

## ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ ФУТБОЛИСТОВ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ АДАПТИРОВАННОСТИ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ

Катунцев В.П.<sup>1</sup>, Шамардин А.И.<sup>2</sup>, Медведев Д.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России», Москва, Россия (Москва, 115682, г. Москва, Ореховый бульвар, 28), e-mail: Vpkat@yandex.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная академия физической культуры», Волгоград, Россия (400005, Волгоград, пр. им. В.И.Ленина, 78), e-mail: vgafk@vlink.ru

Осуществлено выяснение уровня функциональной экономичности и эффективности у спортсменов футболистов различной степени подготовленности в условиях покоя и при выполнении физических нагрузок стандартной и предельной мощностей. Установлено, что с ростом функциональной и специально-технической подготовленности у спортсменов происходит закономерное повышение уровня экономичности и эффективности функционирования физиологических систем организма. Это проявляется как в условиях мышечного покоя, так и в процессе выполнения физических нагрузок различной мощности. В покое это проявляется в снижении величин частотных и увеличении объемных показателей вегетативных функций и оптимизации их соотношения. При стандартных физических нагрузках у менее подготовленных спортсменов наблюдаются более выраженные функциональные реакции. С ростом квалификации спортсменов функциональные сдвиги существенно минимизируются. Выполнение физических нагрузок максимальной мощности с ростом подготовленности спортсменов обеспечивается прогрессивным увеличением уровня параметров экономичности и эффективности деятельности физиологических систем организма.

Ключевые слова: функциональная экономизация, спортсмены, уровень подготовленности, физические нагрузки.

## FUNCTIONAL EFFECTIVENESS PARAMETERS OF FOOTBALL PLAYERS WITH DIFFERENT DEGREE ADAPTATION TO PHYSICAL ACTIVITY

Katuntsev V.P.<sup>1</sup>, Shamardin A.I.<sup>2</sup>, Medvedev D.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FSBI "Federal scientific and clinical center of medical aid specialized kinds and medical technologies FMBA of Russia", Moscow, Russia (115682, Moscow, Orehovyi bulvar, 28), e-mail: Vpkat@yandex.ru

<sup>2</sup>FSBEI HPE "The Volgograd State Academy of Physical Education", Volgograd, Russia (400005, Volgograd, Lenin Prospect, 78), e-mail: vgafk@vlink.ru

It has been stated the functional effectiveness level of football players with different degree readiness in rest conditions and by performing physical activity of standard and ultimate capacity. It has been determined that the growth of functional and special technical readiness of athletes has resulted in the appropriate increase of effectiveness level and functioning of body physiological system. It appears as in muscle rest conditions as by performing physical activity of different capacity. In rest conditions it shows up in the frequency value decrease and the increase of vegetative functions volume indicator and their ratio optimization. By standard physical activity less trained athletes show more evident functional reactions. As the athletes' qualification raises, functional improvements are considerably minimizing. Physical activity performance of maximum capacity with athletes' readiness growth is provided thanks to the progressive increase of the effectiveness parameters and efficient functioning of body physiological system.

Keywords: functional effectiveness, athletes, readiness' level, physical activity.

Уровень функциональной подготовленности и специально-техническая результативность спортсменов в весьма большой мере определяется степенью экономизации функционирования организма и его эффективности [2, 4, 8]. В свою очередь экономичность и эффективность функционирования всего организма в целом обуславливается

возможностями отдельных физиологических систем и совершенством механизмов их деятельности.

Экономизация функционирования организма выражается в трех основных адаптационных проявлениях. Во-первых, в быстром повышении уровня функционирования в начале работы. Во-вторых, в минимизации функциональных реакций и уменьшении расхода энергии в процессе выполнения работы. В третьих, в увеличении скорости восстановления [3, 9].

Исходя из этого одной из важнейших задач функциональной подготовки спортсменов является задача целенаправленного повышения экономичности функционирования тех физиологических систем организма, которые обуславливают и лимитируют специальную физическую работоспособность организма спортсменов. Вместе с тем, процесс целенаправленного развития механизмов повышения функциональной экономизации требует разработки рациональной и эффективной методики тренировки, основанной на понимании физиологических закономерностей повышения функциональной экономичности и знании взаимосвязи ее с индивидуально-типологическими особенностями организма, факторами влияния, обуславливаемыми особенностями локомоций в том или ином виде спорта, особенностями этапа многолетней адаптации к физическим нагрузкам.

**Цель исследования** – выяснение уровня различных параметров функциональной экономизации у спортсменов различной степени функциональной и специально-технической подготовленности в условиях покоя и при выполнении физических нагрузок стандартной и предельной мощностей.

**Методика исследования.** Для достижения поставленной цели были осуществлены комплексные исследования с участием спортсменов футболистов трех возрастно-квалификационных групп: III-II спортивного разряда, 13-14 лет ( $n = 26$ ), I разряда, 15-16 лет ( $n = 29$ ) и КМС-МС, 17-20 лет ( $n = 31$ ).

В условиях мышечного покоя определяли величины жизненной емкости легких (VC), частоты сердечных сокращений (HR). Затем испытуемым предлагалось выполнить физическую нагрузку на велоэргометре трех уровней мощности: 1 нагрузка подбиралась таким образом, чтобы частота сердечных сокращений находилась в диапазоне 120 – 150 уд/мин.; 2 нагрузка должна была обеспечивать учащение пульса до 150 – 170 уд/мин.; 3 нагрузка, максимальная, при которой частота сердечных сокращений была не менее 180 уд/мин. При третьей нагрузке ( $W_{max}$ ) определялось максимальное потребление кислорода ( $VO_{2max}$ ) и частота сердечных сокращений при этой нагрузке ( $HR_{max}$ ).

Параметры сердечно-сосудистой и дыхательной систем определяли при помощи комплексного метаболографа «Ergo-oxyscreen (Jaeger)».

Для анализа были определены следующие прямые и расчетные показатели: ЧСС<sub>покоя</sub> – частота сердечных сокращений в условиях покоя; fb<sub>покоя</sub> – частота дыхания в условиях покоя; VE<sub>покоя</sub> – легочная вентиляция в условиях покоя; VT<sub>покоя</sub> – величина дыхательного объема в условиях покоя; VT/fb<sub>покоя</sub> – коэффициент соотношения дыхательного объема к частоте дыхания в покое; HRW<sub>1</sub> / HR<sub>покоя</sub> - увеличение ЧСС при стандартной мышечной работе; VE W<sub>1</sub> / VE<sub>покоя</sub> – увеличение легочной вентиляции при стандартной мышечной работе в %; VO<sub>2</sub> W<sub>1</sub> / VO<sub>2покоя</sub> - увеличение потребления кислорода при стандартной мышечной работе в %; VEW<sub>1</sub>/МВЛ – % использования МВЛ при стандартной мышечной работе; VTW<sub>1</sub>/VC - % использования жизненной емкости легких при стандартной мышечной работе; VO<sub>2</sub>W<sub>1</sub>/VO<sub>2max</sub> – % использования МПК при стандартной мышечной работе; W<sub>1</sub>/HRW<sub>1</sub> – ватт-пульс при стандартной мышечной работе; КПW<sub>1</sub> (VO<sub>2</sub> W<sub>1</sub> / HRW<sub>1</sub>) – кислородный пульс при стандартной мышечной работе; КИО<sub>2</sub>W<sub>1</sub>(VO<sub>2</sub> W<sub>1</sub> / VE W<sub>1</sub>) – коэффициент использования кислорода при стандартной мышечной работе; КЭДЦW<sub>1</sub> (VO<sub>2</sub> W<sub>1</sub> / fbW<sub>1</sub>) – кислородный эффект дыхательного цикла при стандартной мышечной работе; VT/fb W<sub>1</sub> – коэффициент соотношения дыхательного объема к частоте дыхания при стандартной мышечной работе; W<sub>max</sub>/HR<sub>max</sub> – ватт-пульс при максимальной мышечной работе; КП<sub>max</sub> (VO<sub>2max</sub>/ ЧСС<sub>max</sub>) – кислородный пульс при максимальной мышечной работе; КИО<sub>2max</sub> (VO<sub>2max</sub>/ VE<sub>max</sub>) – коэффициент использования кислорода при максимальной мышечной работе; КЭДЦ<sub>max</sub> (VO<sub>2max</sub>/ fb<sub>max</sub>) – кислородный эффект дыхательного цикла при максимальной мышечной работе; VT/fb<sub>max</sub> – коэффициент соотношения дыхательного объема к частоте дыхания при максимальной мышечной работе.

### Результаты исследования

В таблице 1 приведены средние величины изучаемых показателей в условиях мышечного покоя у спортсменов футболистов различного возраста и функциональной подготовленности. Можно видеть, что средние значения частоты сердечных сокращений в условиях покоя прогрессивно снижается с ростом подготовленности спортсменов. Аналогичная динамика наблюдается и по показателю частоты дыхания. При этом одновременно отмечается увеличение средних величин дыхательного объема.

**Таблица 1**

**Средние величины показателей функциональной экономичности у спортсменов футболистов различной квалификации в условиях мышечного покоя (X±m)**

Показатели	Спортивная квалификация			Достоверность различий		
	III-II разряд (13-14 лет) (n=22)	I разряд (15-16 лет) (n=18)	КМС-МС (17-20 лет) (n=16)	I-II	I-III	II-III
	I	II	III			
HR <sub>покоя</sub> , уд/мин	84,1±2,2	78,8±2,7	77,9±1,4	P>0,05	P<0,05	P>0,05
VE <sub>покоя</sub> , л/мин	8,1±0,2	7,1±0,3	7,2±0,3	P<0,05	P<0,05	P>0,05
fb <sub>покоя</sub> , цикл/мин	18,3±1,1	15,9±1,0	13,3±0,3	P>0,05	P<0,05	P<0,05
V <sub>T</sub> <sub>покоя</sub> , мл	466,8±24,3	479,3±39,5	546,1±33,0	P>0,05	P>0,05	P>0,05
V <sub>T</sub> /fb <sub>покоя</sub> , у.е.	28,3±2,6	35,2±6,0	42,0±3,5	P>0,05	P<0,05	P>0,05

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

Известно, что функциональные параметры, определяемые в условиях покоя являются довольно информативным показателем тренированности спортсменов и используются в качестве критериев экономизации функций организма, которая в этом случае проявляется в урежении частотных и в увеличении объемных параметров, прежде всего, вегетативных систем [5, 7, 8].

В литературе отмечается, что рациональное соотношение объемно-временных параметров внешнего дыхания является одним из показателей экономичности дыхательной функции в целом [3, 6]. В то же время рациональное соотношение параметров дыхания характеризуется низкими значениями частоты дыхания и более высокими величинами дыхательного объема [1]. Указывается, что за счет такого соотношения обеспечивается более эффективный газообмен при одновременной минимизации энергозатрат на сами дыхательные движения [6, 11]. Исходя из этого для оценки экономичности внешнего дыхания нами был использован специальный коэффициент соотношения объемно-временных характеристик паттерна дыхания, который выражается в отношении величины дыхательного объема к значению частоты дыхания –  $V_T/fb$  [10].

Сравнение значений этого коэффициента у спортсменов разного уровня подготовленности показывает его устойчивое увеличение параллельно с ростом функциональной подготовленности спортсменов, с  $28,3\pm 2,6$  у.е. у спортсменов низкой квалификации, до  $42,0\pm 3,5$  у.е. ( $P<0,05$ ), у высококвалифицированных футболистов.

Таким образом, обнаруженная многолетняя динамика параметров вегетативных систем организма в условиях мышечного покоя в полной мере отражает планомерный рост функциональной экономичности у спортсменов с повышением их специальной спортивной подготовленности.

Известно, функциональная экономичность отчетливо проявляется в уменьшении сдвигов со стороны физиологических систем организма и снижении энергозатрат во время нагрузок, и прежде всего нагрузок стандартной мощности [3]. Имея это в виду, нами было

осуществлено сравнение показателей, отражающих экономичность и эффективность функционирования физиологических систем организма при выполнении физических нагрузок стандартной и максимальной мощностей спортсменами различного уровня подготовленности. Рассматривались средние величины степени усиления частоты сердечных сокращений, легочной вентиляции и потребления кислорода при нагрузке относительно уровня мышечного покоя, кислородного пульса, коэффициента использования кислорода из вдыхаемого воздуха, кислородного эффекта дыхательного цикла, ватт-пульса, а также коэффициент соотношения дыхательного объема к частоте дыхания. Кроме того, анализировались значения степени использования испытуемыми собственных величин жизненной емкости легких и максимальной вентиляции легких.

Приведенные в таблице 2 данные свидетельствуют, что спортсмены, имеющие низкий уровень подготовленности, выполняют физическую нагрузку стандартной мощности при значительно большем напряжении функциональных систем, а, следовательно, и менее экономично.

**Таблица 2**

**Средние величины показателей функциональной экономизации у спортсменов футболистов различной квалификации при физической нагрузке стандартной мощности ( $X \pm m$ )**

Показатели	Спортивная квалификация			Достоверность различий		
	III-II разряд (13-14 лет) (n=22)	I разряд (15-16 лет) (n=18)	КМС-МС (17-20 лет) (n=16)	I-II	I-III	II-III
	I	II	III			
$HRW_1/HR_{\text{покоя}}, \%$	161,2±4,1	146,0±4,7	117,6±12,7	P<0,05	P<0,05	P<0,05
$VEW_1/VE_{\text{покоя}}, \%$	302,8±21,7	224,3±13,1	179,6±8,1	P<0,05	P<0,05	P<0,05
$VO_2W_1/VO_{2\text{покоя}}, \%$	409,6±23,9	309,4±23,7	234,7±21,9	P<0,05	P<0,05	P<0,05
$VEW_1/MMV, \%$	21,0±1,5	17,0±1,5	12,2±1,2	P>0,05	P<0,05	P<0,05
$VtW_1/VC, \%$	23,6±1,4	18,1±1,5	13,9±0,8	P<0,05	P<0,05	P<0,05
$VO_2W_1/VO_{2\text{max}}, \%$	37,6±2,6	22,0±2,5	16,5±1,5	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$W_1/HRw_1, \text{кГм/уд/мин}$	3,5±0,1	3,8±0,1	3,7±0,2	P<0,05	P>0,05	P>0,05
$KП W_1, \text{мл/уд/мин}$	7,3±0,4	5,2±0,5	4,0±0,3	P<0,05	P<0,05	P<0,05
$KИO_2 W_1, \text{мл/л/мин}$	41,1±1,1	36,9±2,8	39,3±4,5	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$KЭдц W_1, \text{мл/цикл/мин}$	35,7±2,3	28,5±3,4	26,8±2,6	P>0,05	P<0,05	P>0,05
$Vt/fb W_1, \text{у.е.}$	32,5±2,9	36,7±3,6	41,9±5,9	P>0,05	P>0,05	P>0,05

У них наблюдается достоверно большее увеличение частоты сердечных сокращений, более значительное увеличение уровня текущей легочной вентиляции и большее увеличение минутного потребления кислорода относительно уровня покоя ( $P<0,05$ ), чем у более квалифицированных спортсменов. При этом с ростом уровня подготовленности спортсменов выше обозначенные показатели статистически достоверно уменьшаются ( $P<0,05$ ) от одной

возрастно-квалификационной группы к другой, что можно рассматривать как закономерный процесс.

Таким образом, обозначенные обстоятельства указывают на то, что у менее подготовленных спортсменов физическая нагрузка стандартной мощности вызывает значительно более выраженные реакции со стороны физиологических, что указывает на большую степень напряжения их функционирования, чем у более подготовленных спортсменов. С повышением уровня подготовленности спортсменов наблюдается закономерное повышение экономичности вегетативного обеспечения мышечной работы, что выражается в существенном уменьшении степени функциональных сдвигов.

Это подтверждается и закономерным уменьшением процента использования собственных максимальной вентиляции легких, жизненной емкости легких и максимального потребления кислорода при стандартной работе с соответственно росту подготовленности спортсменов. Одновременно с этим с ростом квалификации спортсменов наблюдается улучшение соотношения объемно-временных параметров внешнего дыхания, что выражается в увеличении коэффициента соотношения величин дыхательного объема и частоты дыхания с  $32,5 \pm 2,9$ , у спортсменов более низких разрядов, до  $36,7 \pm 3,6$  и  $41,9 \pm 5,9$  у.е., у более квалифицированных спортсменов.

Оценка экономичности функционирования организма при выполнении физических нагрузок максимальной мощности должна производиться на основе несколько иных критериев, чем оценка функциональной экономичности при выполнении стандартных нагрузок. Низкие значения показателей реакции функциональных систем при выполнении нагрузок предельной мощности не следует рассматривать как критерий высокой экономичности и эффективности. Предельные физические нагрузки по определению должны обеспечиваться максимальными функциональными сдвигами. В противном случае нагрузки не будут являться предельными.

В литературе указывается, что при оценки функциональной экономичности при выполнении физических нагрузок максимальной мощности в качестве основных критериев следует рассматривать такие параметры, как ватт-пульс, кислородный пульс, коэффициент использования кислорода из вдыхаемого воздуха, кислородный эффект дыхательного цикла [6, 7].

В таблице 3 представлены средние величины выше обозначенных показателей. Эти данные весьма полно отражают динамику повышения экономичности и эффективности функционирования физиологических систем организма при мышечной работе максимальной мощности параллельно с ростом специальной подготовленности спортсменов.

Таблица 3

**Средние величины показателей функциональной экономизации  
у спортсменов футболистов различной квалификации при максимальной мощности  
физической нагрузки ( $X \pm m$ )**

Показатели	Спортивная квалификация			Достоверность различий		
	III-II разряд (13-14 лет) (n=22)	I разряд (15-16 лет) (n=18)	КМС-МС (17-20 лет) (n=16)	I-II	I-III	II-III
	I	II	III			
$W_{max}/HR_{max}$ , кгМ/уд/мин	5,5±0,2	7,1±0,2	7,0±0,2	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$KП_{max}$ , мл/уд/мин	13,8±0,5	14,8±0,3	16,1±0,9	P>0,05	P<0,05	P>0,05
$KИО_{2max}$ , мл/л/мин	31,5±1,1	41,7±2,2	45,8±2,8	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$KЭдц_{max}$ , мл/цикл/мин	53,3±3,7	66,0±2,7	77,2±5,3	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$V_T/fb_{max}$ , у.е.	35,8±4,4	39,6±2,2	44,3±3,3	P>0,05	P>0,05	P>0,05

Все анализируемые показатели экономичности и эффективности функционирования однозначно и в большинстве случаев статистически значимо, увеличиваются с ростом подготовленности спортсменов. При этом обращает на себя внимание закономерное увеличения коэффициента соотношения объемно-временных параметров внешнего дыхания в условиях выполнения физической нагрузки максимальной мощности, хотя статистически и не достоверное.

На основании полученных результатов можно вполне уверенно утверждать, что оценка уровня функциональной экономизации наиболее адекватна именно по показателям, фиксируемым в процессе выполнения физических нагрузок предельных мощностей. Имея в виду то обстоятельство, что функциональные возможности, планомерно наращиваемые в процессе тренировки, должны трансформироваться в максимально высокий спортивный результат, демонстрируемый на фоне предельных физических напряжений, это крайне важно для адекватной оценки уровня подготовленности спортсменов.

### Заключение

Таким образом, результаты осуществленных исследований позволяют сделать заключение, что с ростом функциональной и специально-технической подготовленности спортсменов происходит закономерное повышение уровня функциональной экономизации, проявляющееся как в условиях мышечного покоя, так и в процессе выполнения физических нагрузок стандартной и предельной мощностей.

В условиях покоя это прежде всего проявляется в снижении величин частотных и увеличении объемных показателей вегетативных функций и оптимизации их соотношения. При физических нагрузках стандартной мощности у менее подготовленных спортсменов наблюдаются более выраженные функциональные реакции, которые с ростом квалификации

существенно минимизируются. Закономерное увеличение параметров функциональной экономичности и эффективности с повышением функциональной подготовленности спортсменов в процессе выполнения физических нагрузок максимальной мощности проявляется в более существенном увеличении показателей экономичности и эффективности деятельности физиологических систем организма. Одной из причин этого является то обстоятельство, что весь процесс физической тренировки спортсменов направлен на повышение уровня функциональных возможностей организма, и в не малой степени, и на повышение экономичности и эффективности его функционирования [9].

### Список литературы

1. Бреслав, И.С. Паттерны дыхания: Физиология, экстремальные состояния, патология/ И.С. Бреслав. – Л.: Наука, 1984. – 205 с.
2. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов/ Ю.В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 331 с.
3. Волков, В.М. Тренировка и восстановительные процессы/ В.М Волков. – Смоленск: СГИФК, 1990. – 149 с.
4. Горбанева, Е.П. Качественные характеристики функциональной подготовленности спортсменов / Е.П. Горбанева. – Саратов: «Научная Книга», 2008. – 145 с.
5. Кучкин, С.Н. Резервы дыхательной системы (обзор и состояние проблемы) / С.Н. Кучкин // Резервы дыхательной системы. – Волгоград, 1999. – С. 7-51.
6. Мищенко В.С. Функциональные возможности спортсменов/ В.С.Мищенко. – Киев: Здоровья, 1990. – 200 с.
7. Солопов, И.Н. Физиологические основы функциональной подготовки спортсменов: монография / И.Н. Солопов [и др.]. – Волгоград: ФГБОУ ВПО «ВГАФК», 2010. – 346 с.
8. Солопов, И.Н. Функциональная подготовка спортсменов: монография / И.Н. Солопов, А.И. Шамардин. – Волгоград : «ПринТерра-Дизайн», 2003.– 263 с.
9. Grimby, G. Respiration as a limiting factor of working capacity/ G. Grimby // Pneumonologie, 1976. – Bd 5. – P. 11-16.

### Рецензенты:

Сентябрёв Н.Н., д.б.н., профессор, профессор кафедры анатомии и физиологии ФГБОУ ВПО «ВГАФК», г. Волгоград;

Клаучек С.В., д.м.н., профессор, зав. кафедрой нормальной физиологии, декан лечебного факультета ФГБОУ ВПО «ВолгГМУ», г. Волгоград.