной деятельности и расширение функциональных возможностей организма спортсмена, обуславливающих высокий уровень физической работоспособности,

определяется своеобразием развития таких категорий резервов его физиологических систем, как мощность, мобилизация, экономичность и устойчивость [3–6].

В этом плане представляется интересным и актуальным выяснение специфических особенностей резервов мощности функционирования физиологических систем организма, определяющей и отражающей уровень подготовленности спортсмена в большинстве видов спорта [6; 7], что и явилось целью настоящего исследования.

**Материал и методика.** Согласно сложившимся представлениям, под функциональной мощностью понимается верхний предел функционирования физиологических систем или даже групп систем, составляющих те или иные структурные компоненты функциональной подготовленности. Как правило, к наиболее информативным показателям функциональной мощности относятся величины максимальной аэробной производительности и максимальной мощности кратковременной мышечной нагрузки [4, 7].

Вместе с тем, согласно литературным источникам, в качестве резервов мощности также рассматриваются характеристики морфофункционального статуса организма, регистрируемые в состоянии покоя [8; 9]. В связи с этим, для изучения нами был выделен комплекс показателей, характеризующих особенности физического развития, работоспособность и резервы мощности системы кислородного обеспечения организма. В условиях мышечного покоя измерялись: длина тела ( $L$ , см), масса тела ( $P$ , кг), жизненная ёмкость лёгких ( $VC$ , мл), сила дыхательных мышц при вдохе ( $FRM_{in}$ , мм рт.ст) и выдохе ( $FRM_{ex}$ , мм рт.ст), максимальная вентиляция лёгких ( $MMV$ , л/мин). При выполнении предельной физической нагрузки регистрировались: мощность внешней механической работы ( $W_{max}$ , кГм/мин), частота сердечных сокращений ( $fh_{max}$ , уд/мин), лёгочная вентиляция ( $VE_{max}$ , л/мин), глубина дыхания ( $VT_{max}$ , мл), частота дыхания ( $fb_{max}$ , цикл/мин), максимальное потребление кислорода ( $VO_{2max}$ , мл/мин), кислородный пульс ( $VO_{2max}/fh_{max}$ , мл/мин/уд/мин).

В качестве функциональной пробы применялась трёхступенчатая физическая нагрузка, дозированная по величине индивидуальной частоты сердечных сокращений: 1 нагрузка –  $fh=120-150$  уд/мин.; 2 нагрузка –  $fh=150-170$  уд/мин.; 3 нагрузка –  $fh \geq 180$  уд/мин (максимальная). Первые две нагрузки выполнялись в течение 5 минут, с перерывом в 5 мин. Третья нагрузка выполнялась в максимальном режиме ( $W_{max}$ ) и поддерживалась в течение 2 – 3 мин. Регистрация показателей осуществлялась в состоянии мышечного покоя и в конце выполнения нагрузки предельной мощности.

Регистрация параметров внешнего дыхания, частоты сердечных сокращений и газометрических показателей осуществлялось посредством метабологафа «Ergo-oxyscreen (Jaeger)».

При оценке результатов исследований были использованы методы математической обработки экспериментальных данных с вычислением: средней арифметической величины ( $\bar{x}$ ), стандартного отклонения ( $\sigma$ ), средней ошибки среднего арифметического ( $m$ ) и критерия различий средних величин ( $t$ ) Стьюдента. За достоверный принимался 5-ти процентный уровень значимости. Проверка выборки на нормальность осуществлялась путём определения интервала распределения ( $\bar{x} \pm 1,1\sigma$ ) и сравнения его с действительными данными. К интервалу относилось 75% частоты, изучаемой совокупности.

В исследовании участвовали спортсмены мужского пола в возрасте 17 лет трех специализаций (лёгкая атлетика, плавание, футбол) сравнительно одинакового уровня физической подготовленности (спортивный разряд I взрослый и кандидат в мастера спорта). Общее количество – 60 человек.

**Результаты и обсуждение.** В табл.1 представлены средние значения показателей физического развития и резервов мощности системы дыхания у спортсменов разных специализаций в условиях мышечного покоя.

Из приведённых данных видно, что различия в длине тела между спортсменами исследуемых специализаций незначительны. В тоже время масса тела пловцов на 4,1 кг и 5,5 кг больше чем у легкоатлетов и футболистов соответственно. Эти различия будут сказываться на показателях, абсолютные величины которых зависят от массы тела (например: мощность физической нагрузки, потребление кислорода), а значит, более информативными следует считать данные, используемые в пересчёте на 1 кг массы тела.

Исследования показателей мощности системы внешнего дыхания выявили, что жизненная ёмкость лёгких и максимальная вентиляция лёгких, как в абсолютных, так и в относительных значениях у пловцов достоверно больше ( $P < 0,05$ ), чем у легкоатлетов и футболистов, у футболистов эти показатели наименьшие из 3-х специализаций (табл. 1).

В то же время мощность дыхательной мускулатуры, оцениваемая по показателям силы дыхательных мышц на вдохе и выдохе, у спортсменов специализации лёгкая атлетика превышает её значения у пловцов и футболистов. Особенно низкие значения зарегистрированы у пловцов  $87,6 \pm 10,9$  на вдохе и  $145,3 \pm 7,4$  на выдохе.

Изучение показателей систем кислородного обеспечения организма при кратковременной предельной мышечной нагрузке выявило следующие особенности (табл. 2).

Мощность предельной внешней механической работы у пловцов составила  $1735,0 \pm 107,1$  кГм/мин, у футболистов –  $1292,0 \pm 27,6$  кГм/мин, у легкоатлетов –  $1296,0 \pm 27,3$  кГм/мин. Примечательно, что обеспечение такой мощности у спортсменов разных специализаций осуществляется различной степенью участия систем кровообращения и дыхания. Так, у

пловцов обеспечение работы осуществлялось большим учащением сердцебиений и меньшим количеством дыхательных циклов в минуту по сравнению с легкоатлетами и футболистами, а также большим объёмом глубины дыхания, как в абсолютных значениях, так и при пересчёте на килограмм массы тела. Согласно имеющимся литературным данным, такая особенность взаимодействия системы кровообращения и дыхания объясняется тем, что в условиях водной среды дыхание у человека характеризуется увеличением дыхательного объёма при снижении частоты дыхательных циклов, что обеспечивает изменение скоростей дыхательных потоков, и тем самым снижение энергетической стоимости дыхательных движений [10].

Таблица 1  
Средние величины показателей физического развития и резервов дыхательной системы у спортсменов разных специализаций в условиях мышечного покоя ( $X \pm m$ )

Показатели	Спортивная специализация			P		
	футбол (n=25)	плавание (n=18)	бег (n=17)	I-II	I-III	II-III
	I	II	III			
L, см	177,0±1,3	178,3±1,7	178,8±1,5	>0,05	>0,05	>0,05
P, кг	64,6±1,7	71,1±1,6	67,0±1,7	<0,05	>0,05	>0,05
VC, мл	4575,0±179,9	6316,0±249,8	4900,0±158,1	<0,05	>0,05	<0,05
VC/P, мл/кг	70,8±1,9	88,5±2,6	73,2±1,7	<0,05	>0,05	<0,05
FRM <sub>ин</sub> , мм рт.ст	118,0±8,3	87,6±10,9	127,9±6,2	<0,05	>0,05	<0,05
FRM <sub>екс</sub> , мм рт.ст	159,0±6,5	145,3±7,4	187,7±8,3	>0,05	<0,05	<0,05
MMV, л/мин.	102,0±3,5	182,1±10,3	134,0±4,1	<0,05	<0,05	<0,05
MMV/P, л/мин/кг	1,59±0,1	2,54±0,1	2,0±0,1	<0,05	<0,05	<0,05

Примечание. Здесь и далее достоверность различий по t-критерию Стьюдента.

В свою очередь, объём лёгочной вентиляции при нагрузке у пловцов составил 88,3±5,9 л/мин и 1,24±0,1 л/мин/кг, что меньше чем у легкоатлетов (112,0±5,3 л/мин и 1,68±0,1 мл/мин/кг), но больше чем у футболистов (68,5±2,4 л/мин и 1,1±0,1 мл/мин/кг).

Однако по показателям кислородного пульса и максимального потребления кислорода, как в абсолютных, так и в относительных величинах пловцы достоверно превосходят и спортсменов легкоатлетов, и представителей специализации футбол (табл. 2).

Что касается специализации лёгкая атлетика, то у этих спортсменов работа меньшей мощности, чем у пловцов осуществлялась значительным усилением функций сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Причем, менее выгодным способом – увеличением как частотных, так и объёмных показателей ( $f_{h_{max}} - 188,0 \pm 3,4$  уд/мин.,  $f_{b_{max}} - 52,4 \pm 2,1$  уд/мин,  $V_{T_{max}} - 2140,0 \pm 76,9$  мл). Однако, не смотря на такое усиление функций, показатели аэробной производительности у

легкоатлетов ниже, чем у ранее рассмотренных спортсменов-пловцов. Так, абсолютная величина максимального потребления кислорода у легкоатлетов меньше на 16%, а относительного – на 8%; значение кислородного пульса ниже на 15%, чем у представителей плавания.

Таблица 2

Показатели физической работоспособности и кислородного обеспечения организма спортсменов разных специализаций при кратковременной предельной физической нагрузке ( $X \pm m$ )

Показатели	Спортивная специализация			P		
	футбол (n=25)	плавание (n=18)	бег (n=17)	I-II	I-III	II-III
	I	II	III			
$W_{max}$ , кГм/мин	1292,0±27,6	1735,0±107,1	1296,0±27,3	<0,05	>0,05	<0,05
$W_{max}/P$ , кГм/мин/кг	20,2±0,5	24,3±1,3	19,5±0,5	<0,05	>0,05	<0,05
$fh_{max}$ , уд/мин	184,0±1,4	189,0±2,4	188,0±3,4	>0,05	>0,05	>0,05
$VE_{max}$ , л/мин	68,5±2,4	88,3±5,9	112,0±5,3	<0,05	<0,05	<0,05
$V_{Tmax}$ , мл	1651,0±56,8	2340,0±109,1	2140,0±76,9	<0,05	<0,05	>0,05
$fb_{max}$ , цикл/мин	41,9±1,3	37,7±1,8	52,4±2,1	>0,05	<0,05	<0,05
$VO_{2max}$ , мл/мин	2764,1±93,6	3529,0±157,3	3047,1±75,7	<0,05	<0,05	<0,05
$VO_{2max}/P$ , мл/мин/кг	43,1±1,3	49,6±1,9	45,8±1,4	<0,05	>0,05	>0,05
$VE_{max}/P$ , л/мин/кг	1,1±0,1	1,24±0,1	1,68±0,1	>0,05	<0,05	<0,05
$V_{Tmax}/P$ , мл/кг	25,7±0,8	32,9±1,4	32,1±1,2	<0,05	<0,05	>0,05
$VO_{2max}/fh_{max}$ , мл/мин/уд/мин	15,0±0,5	18,7±0,8	16,3±0,5	<0,05	>0,05	<0,05

В отношении спортсменов специализации футбол, следует отметить наименьшие величины исследуемых показателей по сравнению с другими специализациями. Невысокая функциональная мощность систем кровообращения и дыхания сказывается и на показателе мощности аэробной производительности ( $VO_{2max}$ ), который составил 2764,0±93,6 мл/мин или 43,1±1,3 мл/мин/кг относительно массы тела, что на 28 и 15% соответственно меньше, чем у пловцов, а также на 10 и 6% ниже, чем у легкоатлетов. Величина кислородного пульса на 25 и 15% меньше соответствующих величин у пловцов и спортсменов специализации лёгкая атлетика.

По данным А.С. Мозжухина (1979, 1982) систематические тренировки, которые ведут к экономизации функций, вызывают относительное увеличение физиологических резервов, так как диапазон функции от уровня её в покое до максимума значительно возрастает, т.е. в процессе адаптации происходит расширение диапазона резервных возможностей организма и повышение способности к их максимальной мобилизации [11; 12]. В связи с этим, представляется интересным изучение широты рабочего диапазона эффективной деятельности физиологических функций у спортсменов различных специализаций.

При сравнении исследуемых показателей в состоянии покоя с их значениями при выполнении кратковременной работы предельной мощности были получены следующие результаты (табл. 3).

Таблица 3  
Средние величины рабочего диапазона эффективной деятельности физиологических функций у спортсменов разных специализаций ( $X \pm m$ )

Показатели	Спортивная специализация			Р		
	футбол (n=25)	плавание (n=18)	бег (n=17)	I-II	I-III	II-III
	I	II	III			
$f_{h_{max}} - f_{h_{покоя}}$ , уд/мин	103,2±2,5	110,1±2,2	103,1±4,4	<0,05	>0,05	>0,05
$VE_{max} - VE_{покоя}$ , л/мин	64,1±2,5	81,0±5,7	99,4±5,2	<0,05	<0,05	<0,05
$fb_{max} - fb_{покоя}$ , цикл/мин	26,4±1,6	24,7±1,8	35,2±1,9	>0,05	<0,05	<0,05
$V_{T_{max}} - V_{T_{покоя}}$ , мл	1167,0±63,7	1746,0±109,1	1391,0±75,4	<0,05	<0,05	<0,05
$VO_{2max} - VO_{2_{покоя}}$ , мл/мин	2558,0±77,4	3243,0±151,1	2687,0±97,1	<0,05	>0,05	<0,05
$MMV/VE_{покоя}$ , раз	15,1 ±0,85	26,2±2,1	11,8±1,0	<0,05	<0,05	<0,05

Спортсмены специализации плавание демонстрируют большую широту диапазона потребления кислорода от уровня оперантного покоя до максимального проявления по сравнению с легкоатлетами и футболистами. Причем, это достигается при не равнозначном рабочем диапазоне увеличения основных показателей систем дыхания и кровообращения. Так, диапазон повышения частоты сердечных сокращений у пловцов больше, чем у лёгкоатлетов и футболистов, а широта изменения частоты дыхания от уровня покоя до значений при работе максимальной мощности, наоборот, меньше, чем у представителей лёгкой атлетики и футбола. Вместе с тем, глубина дыхания изменяется в значительно большем диапазоне, на фоне того, что широта рабочего диапазона усиления лёгочной вентиляции выражена меньше (81,0±5,7 л/мин), по сравнению с легкоатлетами (99,4±5,2 л/мин). Кроме того, следует отметить, что возможности усиления вентиляторной функции у пловцов выше, чем в двух других специализациях, поскольку выявлена способность к 26,2±2,1 кратному увеличению лёгочной вентиляции относительно уровня покоя по сравнению с футболистами (15,1±0,85 раз) и легкоатлетами (11,8±1,0 раз).

Таким образом, результаты исследования показали, что у спортсменов специализации плавание лучшее обеспечение организма кислородом осуществляется за счёт более рационального использования рабочего диапазона показателей производительности систем дыхания и кровообращения.

У спортсменов-легкоатлетов достижение уровня максимального

потребления кислорода обеспечивается усилением вентиляции за счёт большего диапазона увеличения частоты дыхания и меньшего роста глубины дыхания, чем у пловцов. При таком соотношении объёмно-временных параметров паттерна дыхания следует предположить увеличение кислородной «стоимости» работы дыхательной мускулатуры, что приводит к снижению эффективности кислородного обеспечения основной мышечной деятельности и понижению коэффициента полезного действия при выполнении работы.

Сходная координация функций дыхания и кровообращения выявлена и у представителей специализации футбол, несмотря на то, что широта рабочего диапазона практически всех изучаемых показателей системы дыхания у них меньше, чем у пловцов и легкоатлетов.

Таким образом, в результате проведённого исследования выявлены специфические особенности показателей морфофункциональных резервов организма спортсменов, которые определяются характером привычной мышечной деятельности. Эти особенности проявляются, как в условиях мышечного покоя, так и в реакциях на предельные физические нагрузки, что может в дальнейшем использоваться при определении модельных характеристик функциональной подготовленности спортсменов разных специализаций.

Таким образом, полученные результаты расширяют и дополняют существующие представления о функциональных возможностях организма спортсменов адаптированных к специфической мышечной деятельности.

### Список литературы

1. *Анохин П.К.* Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975. 448 с.
2. *Давиденко Д.Н., Мозжухин А.С., Телегин В.В.* Система физиологических резервов спортсмена // Характеристика функциональных резервов спортсмена. Л., 1982. С. 3–8.
3. *Кучкин С.Н.* Системный анализ категории резервов дыхательной системы в процессе адаптации к напряженным физическим нагрузкам // Пути мобилизации функциональных резервов спортсмена. Л., 1984. С. 42–48.
4. *Мищенко В.С.* Функциональные возможности спортсменов. Киев: Здоровья, 1990. 200 с.
5. *Солопов И.Н.* Адаптация к физическим нагрузкам и физическая работоспособность спортсменов. Волгоград: ВГАФК, 2001. 80 с.
6. *Солопов И.Н., Шамардин А.И.* Функциональная подготовка спортсменов. Волгоград: ПринТерра-Дизайн, 2003. 263 с.

7. Горожанин В.С. Нейрофизиологические и биохимические механизмы физической // Методологические проблемы совершенствования системы спортивной подготовки квалифицированных спортсменов. М., 1984. С. 165–199.
8. Кучкин С.Н. Резервы дыхательной системы и аэробная производительность организма: автореф. дис ... д-ра мед. наук. Казань, 1986. 48 с.
9. Медведев Д.В. Физиологические факторы, определяющие физическую работоспособность человека в процессе многолетней адаптации к специфической мышечной деятельности: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2007. 24 с.
10. Солопов И.Н., Бакулин С.А. Физиология спортивного плавания. Волгоград, 1996. 84 с.
11. Мозжухин А.С. Физиологические резервы спортсмена. Л.: ГДОИФК, 1979. 16 с.
12. Мозжухин А.С. Характеристика функциональных резервов человека // Проблемы резервных возможностей человека. М., 1982. С. 43–50.

**THE COMPARATIVE ANALYSIS  
OF MORPHO-FUNCTIONAL PARAMETERS  
OF AN ORGANISM OF THE SPORTSMEN ADAPTED  
FOR SPECIFIC MUSCULAR ACTIVITY**

**E.P. Gorbanyova, M.V. Lagutina, I.N. Solopov**

Volgograd State Academy of Physical Education

The purpose of research was to find-out the influence of habitual muscular activity on parameters of functional capacity of sportsmen of specializations of track and field athletics, swimming and football. Specific features of the basic parameters of physical development and reserves of power of respiratory system of sportsmen of different specialization are revealed. The various degree of participation of systems of a circulation and breath in maintenance of short-term physical activity of limited power of representatives of studied kinds of sports is positioned.

**Keywords:** *functional training, functional capacity, functional reserves, respiratory system, sports training.*

*Об авторах:*

ГОРБАНЕВА Елена Петровна–кандидат медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой физиологии, ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная академия физической культуры», 400005, Волгоград, пр. Ленина, д. 78, e-mail: gorbaneva@bk.ru



ЛАГУТИНА Мария Владимировна–аспирант кафедры физиологии, ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная академия физической культуры», 400005, Волгоград, пр. Ленина, д. 78, e-mail: masha-lag@mail.ru

СОЛОПОВ Игорь Николаевич–доктор медицинских наук, профессор кафедры физиологии, ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная академия физической культуры», 400005, Волгоград, пр. Ленина, д. 78, e-mail: solopov58@mail.ru

Научная библиотека ТВГУ