

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.30

УДК: 613.65:612.22:796.015.84.034.6

Влияние физических нагрузок разной направленности на показатели физической работоспособности и уровень максимального потребления кислорода у квалифицированных спортсменов в зависимости от периода тренировочного процесса

Н.П. Гарганеева¹, И.Ф. Таминова², В.В. Калюжин¹, И.Н. Ворожцова³, Н.В. Корнева⁴

¹ФГБОУ ВО Сибирский государственный медицинский университет, Министерство здравоохранения РФ, г. Томск, Россия

²БУ ХМАО – Югры Клинический врачебно-физкультурный диспансер,

Департамент здравоохранения ХМАО – Югры, г. Нижневартовск, Россия

³ФГБНУ Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН

Научно-исследовательский институт кардиологии, Министерство науки и высшего образования РФ, г. Томск, Россия

⁴БУ ХМАО – Югры Нижневартовская окружная больница №2, г. Нижневартовск, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить влияния физических нагрузок разной направленности и интенсивности на показатели физической работоспособности и максимального потребления кислорода (МПК) у квалифицированных спортсменов в зависимости от периода тренировочного процесса. **Материалы и методы:** обследовано 136 спортсменов – мужчин, из них 116 – квалифицированные спортсмены (возраст 22,1±4,1 года). I группа – борьба (n=30), II – лыжные гонки, биатлон (n=27), III – пауэрлифтинг (n=33), IV – волейбол (n=26). V – контрольная (n=20), спортивная подготовкой менее 3-х лет. Применена велоэргометрия (ВЭМ) с оценкой физической работоспособности по тесту PWC₁₇₀ в подготовительном и в соревновательном периодах тренировок. Для статистической обработки использовали программу Statistica v. 10.0. Данные представлены в виде: медиана (Me), нижний и верхний квартили (25% и 75%). **Результаты:** наиболее высокие показатели теста PWC₁₇₀ – 1508,0 кгм/мин и МПК – 65,37 мл/мин/кг в подготовительном периоде и соответственно PWC₁₇₀ – 1560,0 кгм/мин и МПК – 68,00 мл/мин/кг в соревновательном периоде были достигнуты спортсменами во II группе. Спортсмены в III группе имели наиболее низкие показатели PWC₁₇₀ – 1100,0 кгм/мин и МПК – 40,60 мл/мин/кг как в подготовительном, так и в соревновательном периодах – 1120,0 кгм/мин и 42,04 мл/мин/кг. **Выводы:** высокий уровень физической работоспособности и МПК указывают на эффективность работы сердечно-сосудистой системы у спортсменов высоко-динамических видов спорта, тренирующихся на выносливость (лыжные гонки, биатлон). У пауэрлифтеров с высокой интенсивностью статических нагрузок физическая работоспособность и МПК остаются на низком уровне. Полученные результаты могут быть использованы для своевременного внесения коррективов в тренировочно-соревновательный процесс атлетов.

Ключевые слова: спортсмены, вид спорта, периоды тренировочного процесса, физическая работоспособность, максимальное потребление кислорода

Для цитирования: Гарганеева Н.П., Таминова И.Ф., Калюжин В.В., Ворожцова И.Н., Корнева Н.В. Влияние физических нагрузок разной направленности на показатели физической работоспособности и уровень максимального потребления кислорода у квалифицированных спортсменов в зависимости от периода тренировочного процесса // Спортивная медицина: наука и практика. 2019. Т.9, №2. С. 30-38. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.30.

Influence of physical loads of different orientation on indicators of physical working capacity and level of the maximum oxygen consumption at the qualified athletes depending on the period of training process

*Natalia P. Garganeeva¹, Irina F. Taminova², Vadim V. Kalyuzhin¹, Irina N. Vorozhtsova³,
Natalia V. Korneva⁴*

¹Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

²KMAO – Yugra Clinical Medical-Exercises Dispensary, Nizhnevartovsk, Russia

³Cardiology Research Institute of the Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

⁴KMAO – Yugra Nizhnevartovsk District Hospital №2, Nizhnevartovsk, Russia

ABSTRACT

Objective: to assess the impact of physical activity of different orientation and intensity on the physical performance and maximum oxygen consumption (MOC) in qualified athletes, depending on the period of the training process. **Materials and methods:** 136 male athletes were examined, 116 of them were qualified athletes (age 22.1±4.1 years). I group – wrestling (n=30), II – cross-country skiing, biathlon (n=27), III – powerlifting

(n=33), IV – volleyball (n=26). V – control (n=20), sports training less than 3 years. Bicycle ergometry (VEM) with the assessment of physical performance on the PWC₁₇₀ test in the preparatory and competitive periods of training was conducted. STATISTICA 10.0 program was used for statistical processing. Data were presented as: median (Me), lower and upper quartiles (25% and 75%). **Results:** the highest rates of PWC₁₇₀ – 1508.0 KGM/min and IPC – 65.37 ml/min/kg in the preparatory period and, respectively, PWC₁₇₀ – 1560.0 KGM/min and IPC – 68.00 ml/min/kg in the competitive period were achieved by athletes in group II. Athletes in group III had the lowest rates of PWC₁₇₀ – 1100.0 KGM/min and IPC – 40.60 ml/min/kg in both the preparatory and competitive periods – 1120.0 KGM/min and 42.04 ml/min/kg. **Conclusions:** high level of physical performance and MOC indicated the effectiveness of the cardiovascular system in athletes of highly dynamic sports, training for endurance (cross-country skiing, biathlon). In powerlifters with high intensity of static loads, physical performance and MOC remained at a low level. The results can be used to make timely adjustments to the training and competitive process of athletes.

Key words: athletes, kind of sport, periods of the training process, physical performance, maximum level of oxygen consumption

For citation: Garganeeva NP, Taminova IF, Kalyuzhin VV, Vorozhtsova IN, Korneva NV. Influence of physical loads of different orientation on indicators of physical working capacity and level of the maximum oxygen consumption at the qualified athletes depending on the period of training process. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2019;9(2):30-38. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.30.

1.1 Введение

Состояние физического здоровья и высокий уровень функциональной подготовленности являются главными условиями развития спорта высших достижений на современном этапе, что особенно актуально в период возрастания соревновательной активности спортсменов [1-3]. Адекватные физические нагрузки повышают уровень физической работоспособности и улучшают функциональное состояние сердечно-сосудистой системы (ССС), тогда как чрезмерные тренировки и недостаток времени, отведенный на восстановление аппарата кровообращения после соревновательной деятельности, несут в себе опасность переутомления и перетренированности [4-8].

Современная классификация видов спорта (Mitchell JH et al, 2005), основанная на оценке таких показателей как максимальное произвольное сокращение (MVC) и максимальное потребление кислорода (MaxO₂) в зависимости от интенсивности нагрузки (низкая, умеренная и высокая) и типа нагрузки (статическая или динамическая), а также в зависимости от риска получения травм и развития обмороков, обеспечивает возможность динамических наблюдений и сопоставления полученных результатов в годовых циклах тренировочного процесса [9].

Физическая работоспособность человека зависит от целого ряда факторов, и прежде всего от степени функционирования его биоэнергетических возможностей (аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения), определяющих вид и уровень двигательной активности, объем и интенсивность физических тренировок [10-12]. С учетом новых тенденций в спорте, связанных с увеличением тренировочных и соревновательных нагрузок, числа тренировок, усложнением техники выполнения спортивных упражнений, повышаются требования к подготовленности спортсменов и оптимизации их адаптационных возможностей ССС. Именно аэробные процессы являются физиологической основой общей выносливости и физической работоспособности [13, 14].

Одним из информативных методов, позволяющим оценить физическую работоспособность и максимальное потребление кислорода (МПК) у квалифицированных спортсменов, является нагрузочный тест с субмаксимальной физической нагрузкой на велоэргометре

(ВЭМ) [14, 15]. Величина МПК, отражающая аэробную производительность организма, в целом свидетельствует о состоянии здоровья атлета, уровне его тренированности, общей выносливости, обуславливая физическую готовность спортсмена к выступлению в соревнованиях, а также своевременное выявление перетренированности [16]. Диагностика состояния физической работоспособности спортсменов и непрерывное контролирование изменений этого состояния в разные периоды тренировочного процесса относится к важным задачам в практике спортивной медицины, что и легло в основу данного исследования.

Цель исследования – оценить влияние физических нагрузок разной направленности и интенсивности на показатели физической работоспособности и МПК у квалифицированных спортсменов в зависимости от периода тренировочного процесса.

Задачи исследования:

1. Оценить влияние динамических и статических физических нагрузок на уровень физической работоспособности и МПК кислорода у квалифицированных спортсменов.

2. Проанализировать динамику показателей уровня физической работоспособности по тесту PWC₁₇₀ и МПК у спортсменов с разной спецификой видов спорта в подготовительном и в соревновательном периодах тренировочного процесса.

1.2 Материалы и методы

На базе отделения спортивной медицины БУ «Клинический врачебно-физкультурный диспансер», филиал в городе Нижневартовске обследовано 136 спортсменов мужского пола. Обязательным условием включения спортсменов в исследование было получение письменного информированного согласия в соответствии с Федеральным Законом РФ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 № 323-ФЗ (ред. от 27.12.2018) и стандартами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека».

Спортсмены подразделены на группы, учитывая направленность тренировочного процесса, вид спорта и

этапы спортивной подготовки. Основные четыре группы (спортивного совершенствования и высшего спортивного мастерства) представлены квалифицированными спортсменами – 116 чел. (средний возраст $22,07 \pm 4,10$ года; спортивный стаж 5-15 лет), имеющими спортивные разряды: кандидат в мастера спорта, первый спортивный разряд и спортивные звания – мастер спорта России международного класса, мастер спорта России. Первая группа (I группа, $n=30$) – спортивных единоборств, представлена борцами (вольная борьба, дзюдо), тренирующимися на развитие скоростно-силовых качеств, координации и выносливости. Вторая (II группа, $n=27$) – представлена спортсменами циклических видов спорта (биатлон, лыжные гонки), направленных на развитие общей выносливости. Третью (III группа, $n=33$) составили атлеты, занимающиеся пауэрлифтингом, тренировочный процесс которых направлен на развитие абсолютной силы и скорости. Четвертая (IV группа, $n=26$) – спортивные игры, составили спортсмены-волейболисты, тренирующиеся преимущественно на развитие ловкости, силы, скорости и выносливости. Контрольная, пятая (V группа, $n=20$, средний возраст – $17,3 \pm 2,58$ года) состояла из атлетов разных видов спорта (борьба, биатлон, лыжные гонки, пауэрлифтинг, волейбол), их спортивная подготовка не превышала 3-х лет.

Подразделение атлетов на группы определялось также с учетом типа и интенсивности динамических и/или статических физических нагрузок в соответствии с классификацией видов спорта (Mitchell JH et al., 2005). Спортсмены представляли: высоко-динамические виды спорта (лыжные гонки, биатлон), средне-динамические (борьба, волейбол), низко-динамические (пауэрлифтинг); высоко-статические виды спорта (борьба, пауэрлифтинг), средне-статические (лыжные гонки, биатлон); низко-статические (волейбол, лыжный спорт) [9, 17, 18].

Критерием отбора для исследования являлся допуск спортсменов для продолжения тренировок и участия в соревнованиях по результатам ежегодного углубленного медицинского обследования. Критерии исключения – наличие кардиоваскулярной патологии в анамнезе или впервые выявленное заболевание ССС. Для определения физической работоспособности спортсменов использовали велоэргометрический тест PWC_{170} (от английского Physical Working Capacity – «физическая работоспособность»), предполагающий двухступенчатую нагрузку с паузой для отдыха (Карпман В.Л. и др., 1988)]. ВЭМ (Вт) проводилась на стресс системе «Cardiosoft» фирмы «Marguette» (Германия). Оценка МПК (мл/мин/кг) рассчитывалась непрямым методом по величине общей физической работоспособности с учетом результатов теста PWC_{170} . Для тренированных лиц использовалась формула: $МПК = 2,2 \times PWC_{170} + 1070$. Нивелирование влияния различий в массе тела обследуемых на абсолютную величину МПК производилось с помощью расчета потребления кислорода на 1 кг массы тела, что отражало относительную величину МПК [19].

Статистическая обработка полученных данных проводилась с применением программы Statistica v. 10.0 (StatSoft, Inc., USA для Windows) с применением непараметрических методов статистического анализа. Анализ исследуемых показателей на наличие нормального закона распределения осуществляли с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. Для каждой выборки, при отсутствии нормального распределения, вычисляли медиану (Me), нижний и верхний квартили (25% и 75%) ($Me [Q_{25} - Q_{75}]$), статистическую значимость различий между группами определяли по критериям Манна-Уитни и Вилкоксона (для двух зависимых выборок). Применялась описательная статистика (абсолютные и относительные показатели), средние выборочные значения представлены в виде «среднее \pm отклонение среднего» ($M \pm SD$). Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости (p) равен 0,05.

1.3 Результаты и их обсуждение

Результаты сравнительного изучения данных ВЭМ по динамике оценки пробы PWC_{170} свидетельствовали о значительной изменчивости реакции ССС на физическую нагрузку в зависимости от периода подготовки к соревнованиям. Соревновательный период, в отличие от подготовительного периода, характеризуется повышенным объемом и интенсивностью напряжения тренировочной работы, а также физической готовностью атлетов к достижению высоких спортивных результатов.

Анализ показателей физической работоспособности по тесту PWC_{170} и аэробного энергообразования по уровню МПК при проведении ВЭМ у спортсменов в подготовительном и в соревновательном периодах позволил установить статистически значимые различия в изучаемых группах в зависимости от типа и интенсивности физической нагрузки, специфики направленности вида спорта, периодов тренировочно-соревновательного процесса (табл. 1 и 2).

По данным теста PWC_{170} (табл. 1), наиболее высокие показатели физической работоспособности в подготовительном периоде достигли спортсмены циклических видов спорта во II группе (лыжные гонки, биатлон), тренирующиеся на развитие выносливости, с высокой интенсивностью динамических нагрузок, и спортсмены в игровом виде спорта в IV группе (волейбол) со средне-динамической нагрузкой. При этом физическая работоспособность составила у лыжников – 1508,0 кгм/мин и у волейболистов – 1490,0 кгм/мин, без значимых различий между указанными группами ($p_{2-4}=0,9929$).

Тогда как наиболее низкие показатели физической работоспособности наблюдались у квалифицированных спортсменов в III группе – 1100,0 кгм/мин, занимающихся пауэрлифтингом с низкой интенсивностью динамических и высокой интенсивностью статических нагрузок, а также у спортсменов контрольной V группы – 1200,0 кгм/мин, спортивная подготовка которых не превышала трех лет ($p_{3,5}=0,5504$).

Таблица 1

Оценка динамики показателей физической работоспособности у спортсменов в зависимости от периода тренировочно-соревновательного процесса и видов спорта

Table 1

Assessment of the dynamics of physical performance in athletes depending on the competitive period and kind of sports

Показатели/ Parameters	Группы спортивного совершенствования и высшего спортивного мастерства/Sports development and sportsmanship groups				Подготовка менее 3 лет/ Less than 3 years of training	Р (Уровень значи- мости) межгруп- повые различия/ (Significance level) intergroup differences
	I группа (борьба)/I group (wrestling) n=30	II группа (лыжи, биатлон)/II group (ski, biathlon) n=27	III группа (пауэр- лифтинг)/III group (powerlifting) n=33	IV группа (во- лейбол)/IV group (volleyball) n=26	V группа Кон- троль/V group (Control) n=20	
Периоды/ Periods	Подготовительный период/Preparation period					
PWC ₁₇₀ кгм/мин/ kgm/min	Me 1305,0 (1074,0; 1400,0)	Me 1508,0 (1300,0; 1700,0)	Me 1100,0 (938,0; 1275,0)	Me 1490,0 (1300,0; 1808,0)	Me 1200,0 (938,8; 1310,0)	p ₁₋₂ =0,0050 p ₁₋₃ =0,0018 p ₁₋₄ =0,0074 p ₁₋₅ =0,0475 p ₂₋₃ =0,0000 p ₂₋₄ =0,9929 p ₂₋₅ =0,0003 p ₃₋₄ =0,0000 p ₃₋₅ =0,5504 p ₄₋₅ =0,0002
Период/ Period	Соревновательный период/Competition period					
PWC ₁₇₀ кгм/мин/ kgm/min	Me 1352,5 (1100,0; 1520,0)	Me 1560,0 (1313,0; 1730,0)	Me 1120,0 (976,0; 1252,0)	Me 1502,0 (1300,0; 1808,0)	Me 1180,5 (875,0; 1311,5)	p ₁₋₂ =0,0090 p ₁₋₃ =0,0035 p ₁₋₄ =0,0150 p ₁₋₅ =0,0195 p ₂₋₃ =0,0000 p ₂₋₄ =0,8309 p ₂₋₅ =0,0001 p ₃₋₄ =0,0001 p ₃₋₅ =0,9342 p ₄₋₅ =0,0001
Внутри- групповые различия/ Intragroup differences	p=0,1003	p=0,0001	p=0,6892	p=0,6625	p=0,2113	

Примечание: Медиана (Me), нижний и верхний квартили (25% и 75%)
Note: Median (Me), lower and upper quartiles (25% and 75%) (Me [Q₂₅ - Q₇₅])

Полученные данные подтверждаются наличием статистически значимых различий показателей теста PWC₁₇₀ при сравнительном анализе между группами спортсменов с высоким уровнем физической работоспособности и низким уровнем физической работоспособности.

Так, показатели физической работоспособности во II группе оказались значительно выше, чем в III и в V группах. Соответственно, установлены различия между II группой – 1508,0 кгм/мин и III группой – 1100,0 кгм/мин (p₂₋₃=0,0000); между II группой – 1508,0 кгм/мин и

V (контрольной) группой – 1200,0 кгм/мин (p₂₋₅=0,0003).

Группа волейболистов (IV) также отличалась более высоким уровнем физической работоспособности – 1490,0 кгм/мин по сравнению с III группой – 1100,0 кгм/мин (p₃₋₄=0,0000) и контрольной группой – 1200,0 кгм/мин (p₄₋₅=0,0002).

В соревновательном периоде тренировочного процесса физическая работоспособность оставалась практически на прежнем уровне в I, III, IV и V группах. Исключение составили спортсмены II группы, тренирующиеся на выносливость, у которых уровень физической работо-

Таблица 2

Оценка динамики максимального потребления кислорода у спортсменов в зависимости от периода тренировочно-соревновательного процесса и спортивной специализации

Table 2

Assessment of the dynamics of the maximum oxygen consumption in athletes depending on the competitive period and sports specialization

Показатели/ Parameters	Группы спортивного совершенствования и высшего спортивного мастерства/Sports development and sportsmanship groups				Подготовка менее 3 лет/ Less than 3 years of training	Р (Уровень значи- мости) межгруп- повые различия/ (Significance level) intergroup differences
	I группа (борьба)/I group (wrestling) n=30	II группа (лыжи, биатлон)/II group (ski, biathlon) n=27	III группа (пауэр- лифтинг)/III group (powerlifting) n=33	IV группа (во- лейбол)/IV group (volleyball) n=26	V группа Кон- троль/V group (Control) n=20	
Период/ Period	Подготовительный период/Preparation period					
МПК мл/мин/кг/ МОС, ml/min/kg	Me 52,46 (47,56; 57,28)	Me 65,37 (61,31; 71,85)	Me 40,60 (37,70; 47,84)	Me 49,43 (45,03; 55,40)	Me 46,92 (44,94; 57,97)	p ₁₋₂ =0,0000 p ₁₋₃ =0,0000 p ₁₋₄ =0,1651 p ₁₋₅ =0,2985 p ₂₋₃ =0,0000 p ₂₋₄ =0,0000 p ₂₋₅ =0,0000 p ₃₋₄ =0,0003 p ₃₋₅ =0,0070 p ₄₋₅ =0,8506
Период/ Period	Соревновательный период/Competition period					
МПК мл/мин/кг/ МОС, ml/min/kg	Me 53,55 (47,56; 58,89)	Me 68,00 (63,81; 72,88)	Me 42,04 (38,76; 48,47)	Me 50,30 (48,90; 54,00)	Me 47,17 (40,19; 53,92)	p ₁₋₂ =0,0001 p ₁₋₃ =0,0000 p ₁₋₄ =0,1972 p ₁₋₅ =0,0098 p ₂₋₃ =0,0001 p ₂₋₄ =0,0001 p ₂₋₅ =0,0001 p ₃₋₄ =0,0001 p ₃₋₅ =0,1895 p ₄₋₅ =0,1011
Внутри- групповые различия/ Intragroup differences	p=0,1859	p=0,0001	p=0,6892	p=0,1356	p=0,0339	

Примечание: Медиана (Me), нижний и верхний квартили (25% и 75%)
Note: Median (Me), lower and upper quartiles (25% and 75%) (Me [Q₂₅ - Q₇₅])

способности PWC₁₇₀, равный 1508,0 кгм/мин в подгото- вительном периоде, на фоне возрастания интенсивности динамических физических нагрузок значительно пре- высил исходный и составил у лыжников/биатлонистов в соревновательном периоде 1560,0 кгм/мин (p=0,0001). Следует учитывать, что наибольшее повышение аэроб- ных возможностей организма лыжников в значительной степени оказывает влияние на спортивный результат [19].

Показатели физической работоспособности у спор- тсменов с низкой интенсивностью динамических на-

грузок и высокой интенсивностью статических нагру- зок (пауэрлифтинг), как и у спортсменов контрольной группы, в соревновательном периоде были значительно ниже, чем во всех других группах и составили в III груп- пе – 1120,0 кгм/мин, в V группе – 1180,5 кгм/мин.

Так, спортсмены в III группе (пауэрлифтеры), тре- нировки которых направлены на развитие абсолютной силы, и в V контрольной группе показали худшие ре- зультаты теста PWC₁₇₀, по сравнению со спортсменами циклических видов спорта во II группе (лыжниками,

биатлонистами), тренирующимися на выносливость. Соответственно, в соревновательном периоде продемонстрировав значимые различия между II группой – 1560,0 кгм/мин и III группой – 1120,0 кгм/мин ($p_{2,3}=0,0000$), а также между II группой – 1560,0 кгм/мин и V группой – 1180,5 кгм/мин ($p_{2,5}=0,0001$).

Аналогичная картина сохранялась при сравнении показателей у спортсменов IV группы с III группой и с группой контроля. Волейболисты имели значительно более высокий уровень физической работоспособности, составив – 1502,0 кгм/мин, чем пауэрлифтеры – 1120,0 кгм/мин ($p_{3,4}=0,0001$) и чем группа контроля – 1180,5 кгм/мин ($p_{4,5}=0,0001$).

Более высокие показатели физической работоспособности спортсменов I группы (борцы) по сравнению со спортсменами III группы (пауэрлифтинг), объясняются тем, что тренировочный процесс у единоборцев направлен на развитие скоростно-силовых качеств и общей выносливости и характеризуется сочетанием высоко-статической и средне-динамической интенсивностью физической нагрузки, в отличие от пауэрлифтеров с высоко-статическими и низко-динамическими нагрузками, тренирующихся преимущественно на развитие абсолютной силы и скорости с минимальной заинтересованностью в развитии выносливости.

Однако у борцов (I группа) уровень физической работоспособности по тесту PWC_{170} , несмотря на достаточно высокий прирост в соревновательном периоде, все-таки уступает физической работоспособности спортсменов II и IV групп, имеющих более высокую интенсивность динамических нагрузок.

При этом обнаружив статистически значимые различия уровня физической работоспособности как в подготовительном периоде между I группой – 1305,0 кгм/мин и II группой – 1508,0 кгм/мин ($p_{1,2}=0,0050$), так и в соревновательном периоде между I группой – 1352,5 кгм/мин и II группой – 1560,0 кгм/мин ($p_{1,2}=0,0090$). Значимые различия показателей теста PWC_{170} были выявлены также в подготовительном периоде между I группой – 1305,0 кгм/мин и IV группой – 1490,0 кгм/мин ($p_{1,4}=0,0074$) и в соревновательном периоде между I группой – 1352,5 кгм/мин и IV группой – 1502,0 кгм/мин ($p_{1,4}=0,0150$).

Однако спортсмены I группы имели более высокий уровень физической работоспособности, по сравнению с III группой и с V группой в обоих периодах тренировочно-соревновательного процесса. Это подтверждается наличием значимых различий показателей теста PWC_{170} между I группой – 1305,0 кгм/мин и III группой – 1100,0 кгм/мин ($p_{1,3}=0,0018$) в подготовительном периоде и между I группой – 1352,5 кгм/мин и III группой – 1120,0 кгм/мин ($p_{1,3}=0,0035$) в соревновательном периоде, так и между I группой – 1305,0 кгм/мин и V группой – 1200,0 кгм/мин ($p_{1,5}=0,0475$) в подготовительном периоде и между I группой – 1352,5 кгм/мин и V группой – 1180,5 кгм/мин ($p_{1,5}=0,0195$) в соревновательном периоде.

Высокие показатели физической работоспособности у спортсменов IV группы, занимающихся волейболом, обусловлены не только игровым видом спорта со средне-динамическим и низко-статическим типом нагрузки, но также антропометрическими особенностями атлетов.

При оценке аэробного энергообразования по уровню МПК (табл. 2) также были выявлены статистически значимые различия между группами у спортсменов в зависимости от интенсивности нагрузки, спортивной специализации и периодов тренировочного процесса.

Наиболее высокий уровень МПК был выявлен у спортсменов, тренирующихся преимущественно на развитие общей выносливости (II группа), составив в подготовительном периоде – 65,37 мл/мин/кг. В соревновательном периоде в условиях интенсивных динамических нагрузок уровень МПК увеличился до 68,00 мл/мин/кг ($p=0,0001$), что указывает на эффективность аэробной производительности организма атлетов высоко-динамических видов спорта.

В группах, развивающих скоростно-силовые качества, абсолютную силу и в игровом спорте, показатели МПК были значительно ниже и статистически значимо различались со II группой лыжников/биатлонистов как в подготовительном, так и в соревновательном периодах тренировочного процесса. Так, в подготовительном периоде в отличие от спортсменов II группы, уровень МПК в I группе составил – 52,46 мл/мин/кг ($p_{1,2}=0,0000$), в III группе – 40,60 мл/мин/кг ($p_{2,3}=0,0000$), в IV группе – 49,43 мл/мин/кг ($p_{2,4}=0,0000$), в V группе – 46,92 мл/мин/кг ($p_{2,5}=0,0000$).

В соревновательном периоде отмечалось повышение уровня МПК у спортсменов всех групп, но значительно в меньшей степени, чем у спортсменов II группы с высокой интенсивностью динамических нагрузок. При сравнительном анализе выявлены значимые различия показателей уровня МПК между II группой – 68,00 мл/мин/кг и спортсменами других групп, у которых уровни МПК были значительно ниже и составили: в I группе – 53,55 мл/мин/кг ($p_{1,2}=0,0001$), в III группе – 42,04 мл/мин/кг ($p_{2,3}=0,0001$), в IV группе – 50,30 мл/мин/кг ($p_{2,4}=0,0001$), в контрольной группе – 47,17 мл/мин/кг ($p_{2,5}=0,0001$).

Наиболее низкие показатели МПК, по данным сравнительного межгруппового анализа, были выявлены у спортсменов высоко-статических видов спорта, тренировки которых направлены на развитие абсолютной силы (пауэрлифтинг) в обоих периодах тренировочно-соревновательного процесса – 40,60 мл/мин/кг и 42,04 мл/мин/кг ($p=0,6892$) соответственно. При этом, III группа спортсменов имела значимые различия показателей МПК как в подготовительном, так и в соревновательном периодах тренировочного процесса не только со II группой, но и с I группой, и с IV группой квалифицированных атлетов. Стабильно низкий уровень МПК свидетельствуют об аэробной недостаточности выполняемого тренировочного процесса и недостаточном развитии выносливости атлетов, занимающихся пауэрлифтингом.

1.4 Выводы

Сравнительный анализ полученных результатов установил, что показатели физической работоспособности и МПК зависят от направленности тренировок, обусловленных типом и интенсивностью физической нагрузки разных видов спорта, этапов спортивной подготовки и периодов тренировочно-соревновательного процесса.

Проанализированные в сопоставлении с оценочными критериями [19], были выявлены особенности аэробной производительности спортсменов по величине МПК.

Так, спортсмены II группы (лыжные гонки, биатлон) имеют «хорошую» аэробную производительность по уровню МПК (60-69,9 мл/мин/кг), соответствующую данной оценке как в подготовительном – 65,37 мл/мин/кг, так и в соревновательном – 68,00 мл/мин/кг периодах, и даже достигают «высокой» оценки (более 70 мл/мин/кг) в обоих периодах с учетом распределения полученных данных МПК по квартилям – 71,85 мл/мин/кг и 72,88 мл/мин/кг.

У спортсменов I группы оценка аэробной производительности показателей МПК в обоих периодах тренировочно-соревновательного процесса соответствует «выше средней» (50-59,9 мл/мин/кг/), составив – 52,46 мл/мин/кг и 53,55 мл/мин/кг, благодаря средне-динамическому характеру нагрузки и интенсивности, статической направленности тренировочной деятельности на развитие силы, скорости, общей работоспособности и выносливости, являющихся для борцов основой при совершенствовании технической подготовленности и мастерства.

Спортсмены IV группы, несмотря на достаточно высокий уровень физической работоспособности по данным теста PWC_{170} , имеют пограничную оценку аэробной производительности по уровню МПК между «средней» (40-49,9 мл/мин/кг), составив в подготовительном периоде – 49,43 мл/мин/кг, и «выше средней» (50-59,9 мл/мин/кг) в соревновательном периоде – 50,30 мл/мин/кг, что объясняется антропометрическими особенностями атлетов-волейболистов (высокий рост, высокая масса тела), так и характером тренировочного процесса, направленного на развитие общей выносливости и скорости.

Спортсмены III группы имеют наиболее низкую оценку аэробной производительности по уровню МПК, соответствующую «средней» (40-49,9 мл/мин/кг) как в подготовительном периоде – 40,60 мл/мин/кг, так и в соревновательном периоде – 42,04 мл/мин/кг. Данная группа спортсменов (пауэрлифтинг) является представителями высоко-статических и низко-динамических видов спорта, где наиболее важным физическим качеством в тренировочном процессе является развитие абсолютной силы, тогда как развитие выносливости минимальное.

У спортсменов контрольной группы, спортивный стаж которых не превышает трех лет, оценка аэробной производительности по уровню МПК соответствует «средней» (40-49,9 мл/мин/кг) в обоих периодах тренировочно-соревновательного процесса – 46,92 мл/мин/кг и 47,17 мл/мин/кг, однако у отдельных спортсменов, тренирующихся на выносливость, показатель МПК достигает оценки «выше средней».

Уровень МПК среди квалифицированных спортсменов был значимо выше у атлетов циклических видов спорта (лыжные гонки, биатлон), тренировочный процесс которых направлен на развитие выносливости, по сравнению со спортсменами в группах, заинтересованных в развитии скоростно-силовых качеств (борцы), абсолютной силы (пауэрлифтинг) и специфических игровых качеств (волейбол).

Высокий уровень физической работоспособности и «хорошая» оценка аэробной производительности по уровню МПК указывают на эффективность работы ССС у спортсменов высоко-динамических видов спорта. В тренировочном процессе спортсменов II группы преобладает сочетание высоко-динамических и средне-статических или низко-статических физических нагрузок. Полученные результаты у спортсменов других групп I, III, IV указывают на преобладание в процессе тренировок упражнений с высоко-статической или средне-статической интенсивностью нагрузок и явно недостаточной или низкой интенсивностью динамических нагрузок. Спортсменам этих групп в ходе тренировочно-соревновательного процесса, наряду с подготовкой к работе в анаэробных условиях, необходима тренировка, обеспечивающая повышение физической работоспособности и развитие аэробной производительности, что особенно важно для группы III, занимающейся пауэрлифтингом.

Таким образом, определение физической работоспособности при помощи субмаксимального теста на велоэргометре и расчет непрямым методом МПК по величине PWC_{170} , является наиболее доступными методами оценки функционального состояния ССС у квалифицированных спортсменов в различные периоды тренировок. Это обуславливает необходимость тщательного контролирования состояния физической работоспособности как на этапе отбора лиц для занятий спортом, так и на этапе принятия экспертных решений о допуске к участию квалифицированных спортсменов в спортивных соревнованиях.

Полученные данные могут быть использованы для своевременного внесения коррективов в режим физических тренировок и в управление тренировочно-соревновательными процессами у спортсменов разных видов спорта при достижении высоких результатов.

Список литературы

References

1. Миронов С.П., Поляев Б.А., Макарова Г.А. Спортивная медицина: национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 1184 с.
2. Ачкасов Е.Е., Машковский Е.В., Богова О.Т., Вулкан Ш. Морфологические и функциональные особенности системы кровообращения у ветеранов спорта и действующих спортсменов // Вестник Российской академии медицинских наук. 2014. №5-6. С. 34-9.
3. Lüscher ThF. Sports cardiology: towards the sweet spot in competitive and leisure exercise // Eur Heart J. 2019. Vol.40. P. 1-4. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy883.
4. Михайлова А.В., Смоленский А.В. Кардиальные факторы, лимитирующие физическую работоспособность спортсменов // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2009. №7. С. 22-6.
5. Piepoli M, Hoes A, Agewall S, Albus C, Brotons C, Caporano A, Cooney M, Corra U, Cosyns B et al. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: the Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice // Eur Heart J. 2016. Vol.37. P. 2315-81.
6. Celis-Morales CA, Lyall DM, Anderson J, Iliodromiti S, Fan Y, Ntук UE, Mackay DE, Pell JP, Sattar N, Gill JM. The association between physical activity and risk of mortality is modulated by grip strength and cardiorespiratory fitness: evidence from 498 135 UK-Biobank participants // Eur Heart J. 2017. Vol.38. P. 116-22.
7. Grontved A, Hu FB. Walking pace and handgrip strength: simple measures of fitness and mortality risk? // Eur Heart J. 2017. Vol.38. P. 3241-3.
8. D'Ascenzi F, Caselli S, Alvino F, Barbara Digiacinto B, Lemme E, Piepoli M, Pelliccia A. Cardiovascular risk profile in Olympic athletes: an unexpected and underestimated risk scenario // Br J Sports Med. 2018. P. 1-7. DOI: 10.1136/bjsports-2018-099530.
9. Mitchell JH, Haskell W, Snell P, Van Camp SP. Task Force 8: classification of sports. J Am Coll Cardiol. 2005. Vol.45, №8. P. 1364-7.
10. Pelliccia A, Adami PE, Quattrini F, Squeo MR, Caselli S, Verdile L, Maestrini V, DiPaolo F, Pisicchio C, Ciardo R, Spataro A. Are Olympic athletes free from cardiovascular diseases? Systematic investigation in 2352 participants from Athens 2004 to Sochi 2014 // Br J Sports Med. 2017. Vol.51. P. 238-43.
11. Ландырь А.П., Ачкасов Е.Е., Добровольский О.Б. Анализ значений частоты сердечных сокращений у спортсмена во время отдельного тренировочного занятия. Часть 1. (Лекция) // Спортивная медицина: наука и практика. 2014. №3. С. 103-12.
12. Kovacs R, Baggish AL. Cardiovascular adaptation in athletes. Trends Cardiovasc Med. 2016. №26. P. 46-52.
13. Багирова Р.М., Кулиев Ю.Н. Оценка аэробной работоспособности и функционального состояния спортсменов до и после выполнения физической нагрузки // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. №4. С. 8-10.
14. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. М.: Физкультура и спорт, 1988. 208 с.
15. Рылова Н.В., Биктимирова А.А., Самойлов А.С. Кардиореспираторное нагрузочное тестирование в спортивной медицине // Наука и спорт: современные тенденции. 2014. Т.4, №3. С. 103-8.
16. Роженцов В.В., Полевщиков М.М. Утомление при занятиях физической культурой и спортом. М.: Советский спорт, 2006. 280 с.
1. Mironov SP, Polyayev BA, Makarova GA. Sportivnaya meditsina: natsionalnoe rukovodstvo. Moscow, GEOTAR-Media, 2013. 1184 p. Russian.
2. Achkasov EE, Mashkovskiy EV, Bogova OT, Vulkan Sh. Morfologicheskie i funktsionalnye osobennosti sistemy krovoobrashcheniya u veteranov sporta i deystvuyushchikh sportsmenov. Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk (Annals of the Russian academy of medical sciences) 2014;(5-6):34-9. Russian.
3. Lüscher ThF. Sports cardiology: towards the sweet spot in competitive and leisure exercise. Eur Heart J. 2019;40:1-4. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy883.
4. Mikhaylova AV, Smolenskiy AV. Kardialnye faktory, limitiruyushchie fizicheskuyu rabotosposobnost sportsmenov. Lechebnaya fizkultura i sportivnaya meditsina. 2009;(7):22-6. Russian.
5. Piepoli M, Hoes A, Agewall S, Albus C, Brotons C, Caporano A, Cooney M, Corra U, Cosyns B et al. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: the Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice. Eur Heart J. 2016;(37):2315-81.
6. Celis-Morales CA, Lyall DM, Anderson J, Iliodromiti S, Fan Y, Ntук UE, Mackay DE, Pell JP, Sattar N, Gill JM. The association between physical activity and risk of mortality is modulated by grip strength and cardiorespiratory fitness: evidence from 498 135 UK-Biobank participants. Eur Heart J. 2017;38:116-22.
7. Grontved A, Hu FB. Walking pace and handgrip strength: simple measures of fitness and mortality risk? Eur Heart J. 2017;38:3241-3.
8. D'Ascenzi F, Caselli S, Alvino F, Barbara Digiacinto B, Lemme E, Piepoli M, Pelliccia A. Cardiovascular risk profile in Olympic athletes: an unexpected and underestimated risk scenario. Br J Sports Med. 2018;1-7. DOI: 10.1136/bjsports-2018-099530.
9. Mitchell JH, Haskell W, Snell P, Van Camp SP. Task Force 8: classification of sports. J Am Coll Cardiol. 2005;45(8):1364-67.
10. Pelliccia A, Adami PE, Quattrini F, Squeo MR, Caselli S, Verdile L, Maestrini V, DiPaolo F, Pisicchio C, Ciardo R, Spataro A. Are Olympic athletes free from cardiovascular diseases? Systematic investigation in 2352 participants from Athens 2004 to Sochi 2014. Br J Sports Med. 2017;51:238-43.
11. Landyr AP, Achkasov EE, Dobrovolskiy OB. Analiz znacheniy chastoty serdechnykh sokrashcheniy u sportsmena vo vremya otdelnogo trenirovochnogo zanyatiya. Chast 1. (Lektsiya). Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2014;(3):103-12. Russian.
12. Kovacs R, Baggish AL. Cardiovascular adaptation in athletes. Trends Cardiovasc Med. 2016;(26):46-52.
13. Bagirova RM, Kuliev YuN. Otsenka aerobnoy rabotosposobnosti i funktsionalnogo sostoyaniya sportsmenov do i posle vypolneniya fizicheskoy nagruzki. Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2017;(4):8-10. Russian.
14. Karpman, VL, Belotserkovskiy ZB, Gudkov IA. Testirovaniye v sportivnoy meditsine. Moscow, Fizkultura i sport, 1988. 208 p. Russian.
15. Rylova NV, Biktimirova AA, Samoylov AS. Kardiorespiratornoye nagruzochnoye testirovaniye v sportivnoy meditsine. Nauka i sport: sovremennyye tendentsii. 2014;4(3):103-8. Russian.
16. Rozhentsov VV, Polevshchikov MM. Utomleniye pri zanyatiyakh fizicheskoy kulturoy i sportom. Moscow, Sovetskiy sport, 2006. 280 p. Russian.

17. Pelliccia A, Caselli S, Sharma S, Basso C, Bax J, Corrado D, D'Andrea A, D'Ascenzi F et al. European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) joint position statement: recommendations for the indication and interpretation of cardiovascular imaging in the evaluation of the athlete's heart. *Eur Heart J*. 2018. №39. P. 1949-69.

18. Borjesson M, Dellborg M, Niebauer J, LaGerche A, Schmied C, Solberg EE, Halle M, Adami E, Biffi A et al. Recommendations for participation in leisure time or competitive sports in athletes—patients with coronary artery disease: a position statement from the Sports Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *Eur Heart J*. 2019. №40. P. 13-8.

19. Ландырь А.П., Ачкасов Е.Е., Медведев И.Б. Тесты с дозируемой физической нагрузкой в спортивной медицине. М.: Спорт, 2019. 256 с.

17. Pelliccia A, Caselli S, Sharma S, Basso C, Bax J, Corrado D, D'Andrea A, D'Ascenzi F et al. European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) joint position statement: recommendations for the indication and interpretation of cardiovascular imaging in the evaluation of the athlete's heart. *Eur Heart J* 2018;(39):1949-69.

18. Borjesson M, Dellborg M, Niebauer J, LaGerche A, Schmied C, Solberg EE, Halle M, Adami E, Biffi A et al. Recommendations for participation in leisure time or competitive sports in athletes—patients with coronary artery disease: a position statement from the Sports Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *Eur Heart J*. 2019;(40):13-8.

19. Landyr AP, Achkasov EE, Medvedev IB. Testy s doziruemyo fizicheskoy nagruzkoy v sportivnoy meditsine. Moscow, Sport, 2019. 256 p. Russian.

Информация об авторах:

Гарганеева Наталья Петровна, профессор кафедры общей врачебной практики и поликлинической терапии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0002-7353-7154 (+7 (913) 842-15-00, garganeeva@gmail.com)

Таминова Ирина Фанилевна, заведующая отделением спортивной медицины, врач по спортивной медицине высшей квалификационной категории БУ ХМАО – Югры КВФД ДЗ ХМАО – Югры. ORCID ID: 0000-0001-7437-621X

Калюжин Вадим Витальевич, заведующий кафедрой госпитальной терапии с курсом реабилитации, физиотерапии и спортивной медицины ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0001-9640-2028

Ворожцова Ирина Николаевна, ведущий научный сотрудник отделения ультразвуковой и функциональной диагностики НИИ кардиологии ФГБНУ Томского НИМЦ РАН, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0002-0424-4825

Корнева Наталья Викторовна, врач функциональной диагностики отделения функциональной и ультразвуковой диагностики БУ ХМАО – Югры НОБ №2. ORCID ID: 0000-0002-1163-8267

Information about the authors:

Natalia P. Garganeeva, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Department of General Medical Practice and Outpatient Therapy of the Siberian State Medical University. ORCID ID: 0000-0002-7353-7154 (+7 (913) 842-15-00, garganeeva@gmail.com)

Irina F. Taminova, M.D., Head of the Department of Sports Medicine, Sports Medicine Doctor of the KMAO – Yugra Clinical Medical-Exercises Dispensary. ORCID ID: 0000-0001-7437-621X

Vadim V. Kalyuzhin, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Hospital Therapy with a Course of Rehabilitation, Physiotherapy and Sports Medicine of the Siberian State Medical University. ORCID ID: 0000-0001-9640-2028

Irina N. Vorozhtsova, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Leading Researcher of the Cardiology Research Institute of the Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences. ORCID ID: 0000-0002-0424-4825

Natalia V. Korneva, M.D., Functional Diagnostics Doctor of the Department of Functional and Ultrasound Diagnostics of the KMAO – Yugra Nizhnevartovsk District Hospital №2. ORCID ID: 0000-0002-1163-8267

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 26.02.2019

Принята к публикации: 11.03.2019

Received: 26 February 2019

Accepted: 11 March 2019