

СПИРОМЕТРИЧЕСКИЕ И КАРДИОПУЛЬМОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ ЮНИОРОВ В ПОСЛЕСОРЕВНОВАТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ В УСЛОВИЯХ ПОКОЯ И МОДЕЛЬНОЙ ЭРГОМЕТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

А.П. Исаев, В.В. Эрлих, В.В. Епишев, Ю.Б. Хусаинова, В.А. Демидов
Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Современный спорт выдвигает на первый план выдающихся спортсменов со своими специфическими индивидуальными способностями и возможностями. Это требует от спортивных педагогов разработки индивидуальных программ тренировки, средств восстановления. Естественно, что адаптивно-компенсаторные изменения будут сугубо индивидуальны, так как они детерминированы двигательными действиями адекватными психофизиологическому состоянию, функциональным, молекулярно-клеточным процессам и иммунологической резистентности.

В этой связи правомерно ставится вопрос об индивидуальных стратегиях адаптации, которые порою значительно отличаются от модельных, групповых значений. Исходя из этого можно заключить, что в спорте высших достижений наряду с групповыми полифункциональными, метаболическими оценками, иммунологической резистентности необходимо выявлять индивидуальные процессы реагирования на применяемые воздействия.

Ключевые слова: аэробные нагрузки, митохондрии, капилляры, функция внешнего дыхания, коэффициент газообмена, образование CO_2 , потребление O_2 , должные величины, индексы Тиффно, Генслера, эргометрическая нагрузка, мощность нагрузки, АИП, индивидуализация, референтные границы.

Для оценки функции внешнего и тканевого дыхания применялся телеметрический диагностический аппарат фирмы JAEGER OXYCON MOBILE (ФРГ).

В данной статье приведены индивидуальные данные ведущих лыжников-гонщиков ЮУрГУ и сборной Челябинской области.

Обследовались спортсмены в возрасте 19–21 года. Исследование проводилось в дни отдыха. Из числа обследуемых спортсменов ($n = 12$) приводим наиболее характерные портретные характеристики ведущих мастеров и кандидатов в мастера спорта.

Изучались газообменные объемные характеристики во время нагрузки. У КМС Х.А. ключевые морфометрические характеристики составили: длина тела – 172 см, масса тела – 68 кг, индекс массы тела – 22,97 кг/м². Ключевые спирометрические характеристики (ПРЕ): ЖЕЛ на вдохе и выдохе соответственно равнялось 7,22 и 6,65 л (140,51 и 129,25 %). Резервный объем вдоха и выдоха был 2,79 и 2,13 л. Объем форсированного выдоха за 0,5 с составил 5,49 л (131,42 % от должного). ФЖЕЛ до пробы 5,24 л (111 %), после – 6,36 л (129,44 % от должного).

Индекс Тиффно равнялся 76,05 % (91,95 %), а Генслера 86,32 %. Значение МОС 25, 50, 75 %

соответственно были 8,98; 5,90; 1,64 л/с (от должных – 109,54; 109,34; 65,82 %). Объем форсированного выдоха равнялся 4,18–5,49 л (131,42 %). Дыхательный объем составил 0,66 л (135,14 %). Частота дыхания была 13,81 акт./мин (69,03 %). Пиковая объемная скорость равнялась 8,25 (86 %), 9,13 л/с (111 %).

Максимальная вентиляция легких была 197,99 л/мин. Частота дыхания при МВЛ составляла 58,25 акт./мин. Отношение ОФВ/ПОС составило 1,12 ед.

Метаболический эквивалент спортсмена равнялся потреблению 5,9 мл O_2 на 1 кг массы тела в минуту. В контроле этот показатель у мужчин составляет 3,5 ед. Метры используют для определения интенсивности нагрузок. В настоящей функциональной пробе низкая интенсивность (50–100 Вт) соответствовала 3–4 метам, средняя – 6–8 метам (160 Вт) и высокая составляла 10 метов (260 Вт).

Объем форсированной ЖЕЛ (выдоха) за 1 с варьировал от 4,32 (100,3 %) до 5,49 л (127 %). Значения ММЕФ варьировали от 4,03 (81 %) до 4,73 у. е. (117 %). Дыхательный объем при МВЛ равнялся 3,32 л. Отношение ОФВ1 к ПОС составило 0,72 ед.

Из показателей OXYCON MOBILE (JAEGER) приводим ряд значений Cardio Pulmonary Exercise

Testing. Воздух, которым мы дышим, состоит на 79,04 % из азота (N_2), на 20,93 % из кислорода (O_2), на 0,95 % из аргона и на 0,05 % из диоксида углерода (CO_2). Общее парциальное давление азота (P_{N_2}) в условиях равнины будет 600,7 мм рт. ст., кислорода – 159,00 мм рт. ст., CO_2 – 0,3 мм рт. ст. При ступенчатой велоэргометрической нагрузке околопредельного характера (12 мин) при максимальной мощности 4-й ступени 260 Вт (I – 50; II – 120; III – 180; IV – 260 Вт). Каждая ступень составляла 3 минуты и число педалирования 60 об/мин. При этом у КМС по лыжным гонкам ЧСС равнялась 173 уд./мин или 87 % от предела максимума. Отношение образования CO_2 и O_2 – газообменный коэффициент (RER) составило 1,28 у. е., что свидетельствует о лактицидозе. МПК на кг массы тела равнялось 45,2 мл/кг, что составляет от должного 102,00 %. Метаболическая единица составила 12,9 у. е., частота дыхания равнялась 58 акт./мин (139 % от должной). Отношение потребления O_2 к ЧСС составило 17,9 мл и 123 % от должного (референтные границы 10–20 мл). Максимальная легочная вентиляция была 161 л/мин (122 % от должной). Отношение объема вентилируемого воздуха к потреблению O_2 представляет собой вентиляционный эквивалент по кислороду (VE/VO_2). У обследуемого EqO_2 равнялось в конце пробы 49,6 у. е. (вентиляционный эквивалент по кислороду). Полученный индекс свидетельствует, что резкое усиление вентиляции без соответствующего увеличения потребления O_2 отражает потребность выделять избыточное количество CO_2 . У обследуемого спортсмена анаэробный порог (АнП) вследствие увеличения VE/VO_2 несколько повышался, так как отношение VE к VCO_2 составило 0,04 у. е. Между дыхательным и лактатным порогом обнаружены различия, составляющие 8 % от VO_2 max. При больших нагрузках лимитирующим фактором становится конкуренция дыхательных и скелетных мышц за приток крови и за O_2 .

Сатурация (насыщение гемоглобина O_2) в конце околопредельной нагрузки составила 99 %. Содержание CO_2 равнялось 3906,0 мл/мин. Максимальное потребление кислорода составило 3083,0 мл и 102 % от должного. Запас дыхания (BR %) последовательно снижался до 4 мин 30 с нагрузки. Затем после повышения на 3 % наблюдался новый спад значений BR (5–8 мин). С 8 мин 30 с продолжилось увеличение BR на 4 % с последующим снижением показателей к 10-й мин. После этого выявился резкий подъем значений BR соответственно к 10–11-й мин 30 с на 28 и 42 %. На 11–12-й мин запас дыхания последовательно снижался.

Следовательно, в значениях BR выявлялись четыре каскада подъема и адекватного снижения показателей согласно фазам: вработывания, снижение работоспособности, устойчивого состояния и снижение работоспособности.

Отношение МВЛ к потребляемому кислороду составило 51,94 у. е., а углекислому газу (CO_2) – 40,66 у. е. Процесс вработывания длился 5 мин.

При этом значения ЧСС варьировали от 80 до 115 уд./мин. Относительное устойчивое состояние (вариабельность ЧСС 129–142 уд./мин) длилось с 5 мин 30 с до 8 мин работы на велоэргометре. Истинное устойчивое состояние длилось 2 мин (с 6 мин 30 с до 8 мин 30 с). Затем показатели ЧСС с 9 мин нагрузки вариативно колебались с волнами подъема и спада, составляя к 11 мин 30 с до 12 мин соответственно 172 и 173 уд./мин. В значениях МОД вработывание продолжилось до 5 мин 30 с, а устойчивое состояние длилось 2 мин (с 6 мин 30 с до 8 мин 30 с), а затем наступила десинхронизация со значительными колебаниями МВЛ. Почти аналогично с небольшими вариациями во времени подвергались вработыванию значения RER, $VO_2/кг$, O_2/HR , VO_2 , VCO_2 . Более короткий временной промежуток вработывания (3 мин 30 с) был в показателях EqO_2 . Устойчивое состояние равнялось 2 мин (с 3 мин 30 с до 5 мин 30 с) и затем показатели варьировали от 28,2 до 49,6 у. е. Наибольшим сдвигам подвергались при нагрузке значения $EqCO_2$, которые в течение двух минут работы снижались и затем в течение 6 мин 30 с были маловариативны (до 8 мин 30 с). После этого показатели $EqCO_2$ изменялись с фазами стабильно-вариативными (рис. 1).

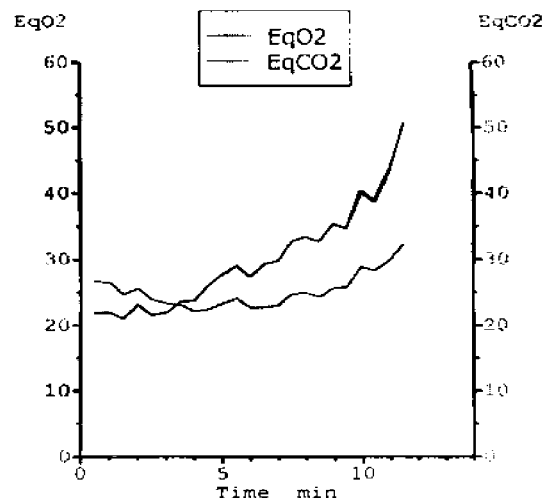


Рис. 1. Соотношение EqO_2 к $EqCO_2$

Резкое снижение VCO_2 и VO_2 от 10 мин до 10 мин 30 с вероятно связано с потреблением O_2 и образованием CO_2 в митохондриях в связи с резким утомлением обследуемого. Возможно, что VCO_2 оказался ниже истинной продукции CO_2 . Это связано с его использованием для восстановления бикарбонатного пула [1]. В этот же временной промежуток резко падала МВЛ, что и послужило снижению VCO_2 и VO_2 . Скорость образования CO_2 и скорость выхода O_2 тесно коррелируют друг с другом [4]. Это подтверждает точку зрения о том, что более низкое VCO_2 является результатом меньшего продуцирования CO_2 митохондриями, а не просто результатом снижения МВЛ и/или меньшего метаболического ацидоза при мышеч-

ной работе. Снижение продуцирования CO_2 обусловлено снижением утилизации углеводов и повышением использования жиров в качестве источника энергии для обеспечения сократительной активности мышц [4]. Следовательно, при мышечной работе происходит снижение скорости образования CO_2 в митохондриях и это является результатом снижения окисления углеводов и повышения утилизации жиров.

Дисбаланс между гликолизом и митохондриальным дыханием одна из причин повышения концентрации лактата [3], гипоксии или ишемии ткани, а также активации большого количества быстрых гликолитических волокон, в которых в основном образуется лактат. По мнению автора [1], лактат может превращаться в печени в пируват и в цикле Кори принимать участие в синтезе глюкозы.

Дыхательный порог (соотношение между выработкой CO_2 и потреблением O_2 на клеточном уровне) развивается вследствие ацидоза (снижение pH и увеличение CO_2), возникающего после достижения лактатного порога. При нагрузках аэробного характера сжигается больше жиров и сохраняются запасы углеводов (гликогена). В процессе тренировок отодвигается момент развития ацидоза и формируется повышенная устойчивость к нему. Развитие выносливости детерминировано также увеличением в мышцах плотности капилляров и митохондрий, волокон типа II, содержащихся в мышцах триацинглицерина, с использованием липидов в качестве энергообеспечения при двигательных действиях (ДД) субмаксимальной интенсивности [2]. Дыхательный насос существенно возрастает при мышечной работе, когда частота и глубина дыхания значительно повышаются. При ДД возрастает МВЛ, что тесно сопряжено со скоростью метаболизма и скоростью образования CO_2 . Повышение PO_2 , температуры и концентрации водородных ионов снижают сродство гемоглобина к кислороду, в связи с чем кислород легче отдается тканям. Поступает кислород в митохондрии, где PO_2 очень низкое. Поддержание высокого градиента PO_2 способствует более быстрой диффузии для его утилизации тканями. Для достижения высокого потребления O_2 очень важным является эффективность функционирования систем, обеспечивающих перенос O_2 из атмосферы к митохондриям работающих мышц. Исследование выявило при завершении соревновательного периода переходное состояние обратимых адаптивно-компенсаторных сдвигов. Потребление кислорода (мл/кг) маловариативно, но последовательно возрастало с началом работы на велоэргометре и до 5 мин 30 с, затем шло последовательное маловариативное повышение ПК до 9 мин 30 с. Кислородный дефицит проявлялся с 10 до 10 мин 30 с работы. Он наблюдался в течение первых минут работы (1 мин 30 с).

Возрастающая рабочая нагрузка вызывала увеличение потребления АТФ. Из наших данных следует, что относительное ПК у обследуемых

КМС не линейно связано с мощностью выполняемой нагрузки, а носит ступенчатый (каскадный) характер. Подвергается сомнению, что $\text{VO}_2 \text{max}$ является показателем степени адаптивности кардиореспираторной системы (КРС). Величина $\text{VO}_2 \text{max}$ зависит от способности ССС переносить O_2 к работающей мышце, ее способности поглощать кислород и использовать его для аэробного синтеза АТФ. В этой связи важно знать резервы пульса (HRR), которые варьируют во время эргометрической нагрузки от 25 до 86 уд./мин.

Расчет интенсивности физической нагрузки (ФН), проведенный по формуле Карвонена, в соотношении с реальной ЧСС составил 102,41 %.

Рассмотрев формализованные портретные характеристики ФВД и газообмена у КМС, дав интерпретацию полученных данных, мы приступили к анализу результатов исследования кардиопульмональной системы у мастера спорта М.А. с его специфическими портретными данными.

Следует отметить, что у всех обследуемых лыжников-гонщиков высокой квалификации выявлялся низкий уровень относительного МПК и находящиеся в референтных границах показатели ФВД и газообмена. Вполне возможно, что адаптивно-компенсаторные процессы, определяющие физическую работоспособность, находятся на уровне молекулярно-клеточных процессов в митохондриях и капиллярах скелетных мышц.

Мастер спорта М.А. имел длину тела 175 см, массу тела – 70 кг, индекс массы тела составил 22,88 кг/м², т. е. находился в границах нормального пищевого статуса. Дыхательный объем в покое варьировал в трех попытках от 0,94 до 0,79 л и 0,86 л, составляя от должного 174,87 %. Частота дыхания равнялась 9,49; 10,81; 9,95 циклов в минуту. При этом МОД составил 8,89; 8,53; 8,59 л/мин (10,71 л должный: 82,99 %), ЖЕЛ вдоха: 6,01; 5,96; 5,99 л (5,57 л должный: 107,92 %), ЖЕЛ выдоха варьировала в диапазоне 6,32; 6,11; 6,26 л (5,57 л должный: 113,54 %).

Значения ФЖЕЛ составили 6,32; 6,11; 5,26 л (116,85 %). Резервный объем (Ровдоха) был 2,62; 2,33; 2,67 л (154,50 л), Ровыдоха равнялся 2,76; 2,99; 2,79 л. Показатель объема форсированного выдоха за 1 с ОФВ1 составил 5,18 л (115,53 %). Индекс Генслера равнялся 83,29 %, а индекс Тиффно 81,89 % (99,01 %). Значения МОС25 были 7,35 л/с (85,68 %), МОС50 – 6,26 л/с (110,60 %), МОС75 – 2,62 л/с (97,73 %). Пиковая объемная скорость (PEF) равнялась 9,12 л/с (90,56 %). Отношение средней объемной скорости (СОС) к пиковой объемной скорости (ПОС) равнялось 0,88 л, МВЛ составила 168,19; 186,34 и 175,24 л/мин (118,16 %). Дыхательный объем при МВЛ был 3,29; 2,50; 2,39 л, и частота дыхания равнялась 51,17; 74,66; 73,32 акт./мин. Отношения FEV PEF составили 0,88 л, а отношение FET PEF 0,10 с к мгновенной скорости выдоха (MMEF 75/25) было 5,12 с (100,36 % от должного).

Минутный объем дыхания в период 12-минутной нагрузки варьировал ступенчато до 7 мин 30 с. При этом первый шаг составил 18–50 л (4 мин), второй – 50–70 л (4 мин 30 с – 5 мин 30 с). Третий шаг почти линейного увеличения МОД варьировал от 70 до 190 л/мин (7 мин 30 с – 12 мин). Частота сердцебиения изменилась от 75 уд./мин вариативно с пиками на 4-й мин (120 уд./мин). На 6-й минуте (135 уд./мин) и 12-й мин (180 уд./мин). Кислородный пульс варьировал от 35 мл/уд. до 15 мл (3 мин 30 с) и 18 мл/уд. на 12-й мин нагрузки. Потребление VO_2 повышалось почти линейно до 4-й минуты от 500 до 2160 мл. Новый шаг подъема составил 2900 мл (7 мин) и в конце нагрузки – 5100 мл (12 мин). Выделение VCO_2 (л/мин) от 180 до 500 мл и 188 мл.

Частота сердцебиений варьировала от 72 до 183 уд./мин, а VCO_2 от 500 до 4600 мл/мин. Функционирование этих показателей развивалось по возрастающей до пересечения на высшем уровне их проявления. Шло постепенное сужение коридора между значениями HR и VCO_2 .

Отношение МОД и VO_2 характеризовалось конфигурацией кривой с формализованными величинами от 27 ед. в начале нагрузки с повышением показателя до 30 ед. на 7-й мин пробы и ступенчатым подъемом до 35 ед. к 9-й мин воздействия. Вторая ступень повышения составила 40 ед. на 10-й мин и к 12-й мин достигла 57 ед. VO_2 . На этом фоне отношение МОД и объема выделяемого углекислого газа варьировало от 32 ед. на 1-й мин работы со спадом до 23 ед. на 4-й мин относительной стабильностью с 5-й по 9-й мин в диапазоне 23–24 ед. и резким увеличением показателя с 10-й по 12-ю мин с 25 до 35 ед. Коэффициент газообмена (RER) колебался в диапазоне 0,88 ед. в начале нагрузки и приблизился к 1,0 ед. через 90 с. Затем значения RER пошагово повысились, достигая 1,18 ед. к 4-й мин, 1,20 – к 5-й, 1,30 – к 7-й, 1,40 – к 9-й и 1,6 – к 12-й мин функциональной пробы.

Следовательно, функциональная эргометрическая четырехступенчатая проба вызывала повышение коэффициента газообмена в 1,82 раза по сравнению с началом нагрузки (рис. 2).

Значения $V_{\text{тех}}$, отражающие информационное пространство МОД выдоха и вдоха, свидетельствуют о том, что показатели ступенчато колебались от 0,70 ед. и 25 л/мин в начале нагрузки. Затем значения повысились до 1,50 ед. и 45 л/мин. Следующим шагом повышения явилось 2,5 ед. и 75 л/мин, 2,8 ед. и 100 л/мин. После этого наблюдалось незначительное повышение показателя от 3 до 3,25 ед. и 190–200 л/мин.

Показатели $PETO_2$ колебались от 14 до 12,9 кПа на 1-й мин. Со второй минуты значения последовательно возрастали от 13,2 до 14,00 кПа к 8–9-й мин и еще более резко увеличились к 10–12-й мин, составляя кПа. В это же время величина $PETCO_2$ варьировала от 5 кПа, поднимаясь на 1-й мин до 6 кПа. С 3-й по 8-ю мин показатели относительно стабилизировались (6,2–6,3 кПа) и с 9-й мин снижались до 5 кПа к 12-й мин нагрузки.

Выполненная мощность нагрузки составила на 4-й ступени 265 Вт; МВЛ – 175 л/мин; VO_2 – 3191 мл (96 % от предельной – 3312 мл). Потребление O_2 на кг массы тела равнялось 45,60 мл/мин/кг (103 %). Коэффициент газообмена (RER) составил 1,59 ед., что свидетельствует о лактицидозе. Частота сердцебиения при максимальной мощности нагрузки была 182 уд./мин (92 % от предельной – 198 уд./мин.). Кислородный пульс при максимальной мощности нагрузки составил 135 мл/уд. и 109 % от предельного – 16,10 ед.

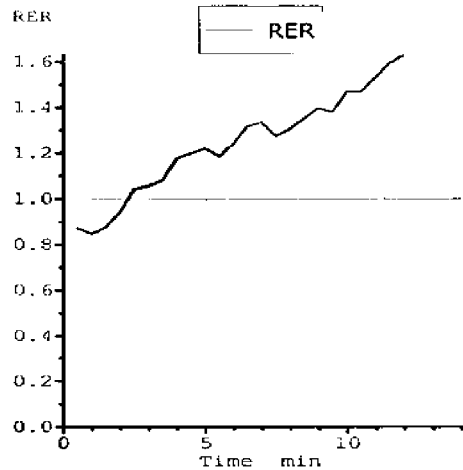


Рис. 2. Коэффициент газообмена при физической нагрузке

Анализ динамики ЧСС по минутам нагрузки выявил, что ЧСС последовательно повысилась на 1-й ступени от 75 до 102 уд./мин, значительно – от 2 мин 30 с до 3-й мин соответственно 93 и 102 уд./мин. Согласно повышению мощности нагрузки, значения ЧСС (HR) возрастали до 114 и 119 уд./мин от 3 мин 30 с до 4-й мин, затем отмечался спад ЧСС до 114 уд./мин (4 мин 30 с) с последующим последовательным повышением до 118, 125 и 131 уд./мин от 5-й к 6-й мин соответственно. На 3-й ступени от 6 мин 30 с до 7 мин 30 с значения ЧСС были относительно стабильными 138–139 уд./мин. Резкое увеличение ЧСС произошло с 8-й по 9-ю мин соответственно 151, 155, 160 уд./мин. На 4-й ступени нагрузки показатели HR последовательно возрастали с 163 до 179 уд./мин. Значения МОД на 1-й ступени последовательно увеличивались с 17 до 37 л/мин, на 2-й ступени нагрузки изменялись вариативно с подъемами от 46 до 53 л/мин (3 мин 30 с – 4 мин), спадом показателя до 49 л/мин (4 мин 30 с) и последовательно повышались до 54, 58, 67 л/мин. На 3-й ступени после падения МОД в течение 6 мин 30 с – 7 мин 30 с от 75 до 73 и 71 л/мин наблюдалось резкое увеличение значений, которые составили 84, 94 и 104 л/мин. На 4-й ступени МОД возрастало существенно во время нагрузки соответственно составляя 111, 129, 139, 152, 175, 188 л/мин. Запас дыхания последовательно снижался с 91 до 79 % в конце 1-й ступени. На 2-й ступени в течение 30 с снижался с 74 до 71 % и затем повышался до 73 %

с последующим последовательным снижением до 63 %. На 3-й ступени при относительной последовательности увеличения показателей 58, 59, 61 % (6 мин 30 с – 7 мин 30 с) произошло резкое падение значений до 54, 48, 42 %. Резкое падение показателей выявлялось на 4-й ступени с 9 мин 30 с до 11-й мин соответственно 39, 20, 23, 16 – 4 %. Потребление VO_2 (мл/мин) последовательно по секундам возрастали, составляя 545 ед., 751, 913, 1084, 1237, 1395 мл/мин в конце 1-й ступени нагрузки. На 2-й ступени показатели увеличивались с 1765 до 1850 мл/мин, затем снижались, составляя 1726, 1759 мл/мин с режим подъемом до 1985 и 2230 мл/мин в конце 2-й ступени нагрузки. На 3-й ступени отмечалось снижение значений с 2274 до 2219 мл/мин с последующим повышением с 2241, 2531, 2720 и 2755 мл/мин в конце пробы. На 4-й ступени показатели возрастали, составляя 2955, 2974, 3089, 3121, 3191 мл/мин и незначительно уменьшились на 12-й мин нагрузки до 3185 мл/мин.

Значения VCO_2 последовательно повышались на 1-й ступени соответственно с 477, 638, 804 мл/мин и режим подъемом со 2-й мин – 1025, 1290, 1474 мл/мин в конце. На 2-й ступени показатель вырос с 1912 до 2177 мл/мин с падением 4 мин 30 с до 2069 мл/мин и ростом показателей до 2148, 2355, 2729 мл/мин в конце 2-й ступени. На 3-й ступени с 6 мин 30 с до 7 мин 30 с показатели VCO_2 снижались, соответственно составляя 2994, 2962, 2858 мл/мин с последующим увеличением 3303, 3678 и 3845 мл/мин в конце ступени. На 4-й ступени показатели последовательно увеличивались: 4078, 4370, 4533, 4776, 5087 и 5193 мл/мин в конце пробы.

Значения газообменного коэффициента на 1-й ступени (3 мин) варьировали следующим образом: 0,87; 0,85; 0,88 (90 с) и затем резко увеличивались, составляя 0,95; 1,04; 1,06 ед. На 2-й ступени показатели повышались, равнясь 1,08; 1,18; 1,20; 1,22; 1,19; 1,24 ед. На 3-й ступени значения RER (respiratory exchange ratio) равнялись 1,32; 1,33; 1,28; 1,35; 1,40 ед. На последней ступени показатели последовательно повышались: 1,38; 1,47; 1,47; 1,53; 1,59; 1,63. Следовательно, выраженный лактидоз проявлялся на 3-й ступени работы.

Потребление VO_2 (мл/мин/кг) варьировало от 7,8; 10,7; 13,0; 15,5; 17,7; 19,9 на 1-й ступени. На 2-й ступени показатели колебались: 25,2; 26,4; 24,7; 25,1; 31,5 мл/мин/кг. На 3-й ступени значения VO_2 /кг были: 32,5; 31,7; 32,0; 36,2; 38,9; 39,4 мл/мин/кг. На последней ступени значения последовательно увеличивались: 42,2; 42,5; 44,1; 44,6; 45,6; 45,5 мл/мин/кг.

Кислородный пульс на первой минуте 1-й ступени колебался от 7,3 до 9,2 мл/уд. Затем наблюдалось повышение значений: 11,3; 11,5; 13,3; 13,7 мл/уд. На 2-й ступени показатель варьировал от 15,5 до 14,9 мл/уд. (3 мин 30 с – 5 мин) и повышался в конце ступени до 15,9 и 16,8 мл/уд. На 3-й ступени значения были относительно маловариативны с 6 мин 30 с до 8-й мин, составляя: 16,5;

16,1; 16,1; 16,8 мл. На 8 мин 30 с – 9-й мин показатели составили: 17,6 и 17,2 мл. На последней ступени в течение 30 с значения были относительно стабильны (18,1; 18,0; 18,1) и затем снижались от 10 мин 30 с до 11 мин 30 с с 17,8; 17,5 и повышались на 12 мин до 17,8 мл. Значения находились в референтных границах (10–20 мл/уд.), более 80 % от предсказанного максимального.

Итоговые результаты ЖЕЛ максимальной варьировали у спортсмена от 7,05 до 6,32 л (5,57 л должная). РОВыдоха равнялся 4,39 и 3,7 л (3,96 л), а РОВдоха 2,66 и 2,62 л (1,70 л должный). Форсированная ЖЕЛ составила 7,05 и 6,22 л (должная 5,32 л). Значения ОФВ1 варьировали от 5,67 до 5,18 л (должная 4,48 л). Индекс Тиффно был 80,42 и 81,89 % (82,71 % должный). Пиковая объемная скорость составила 11,61 и 9,12 л/с (10,07 должная). Значения МОС50 варьировали от 5,33 до 6,26 л (5,66 л) и МОС25 составили 2,61 и 2,62 л/с (2,68 л/с должный).

Таким образом, сравнение результатов исследования двух спортсменов выявило различия в дыхательном объеме, временных характеристиках фаз вработывания, наступлении устойчивого состояния утомления, пиковых значениях МВЛ. Частота дыхания, значения МОС75 (мелкие бронхи) были выше у КМС, а средних и крупных бронхов у МС. Существенно различались показатели газообмена (VO_2 , VCO_2 , коэффициент газового обмена) у представителей разной спортивной квалификации. Наблюдались различия в значениях запаса дыхания и пульса. Различные функциональные возможности выявлялись в абсолютных значениях ЧСС при оценке физической работоспособности и возможностях ССС по транспортированию O_2 к мышцам и их способностей поглощать кислород и энергетически использовать его в условиях МПК/кг.

Эти процессы можно объяснить более низким напряжением КРС в покое и во время нагрузки, экономизацией КРС, перераспределением и взаимозаменяемостью функций. Исключительно важна в обеспечении кислородом скелетных и дыхательных мышц величина дыхательного объема.

Литература

1. *Метаболизм в процессе физической деятельности / под ред. М. Харгривса. – М.: Олимп. лит., 1998. – 285 с.*
2. *Мохан, Р. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки: пер. с англ. / Р. Мохан, М. Глессон, П.Л. Гринхафф. – Киев: Олимп. лит., 2001. – 294 с.*
3. *Рафф, Г. Секреты физиологии: пер. с англ. / Г. Рафф; под общ. ред. Ю.В. Наточина. – М.: СПб.: Невский диалог, 2001. – 448 с.*
4. *Coggan, A.R. Effect of prolonged exercise on muscle citrate concentration before and after endurance training in men / A.R. Coggan, R.J. Spiner, W.M. Kohrt et al. // Am. J. Physiol. – 1993. – Vol. 275. – P. 215–220.*

Поступила в редакцию 31 мая 2011 г.