

Борщ М.К.,

Парамонова Н.А., канд. биол. наук, доцент,

Быков Д.А.,

Санько О.А.

Белорусский государственный университет физической культуры,
Минск, Республика Беларусь

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ СПРИНТЕРОВ И СТАЙЕРОВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В КОНЬКОБЕЖНОМ СПОРТЕ

Аннотация. В статье представлены результаты оценки энергетических возможностей белорусских спортсменов-конькобежцев, специализирующихся на дистанциях различной длины, на основе эргоспирометрического тестирования. Показаны различия в функционировании кардиореспираторной системы у спринтеров и стайеров.

Ключевые слова: конькобежный спорт; спринтеры; стайеры; эргоспирометрия; максимальное потребление кислорода; порог анаэробного обмена.

Borsch M.,

Paramonova N., Ph.D.,

Bykov D.,

Sanko A.

Belarusian State University of Physical Culture,
Minsk, Republic of Belarus

FEATURES OF THE FORMATION OF ADAPTIVE CHANGES IN THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM OF SPRINTERS AND STAYERS SPECIALIZING IN SPEED SKATING

Abstract. The article presents the results of assessing the energy capabilities of Belarusian speed skaters specializing in distances of various lengths based on ergospirometric testing. Differences in the functioning of the cardiorespiratory system between sprinters and stayers are shown.

Keywords: speed skating; sprinters; stayers; ergospirometry; maximum oxygen consumption; anaerobic metabolism threshold.

Общее направление развития адаптации организма квалифицированных спортсменов к тренировочным и соревновательным нагрузкам разного характера прежде всего зависит от следующих функциональных свойств –

скорости (интенсивности) развертывания физиологических реакций (кардиореспираторных и метаболизма), устойчивости, экономичности, мощности и способности к реализации), которые интегрируют в своих изменениях в процессе спортивной тренировки все ключевые морфофункциональные и метаболические сдвиги в организме спортсмена и составляют основу факторов функциональной подготовленности организма спортсменов [1–4].

В современном спорте одним из доминирующих факторов, обуславливающих успешность выступления спортсмена на соревнованиях, является высокий уровень энергетических возможностей спортсмена.

Энергетические возможности спортсменов обеспечиваются посредством двух различных энергетических систем: аэробной и анаэробной.

Основные параметры, регистрируемые в процессе спироэргометрических исследований:

1. Потребление кислорода (ПК). Количество O_2 , поглощенное организмом в течение определенного отрезка времени, в диапазоне аэробных нагрузок ПК линейно зависит от мощности циклической работы, связано линейными зависимостями с частотой сокращений сердца (ЧСС) и легочной вентиляцией (ЛВ). ПК является наиболее надежным показателем текущих энергозатрат организма, поэтому измерение этого показателя является важным методом в диагностике общей и специальной работоспособности спортсменов.

2. Максимальное потребление кислорода (МПК). Максимальные размеры аэробного энергообразования оцениваются по величине максимального потребления кислорода – МПК. МПК является наиболее точным показателем аэробной производительности. Под аэробной работоспособностью понимают все те функциональные свойства организма, которые связаны с поступлением и утилизацией кислорода при мышечной деятельности. Аэробные возможности организма определяются величиной максимального потребления кислорода (МПК или $VO_2 \max$).

МПК определяется в условиях напряженной, предельной для данного индивидуума мышечной деятельности и характеризуется максимальной для данного индивидуума величиной потребления кислорода в единицу времени (1 мин). Поэтому величину МПК именуют еще «кислородным потолком», и среди клинико-физиологических тестов он выходит на первое место по надежности и информативности.

3. Порог анаэробного обмена (ПАНО или АНП). Это точка равновесия продукции и элиминации лактата, переходная зона от аэробного типа энергообеспечения нагрузки к анаэробному, возникающая, когда транспортируемый в мышцы кислород не удовлетворяет потребность в нем для окисления субстратов. Это компенсируется образованием большого количества энергии путем анаэробного гликолиза, что ведет к увеличению образования молочной кислоты, которая в сочетании с бикарбонатом натрия, нейтрализующим кислоту, образует лактат натрия, воду и диоксид углерода.

4. Частота сердечных сокращений (ЧСС) надежно отражает уровень интенсификации аэробных реакций как всего организма в целом, так

и непосредственно самого. В основе использования ЧСС при дозировании нагрузок лежит линейная зависимость между мощностью работы и увеличением ЧСС.

5. Кислородный пульс. Важной характеристикой согласованности и экономичности работы кардиореспираторной системы при физической нагрузке служит кислородный пульс (КП), то есть отношение скорости потребления кислорода VO_2 к частоте пульса. КП показывает, сколько кислорода транспортируется к потребляющим кислород тканям, и, в первую очередь, к работающим мышцам за одно сердечное сокращение.

6. Дыхательный коэффициент. Это безразмерная величина, отражающая самую суть газообмена: соотношение количества потребленного кислорода и выделенного углекислого газа. Этот показатель отражает сразу несколько никак между собой не связанных (или слабо связанных) процессов в организме:

– величина ДК напрямую зависит от того, какую пищу потребляет человек;

– величина ДК отражает вентиляционно-перфузионные отношения в легких;

– ДК существенно увеличивается при включении анаэробно-гликолитического источника энергии для осуществления мышечной деятельности.

Самое главное, что при напряженной мышечной работе меняются все три обстоятельства, ведущие к изменению ДК, причем все три в одну сторону – увеличения ДК: окисляемые субстраты по мере увеличения интенсивности нагрузки все в большей мере представлены углеводами; вентиляционно-перфузионное отношение нередко возрастает, а активация гликолиза неминуемо приводит к появлению $HxCO_2$. В этом заключается вся сложность трактовки данных об изменении ДК при мышечной работе, однако знание о ДК дополняет полноту эргоспирометрического исследования.

7. Минутная вентиляция (VE) – параметр, отражающий количество воздуха, вентилируемого за 1 мин.

8. Вентиляционные эквиваленты Ve/VCO_2 и Ve/VO_2 . Под вентиляционным эквивалентом по кислороду принято понимать отношение вдыхаемого воздуха (л/мин) к количеству потребляемого кислорода (л/мин), а под эквивалентом по углекислому газу – отношение вдыхаемого воздуха (л/мин) к количеству выдыхаемого углекислого газа. Повышение дыхательных эквивалентов свидетельствует о повышении активности респираторной системы [1–4].

Целью исследования на данном этапе являлось изучение особенностей формирования функционального потенциала спортсменов-спринтеров и стайеров, специализирующихся в скоростном беге на коньках.

Для тестирования использовали велоэргометр Cyclus 2, который позволяет с точки зрения биомеханики движений осуществить комфортную посадку спортсмена относительно велосипеда и обеспечить оптимальную технику педалирования, а также дает возможность развивать максимальную

мощность усилий в процессе тестов как для велосипедистов, так и для конькобежцев. В процессе тестирования спортсмены имеют возможность использовать индивидуальную раму, подобранную в соответствии с индивидуальными антропометрическими особенностями для тренировочного процесса.

Для определения ключевых эргоспирометрических показателей использовали тест с постепенно повышающейся мощностью нагрузки на велоэргометре. Газоанализ осуществляли с помощью прибора Metamax. Начальная мощность нагрузки составила 120 Вт для мужчин и 90 Вт для женщин с последующим увеличением каждые 4 секунды на 1 Вт (15 Вт в минуту) вплоть до отказа от продолжения работы из-за усталости. Величину порогов определяли индивидуально по показателям газообмена.

В процессе обследования определяли следующие показатели внешнего дыхания и газообмена:

- VE (л/мин) – минутный объем дыхания (ВТРС);
- VO_2 (л/мин) – скорость потребления кислорода;
- VO_2 max (л/мин) – максимальная скорость потребления кислорода (МПК);
- VO_2 max /кг (мл/кг/мин) – относительное потребление кислорода;
- RQ – дыхательный коэффициент (VCO_2 / VO_2);
- Ve/VO_2 – вентиляционный эквивалент по кислороду рассчитывается как отношение легочной вентиляции к скорости потребления кислорода;
- VO_2 АЭП (л/мин) – скорость потребления кислорода на уровне порога аэробного обмена;
- VO_2 ПАНО (л/мин) – скорость потребления кислорода на уровне порога анаэробного обмена;
- VO_2 ПАНО % VO_2 max (%) – скорость потребления кислорода на уровне порога анаэробного обмена относительно VO_2 max;
- tкр (с) – время работы на уровне критической мощности;
- $W_{кр}$ (Вт) – критическая мощность нагрузки;
- индивидуальные зоны интенсивности по ЧСС (уд/мин) и мощности W (Вт, Вт/кг).

Сравнительный анализ ключевых спироэргометрических паттернов мощности и емкости аэробного и анаэробного энергообеспечения конькобежцев в зависимости от пола и специализации представлен в таблицах 1 и 2.

Аэробная производительность, в наибольшей степени определяющая общую выносливость спортсмена, характеризуется мощностью и устойчивостью функциональных систем, обеспечивающих доставку кислорода и субстратов окисления в условиях напряженной мышечной деятельности. Максимальная аэробная мощность определяется максимальным количеством кислорода, которое индивидуум способен потреблять за единицу времени.

В условиях спортивной деятельности результат в соревновании связан как с удельной величиной максимального потребления кислорода на единицу массы тела, так и со способностью длительно поддерживать высокие

величины потребления кислорода. Это свойство организма характеризует его аэробную емкость и может быть определено как функциональная устойчивость систем организма.

Таблица 1 – Сравнительный анализ показателей спироэргометрического исследования высококвалифицированных конькобежцев-стайеров и спринтеров (мужчины)

Параметр	Стайеры		Спринтеры	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Уровень критической мощности				
W _{макс.} , Вт	399,00	37,55	350,89	28,70
W _{макс.отн.} , Вт/кг	5,23	0,52	4,92	0,29
HR _{макс.} , уд/мин	197,04	5,60	200,86	7,62
Уровень МПК				
W, Вт	392,36	36,34	350,69	30,77
W _{отн.} , Вт/кг	5,14	0,53	4,94	0,40
V'O ₂ , л/мин	4,47	0,30	4,13	0,49
V'O ₂ отн., мл/мин/кг	58,60	5,66	57,39	4,82
V'E, л/мин	178,81	18,82	173,69	24,50
BF, цикл/мин	58,32	7,74	64,39	8,03
HR, уд/мин	195,89	5,13	200,06	8,10
Уровень ПАНО				
W, Вт	337,47	36,68	285,31	30,23
W _{отн.} , Вт/кг	4,42	0,54	4,00	0,33
V'O ₂ , л/мин	4,08	0,38	3,56	0,46
V'O ₂ отн., мл/мин/кг	53,13	5,87	49,42	5,31
V'E, л/мин	130,87	17,03	110,44	19,50
BF, цикл/мин	44,47	5,86	43,58	9,12
HR, уд/мин	186,49	5,59	178,03	7,84

Таблица 2 – Сравнительный анализ показателей спироэргометрического исследования высококвалифицированных конькобежцев-стайеров и спринтеров (женщины)

Параметр	Стайеры		Спринтеры	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Уровень критической мощности				
W _{макс.} , Вт	335,96	34,20	263,20	18,77
W _{макс. отн.} , Вт/кг	5,35	0,65	4,62	0,46
HR _{макс.} , уд/мин	191,43	7,54	197,00	8,91
Уровень МПК				
W, Вт	323,07	31,30	259,80	20,69
W _{отн.} , Вт/кг	5,14	0,60	4,56	0,46
V'O ₂ , л/мин	3,41	0,39	2,83	0,22

Продолжение таблицы 2

Параметр	Стайеры		Спринтеры	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
$V'O_{2,отн.}$, мл/мин/кг	54,43	7,02	50,05	5,27
$V'E$, л/мин	128,93	14,14	107,85	19,19
BF, цикл/мин	57,14	9,92	54,65	11,93
HR, уд/мин	189,79	7,53	196,35	9,10
Уровень ПАНО				
W, Вт	280,29	41,78	215,65	14,08
Wотн., Вт/кг	4,46	0,72	3,78	0,35
$V'O_2$, л/мин	3,09	0,41	2,57	0,18
$V'O_{2,отн.}$, мл/мин/кг	49,04	6,77	45,10	3,95
$V'E$, л/мин	97,93	12,26	74,25	9,55
BF, цикл/мин	45,71	10,05	36,10	9,98
HR, уд/мин	181,61	4,32	178,30	6,38

Анализируя результаты собственных исследований, следует отметить, что белорусские спортсмены – представители конькобежного спорта различных половозрастных групп обладают средним уровнем МПК, характерным для спортсменов циклических видов спорта.

Зоны интенсивности определяли на основании вентиляционных порогов. Именно этот подход мы использовали для расчета индивидуальных зон интенсивности белорусских конькобежцев. Для выделения вентиляционных порогов выделяют 5 основных методов (Amann et al., 2004):

- RER (дыхательный коэффициент) = 1, ПАНО или А_нП;
- RER = 0,95, аэробный порог А_эП;
- VE/VO_2 : the power output corresponding с систематическим ростом в VE/VO_2 без соответствующего роста в вентиляционном эквиваленте углекислого газа;
- V-slope метод – мощность круто возрастает для VCO_2 по сравнению с VO_2 ;
- мощность, при которой ясно наблюдается первая точка излома (начало роста в VE/VCO_2) [3–4].

В конькобежном спорте в подготовительном периоде как спринтеры, так и стайеры закладывают базу общей выносливости и выполняют значительный объем тренировочной нагрузки в аэробной и смешанной аэробно-анаэробной зоне энергообеспечения. В связи с этим в мужской выборке для стайеров МПК находится на уровне 59 ± 5 мл/мин/кг, а для спринтеров – 57 ± 4 мл/мин/кг. ЧСС на уровне анаэробного порога у стайеров находится на уровне 186 ± 6 уд/мин, а у спринтеров – 178 ± 8 уд/мин. В дальнейшем, после блока силовой подготовки, в преддверии соревновательного периода происходит сужение объемов нагрузки и делается акцент на развитие специальной выносливости спринтеров и стайеров.

В женской выборке МПК у стайеров равно 55 ± 7 мл/мин/кг, ЧСС на уровне ПАНО – 182 ± 4 уд/мин, у спринтеров МПК – 50 ± 5 мл/мин/кг, ЧСС на уровне ПАНО – 178 ± 6 уд/мин.

В представленном материале нами показаны общие тенденции в формировании адаптационных изменений в процессе тренировки спринтеров и стайеров, специализирующихся в конькобежном спорте. Индивидуальный подход в определении зон интенсивности для каждого спортсмена по показателям ЧСС и мощности позволяет тренеру оптимизировать планирование тренировочных нагрузок в определенных зонах энергообеспечения, что способствует лучшей их переносимости и поддержанию высокого функционального потенциала на всех этапах подготовки.

1. Методические рекомендации «Использование стационарной и мобильной аппаратуры для получения индивидуальных параметров спортсмена во время тренировочных нагрузок в различных видах спорта, входящих в олимпийскую программу». – Режим доступа: http://sportfiction.ru/upload/iblock/886/589153be_e870_4a5d_8285_5f7ab9411222.pdf. – Дата доступа: 12.09.2023.

2. Методические рекомендации по комплексному алгоритму сбора, хранению и использованию данных медико-биологической диагностики спортсменов высокой квалификации. – Режим доступа: http://sportfiction.ru/upload/iblock/ab8/bf52cf4a_6366_41c9_be02_44e9ea2b0272.pdf. – Дата доступа: 14.09.2023.

3. Методические рекомендации по анализу распределения тренировочной нагрузки по зонам интенсивности у спортсменов в видах спорта на выносливость с применением математических методов. – Режим доступа: http://sportfiction.ru/upload/iblock/deb/14b58aa0_82c5_43dd_9750_a3987a42be7e.pdf. – Дата доступа: 14.09.2023.

4. Недоцук, А. И. Влияние частоты педалирования на мощность анаэробного порога / А. И. Недоцук, А. И. Лаптев // Вестник спортивной науки. – 2021. – № 6. – С. 18–24.

Борщ М.К.,

Парамонова Н.А., канд. биол. наук, доцент

Белорусский государственный университет физической культуры,
Минск, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ СПОРТИВНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС КОНЬКОБЕЖЦЕВ

Аннотация. В статье представлены результаты анализа морфофункционального статуса спортсменов, специализирующихся в скоростном беге на коньках. Выявлены особенности в соотношении костного, мышечного и жирового компонентов массы тела в зависимости от спортивной