

УДК 796-05.072.2

КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОБИЛИЗАЦИИ У СПОРТСМЕНОВ В ПРОЦЕССЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ

Таможникова И.С., Шамардин А.А., Шамардин А.И., Солопов И.Н.
ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная академия физической культуры»,
Волгоград, e-mail: vgafk@vlink.ru

Установлено, что мобилизационные возможности организма закономерно увеличиваются с повышением уровня подготовленности спортсменов, которая обеспечивается разнонаправленным изменением объемных и частотных параметров физиологических систем. В большинстве случаев с ростом квалификации спортсменов показатели мобилизации объемных параметров вегетативных систем увеличиваются или не изменяются, тогда как частотные параметры закономерно снижаются. Это свидетельствует о развитии процессов экономизации функционирования физиологических систем. В результате этих процессов наблюдается существенное увеличение интегрального показателя функциональной мобилизации организма – степени увеличения потребления кислорода при физической нагрузке относительно уровня покоя. При этом с ростом функциональной подготовленности спортсменов наблюдается повышение уровня напряженности регуляторных механизмов при параллельном росте уровня регулирующих влияний на физиологические системы и развитии оптимизации их функционирования.

Ключевые слова: спортсмены, функциональная мобилизация, квалификация, напряженность регуляторных механизмов

QUALIFICATION PECULIARITIES OF THE FUNCTIONAL MOBILIZATION OF ATHLETES DURING MAXIMUM PHYSICAL LOAD

Tamozhnikova I.S., Shamardin A.A., Shamardin A.I., Solopov I.N.
The Volgograd state academy of physical culture, Volgograd, e-mail: vgafk@vlink.ru

It was found that the mobilization capacities of the organism consistently expand along with the improvement of the athlete's fitness level which is provided by multidirectional changes of volume and frequency parameters of physiological systems. Generally, with the improvement of athletes' skills the mobilization indices of volume parameters of their vegetative systems increase or remain unchanged, while the frequency parameters expectedly decrease. It shows the development of economization processes of the physiological system function. Due to these processes, there is a significant increase in the integrated index of the body functional mobilization – a higher rate of oxygen intake during physical load as referred to one during rest. At the same time with the improvement of athletes' skills there is an increase in the regulatory mechanism tension level with the simultaneous increased level of regulatory effects on physiological systems and the optimization of their functioning.

Keywords: athletes, functional mobilization, qualification, tension of regulatory mechanisms

В настоящее время сложилось достаточно четкое представление о спортивной тренировке как о процессе адаптации организма, выражающемся в повышении уровня функциональных возможностей организма спортсмена [2, 9, 10], сущностью которой является оптимизация совокупности реактивных свойств систем [5, 6]. Проявление и выраженность реакций организма в ответ на физическую нагрузку в большой степени зависит от уровня тренированности организма человека [5]. При этом различный уровень спортивной квалификации (тренированности) характеризуется своеобразной факторной структурой показателей, отражающей мобилизацию функциональных резервов организма при мышечной деятельности [4, 6, 9]. В этой связи изучение особенностей и закономерностей функциональной мобилизации у спортсменов на разных этапах многолетней спортивной тренировки является крайне важной задачей, решение кото-

рой позволит получить сведения, которые могут быть использованы при определении направлений и путей повышения мобилизационных способностей спортсменов, определении средств, методов и режимов тренирующих воздействий.

Цель исследования – изучить уровень и динамику параметров функциональной мобилизации у спортсменов разной степени адаптированности к физическим нагрузкам.

Материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие спортсмены-футболисты трех квалификационно-возрастных групп: III спортивного разряда, 12–14 лет ($n = 18$), II разряда, 15–16 лет ($n = 18$), и I разряда – КМС, 17–20 лет ($n = 16$). Изучение влияния на параметры функциональной реактивности возрастного-квалификационного фактора именно у спортсменов-футболистов было обусловлено тем обстоятельством, что в футболе локомоции, по своей биомеханической структуре относящиеся как к циклическим, так и к ациклическим физическим упражнениям,

встречаются примерно в равных соотношениях. Это позволяет в определенной мере экстраполировать полученные результаты на многие другие спортивные специализации.

В начале исследования у всех обследуемых определили антропометрические показатели (длина тела и масса тела), параметры дыхательной системы (VC, MVV) и регистрировали изучаемые показатели в условиях покоя. После этого обследуемым предлагалось выполнить двухступенчатую физическую нагрузку. Первая нагрузка соответствовала величине индивидуальной частоты сердечных сокращений на уровне 120–150 уд./мин. Вторая была максимальной и, как правило, выполнялась в течение 1–2 минут. В процессе выполнения нагрузок одновременно регистрировали величины частоты сердечных сокращений (HR), легочной вентиляции (VE), частоты дыхания (fb), дыхательного объема (VT) и потребление кислорода (VO₂).

Функциональная мобилизация (степень усиления функциональных параметров при выполнении физической нагрузки максимальной мощности) оценивалась по показателям увеличения частоты сердечных сокращений ($HR_{max}/HR_{покоя}$), увеличения легочной вентиляции ($VE_{max}/VE_{покоя}$), увеличения частоты дыхания ($fb_{max}/fb_{покоя}$), увеличения дыхательного объема ($VT_{max}/VT_{покоя}$) и потребления кислорода ($VO_{2max}/VO_{2покоя}$) на первой минуте стандартной нагрузки относительно уровня покоя. Кроме того, сравнивались абсолютные величины HR, VE, fb, VT и VO₂, фиксируемые при физической нагрузке максимальной мощности.

Результаты исследования и их обсуждение

Сравнительный анализ показателей мобилизации в период выполнения работы максимальной мощности у спортсменов различной квалификации показывает не столь однозначную картину, как в период вработывания (таблица).

Показатели, интегрально отражающие максимальные мобилизационные возможности организма (W_{max} , VO_{2max}), закономерно увеличиваются с ростом подготовленности спортсменов. При этом показатели максимальной мощности выполняемой работы в большем количестве случаев различаются достоверно ($P < 0,05$). Это следует считать весьма позитивным моментом и вполне объяснимо, так как многолетний процесс тренировки, если он рационально организован, направлен в том числе на повышение тотальной работоспособности. Ряд показателей функциональной мобилизации (Vm_{max} , $V_{Emax}/V_{Eпокоя}$) существенно не различаются у представителей разных квалификационных групп. Большинство других показателей, в основном частотных и производных от них (HR_{max} , fb_{max} и др.), проявляет вполне определенную тенденцию к их снижению с ростом квалификации спортсменов. Это обстоятельство, по всей вероятности, связано с процессом «перекрестной компенсации» таких свойств, как функциональная мобилизация и функциональная экономизация. «Перекрестная компенсация» свойств заключается в том, что функциональная мобилизация, имея весьма большое значение в определении физической работоспособности на начальных этапах адаптации, достигая максимального значения на промежуточных этапах, несколько утрачивает это значение на заключительных этапах адаптации. В то же время показатели функциональной экономизации с ростом квалификации спортсменов однозначно повышают своё значение в определении работоспособности [9].

Средние величины показателей функциональной мобилизации у спортсменов разного возраста и различной подготовленности в процессе выполнения мышечной нагрузки максимальной мощности ($X \pm m$)

Показатели	Спортивная квалификация			Достоверность различий		
	III разряд (12–13 лет) (n = 18)	II разряд (15–16 лет) (n = 18)	I разряд – КМС (17–20 лет) (n = 16)	I–II	I–III	II–III
	I	II	III			
HR_{max} , уд./мин	194,6 ± 2,0	183,2 ± 1,4	187,3 ± 2,1	P < 0,05	P < 0,05	P > 0,05
VO_{2max} , мл/мин	2596,7 ± 79,3	2706,5 ± 64,0	3015,8 ± 208,0	P > 0,05	P > 0,05	P > 0,05
VE_{max} , л/мин	84,7 ± 3,3	67,1 ± 2,8	68,0 ± 5,0	P < 0,05	P < 0,05	P > 0,05
fb_{max} , цикл/мин	55,4 ± 2,7	41,9 ± 1,6	39,9 ± 1,8	P < 0,05	P < 0,05	P > 0,05
VT_{max} , мл	1586,3 ± 87,6	1614,2 ± 58,7	1705,6 ± 90,9	P > 0,05	P > 0,05	P > 0,05
$HR_{max}/HR_{покоя}$, %	230,4 ± 5,9	236,9 ± 8,2	179,5 ± 20,5	P > 0,05	P < 0,05	P < 0,05
$VE_{max}/VE_{покоя}$, %	1064,9 ± 44,6	981,5 ± 70,9	981,4 ± 94,5	P > 0,05	P > 0,05	P > 0,05
$fb_{max}/fb_{покоя}$, %	326,8 ± 20,9	285,1 ± 18,7	302,9 ± 15,7	P > 0,05	P > 0,05	P > 0,05
$V_{Tmax}/V_{Tпокоя}$, %	351,8 ± 28,3	350,7 ± 20,5	329,4 ± 26,6	P > 0,05	P > 0,05	P > 0,05
$VO_{2max}/VO_{2покоя}$, %	991,3 ± 33,8	1149,2 ± 43,7	1209,4 ± 85,0	P < 0,05	P < 0,05	P > 0,05

Таким образом, происходит «замещение», «перекрестная компенсация» функциональных свойств и факторов, их определяющих, в значимости для обеспечения физической работоспособности. В этом плане снижение частотных функциональных показателей следует рассматривать именно как проявление экономизации функций, имея в виду, что при этом объемные показатели увеличиваются или остаются на неизменном уровне [8].

В качестве примера рассмотрим динамику соотношения объемно-временных параметров внешнего дыхания. Можно видеть, что частота дыхания при выполнении мышечной работы максимальной мощности с ростом квалификации спортсменов закономерно уменьшается. При этом различия между этими параметрами в группе спортсменов низкой квалификации, в группе первоуровневых и особенно в группе кандидатов в мастера и мастеров спорта статистически достоверны (таблица). Одновременно с ростом спортивной квалификации значения дыхательного объема столь же закономерно увеличиваются.

Таким образом, складывается ситуация, когда уровень мобилизации частоты дыхания с ростом квалификации спортсменов снижается, а величины дыхательного объема – увеличивается, что отражает развитие процесса экономичности внешнего дыхания.

Сравнительный анализ относительных показателей, отражающих степень функциональной мобилизации физиологических систем организма на физическую нагрузку максимальной мощности, позволил наблюдать неоднозначную направленность их изменений от одной возрастно-квалификационной группы спортсменов к другой. Так, показатели увеличения легочной вентиляции и частоты дыхания при максимальной работе относительно уровня покоя были наибольшими у спортсменов III спортивного разряда, 12–14 лет, тогда как у спортсменов более высокой квалификации они были относительно ниже и практически не различались между собой. Показатель увеличения дыхательного объема при работе относительно уровня покоя во всех группах был практически одинаков. Это подтверждает наш предварительный вывод о развитии процессов экономизации, сделанный на основе сравнения абсолютных величин параметров паттерна дыхания.

В то же время показатель увеличения валового потребления кислорода при максимальной физической нагрузке в группах спортсменов более высокой квалификации (II разряда, 15–16 лет, и I разряд – КМС, 17–20 лет) был достоверно больше, чем в груп-

пе спортсменов более низкой подготовленности ($P < 0,05$).

Наряду с определением абсолютного уровня различных параметров функциональной подготовленности спортсменов как одну из наиболее важных задач мы рассматривали и необходимость оценки состояния регуляторных механизмов. Как известно, функциональная подготовленность представляет собой комплекс иерархически связанных и взаимодействующих компонентов. При этом для оценки функциональной подготовленности спортсмена весьма важное значение имеют характер и теснота взаимодействия между различными ее параметрами. В этой связи для наиболее полной оценки уровня функциональной подготовленности необходим анализ интегрирования и оценка взаимообусловленности различных функциональных систем организма.

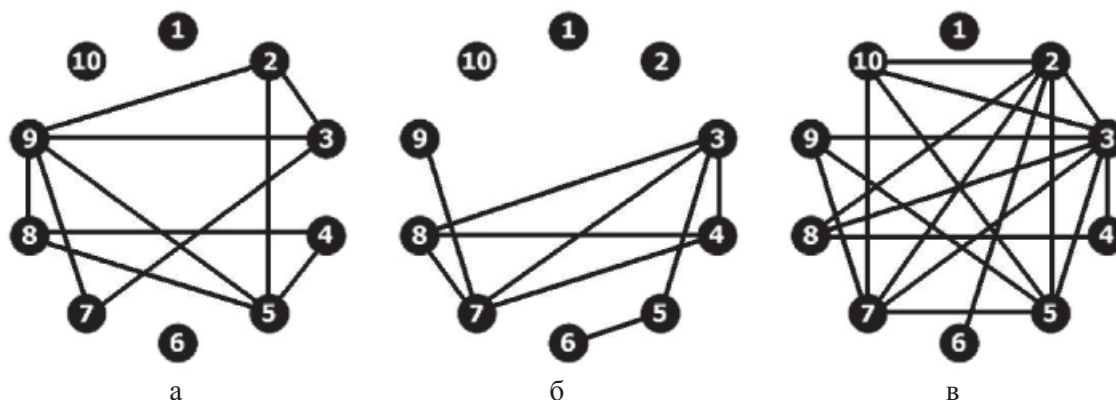
Такую возможность дает анализ степени тесноты взаимосвязей различных параметров физиологических систем организма. Известно, что степень силы межпараметрических взаимосвязей определяется возможностями функциональных систем и силой внешних влияний на организм. При низкой интенсивности внешних воздействий теснота межсистемных связей невелика. Повышение интенсивности воздействия неизбежно вызывает увеличение тесноты взаимосвязей между функциональными системами. Это обуславливает определенное расширение функциональных возможностей организма в целом за счет некоторого ограничения этих возможностей у отдельных физиологических систем. При этом усиление межпараметрических связей рассматривается как свидетельство роста напряженности регуляторных механизмов [1].

Как правило, для оценки степени интегрированности функциональных параметров еще рассчитывается показатель «мощности корреляции» (корень из суммы всех сводных коэффициентов корреляции). В литературе указывается, что снижение регулирующих влияний на физиологические системы проявляется в диссоциированном изменении отдельных параметров и низком значении показателя «мощности корреляции». Увеличение же тесноты межпараметрических связей отражает повышение уровня регулирующих влияний на функциональные системы и проявляется в более высоких значениях показателя «мощности корреляции», что отражает развитие функциональной оптимизации [3, 9, 11]. Исходя из вышеизложенного, нами был произведен сравнительный анализ тесноты межпараметрических связей изучаемых параметров

функциональной реактивности и рассчитаны значения показателей «мощности корреляции» в трех обследуемых возрастно-квалификационных группах спортсменов. На рисунке представлены матрицы интеркорреляционных связей параметров функциональной подготовленности спортсменов разного возраста и квалификации.

регулирующих влияний на физиологические системы и развитии процесса функциональной оптимизации [3, 9].

Во второй группе спортсменов (14–16 лет, I разряд) наблюдается небольшое снижение количества статистически значимых взаимосвязей между изучаемыми параметрами до 9 (рисунок, б) при несколько снизившейся



Матрицы интеркорреляционных связей параметров, отражающих функциональную мобилизацию спортсменов разного возраста и квалификации (только достоверные взаимосвязи):

а – 12–14 лет (III разряд); б – 15–16 лет (II разряд); в – 17–20 лет (I разряд-КМС)
 (1 – HR_{max} ; 2 – VO_{2max} ; 3 – VE_{max} ; 4 – $f_{b_{max}}$; 5 – VT_{max} ; 6 – $HR_{max}/HR_{покоя}$; 7 – $VE_{max}/VE_{покоя}$; 8 – $f_{b_{max}}/f_{b_{покоя}}$; 9 – $VT_{max}/VT_{покоя}$; 10 – $VO_{2max}/VO_{2покоя}$)

Из представленных данных можно видеть (рисунок, а), что у юных спортсменов 10–11 лет (II разряд) количество статистически значимых корреляционных связей между изучаемыми показателями было относительно невелико (12). Показатель «мощности корреляции» в этой группе обследуемых спортсменов также имел относительно небольшую величину – 3,72 у.е. При этом в наибольшей степени на общую напряженность регуляторных механизмов из всей совокупности изучаемых показателей оказывают влияние всего два параметра, которые имели наибольшее количество статистически значимых взаимосвязей (не менее четырех) с другими показателями функциональной подготовленности спортсменов и являлись своеобразными узловыми точками напряженности (VT_{max} и $VT_{max}/VT_{покоя}$).

Такая ситуация свидетельствует о том, что на начальном этапе многолетней тренировки у спортсменов-футболистов напряженность регуляторных механизмов относительно невелика. Вместе с тем относительно большая величина показателя «мощности корреляции» указывает на довольно тесные межпараметрические связи в рамках небольшого их количества и свидетельствует о повышении интенсивности

величине показателя «мощности корреляции» до 3,48 у.е. В этой группе узловыми параметрами, обуславливающими в наибольшей мере напряженность регуляторных механизмов, оказываются несколько иные показатели, чем в группе спортсменов 10–11 лет. К ним относятся показатели легочной вентиляции при максимальной нагрузке (VE_{max}) и показатель увеличения легочной вентиляции при максимальной нагрузке относительно уровня вентиляции в покое ($VE_{max}/VE_{покоя}$).

Рассмотрение тесноты и количества межпараметрических связей у спортсменов 17–20 лет, имеющих высокий квалификационный статус (КМС), позволяет отметить резкое увеличение количества статистически значимых межпараметрических связей до 18 (рисунок, в). У спортсменов 17–20 лет количество узловых параметров, обуславливающих напряженность регуляторных механизмов, существенно возрастает до 5 и включает в себя показатели максимального потребления кислорода (VO_{2max}), уровня легочной вентиляции при максимальной нагрузке (VE_{max}), величины дыхательного объема при максимальной нагрузке (VT_{max}), увеличения легочной вентиляции при максимальной нагрузке относительно уровня

вентиляции в покое ($VE_{\max}/VE_{\text{покоя}}$) и увеличения уровня потребления кислорода при максимальной нагрузке относительно его уровня в условиях покоя ($VO_{2\max}/VO_{2\text{покоя}}$). Одновременно наблюдается и значительный рост величины показателя «мощности корреляции» до 4,29 у.е.

Эти обстоятельства свидетельствуют о том, что с ростом специальной физической и функциональной подготовленности у спортсменов в значительной мере возрастает напряженность регуляторных механизмов при одновременном повышении уровня регулирующих влияний на физиологические системы, а значит, и некотором росте оптимальности их функционирования. Полученные результаты дают основание для вывода о сохранении высокой степени напряженности регуляторных механизмов при одновременном существенном росте уровня регулирующих влияний на физиологические системы организма. За счет этого достигается наивысший из всех трех наблюдаемых возрастно-квалификационных групп спортсменов, уровень функциональной оптимизации регуляторных механизмов, который характерен для спортсменов высокой квалификации [9].

Заключение

Таким образом, результаты исследования показали, что мобилизационные возможности организма закономерно увеличиваются с повышением уровня подготовленности спортсменов. При этом рост мобилизационных возможностей организма в целом обеспечивается разнонаправленным изменением отдельных параметров физиологических систем. В большинстве случаев абсолютные и относительные показатели мобилизации объемных параметров вегетативных систем закономерно увеличиваются или не изменяются от одной возрастно-квалификационной группы спортсменов к другой. В то же время практически все частотные параметры имеют устойчивую тенденцию к снижению. Это свидетельствует о том, что наряду с повышением мобилизационных возможностей с ростом квалификации спортсменов развиваются и процессы экономизации функционирования физиологических систем. Как результат этих параллельных процессов наблюдается устойчивое и статистически значимое увеличение интегрального показателя функциональной мобилизации организма – показателя степени увеличения валового потребления кислорода при максимальной физической нагрузке относительно уровня покоя.

Сравнение уровня напряженности регуляторных механизмов показало его увеличение с ростом специальной физической и функциональной подготовленности спор-

тсменов при одновременном повышении уровня регулирующих влияний на физиологические системы и развитии определенной оптимизации их функционирования.

Список литературы

1. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 331 с.
2. Горбанева Е.П. Качественные характеристики функциональной подготовленности спортсменов. – Саратов: Научная Книга, 2008. – 145 с.
3. Медведев Д.В. Физиологические факторы, определяющие физическую работоспособность человека в процессе многолетней адаптации к специфической мышечной деятельности: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13. – М., 2007. – 24 с.
4. Мищенко В.С. Функциональные возможности спортсменов. – Киев: Здоровья, 1990. – 200 с.
5. Солодков А.С. Физическая работоспособность спортсмена. – СПб., 1995. – 43 с.
6. Солопов И.Н. Физиологические основы функциональной подготовки спортсменов: монография / И.Н. Солопов и др. – Волгоград: ФГБОУ ВПО «ВГАФК», 2010. – 346 с.
7. Солопов И.Н. Функциональная подготовка спортсменов: монография / И.Н. Солопов, А.И. Шамардин. – Волгоград: ПринТерра-Дизайн, 2003. – 263 с.
8. Morrow J.R. Measurement and evaluation in Human Performance / J.R. Morrow et al. // Human Kinetics Publishers, 1995. – 416 p.

References

1. Verhoshanskij Ju.V. Osnovy specialnoj fizicheskoj podgotovki sportsmenov [Fundamentals of special physical preparation of athletes]. Moscow, 1988. 331 p.
2. Gorbaneva E.P. Kachestvennyye harakteristiki funkcionajnoj podgotovlennosti sportsmenov [The qualitative characteristics of functional training athletes]. Saratov, 2008. 145 p.
3. Medvedev D.V. Fiziologicheskiye faktory, opredelyayushchiye fizicheskuyu rabotosposobnost cheloveka v protsesse mnogoletney adaptatsii k spetsificheskoy myshechnoy deyatel'nosti [Physiological factors determining human physical performance during long-term adaptation to a specific muscle activity]. Moscow, 2007. 24 p.
4. Mishhenko V.S. Funkcionalnye vozmozhnosti sportsmenov [Functionality athletes]. Kiev, 1990. 200 p.
5. Solodkov A.S. Fizicheskaya rabotosposobnost sportsmena [Physical performance athlete]. St. Petersburg. 1995. 43 p.
6. Solopov I.N., Gorbaneva E.P., Chemov V.V., Shamardin A.A., Medvedev D.V., Kamchatnikov A.G. Fiziologicheskiye osnovy funktsionalnoj podgotovki sportsmenov [Physiological basis of functional training athletes]. Volgograd. 2010. 346 p.
7. Solopov I.N., Shamardin A.I. Funkcionalnaja podgotovka sportsmenov [Functional training athletes]. Volgograd, 2003. 263 p.
8. Morrow, J.R. Measurement and evaluation in Human Performance. 1995. 416 p.

Рецензенты:

Сентябрёв Н.Н., д.б.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная академия физической культуры», г. Волгоград;

Клаучек С.В., д.м.н., профессор, зав. кафедрой нормальной физиологии, декан лечебного факультета, Волгоградский государственный медицинский университет, г. Волгоград.

Работа поступила в редакцию 18.03.2015.