

Интегративная физиология

УДК 612+796.012.6

КЛЮЧЕВЫЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ, СПИРОГРАФИЧЕСКИЕ И КАРДИОПУЛЬМОНАЛЬНЫЕ ПОРТРЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕДУЩИХ СПОРТСМЕНОВ В ВОЗРАСТЕ 15–16 ЛЕТ В СОСТОЯНИИ ПОКОЯ И ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ В ПЕРИОД УЧАСТИЯ В СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ СОРЕВНОВАНИЯХ

В.В. Эрлих, А.П. Исеев, В.В. Епишев, Ю.Б. Хусаинова

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Проведены комплексные исследования на юных пловцах (девушки) в возрасте 15–16 лет ($n = 10$) спортивной квалификации: мастер спорта ($n = 3$), кандидат в мастера спорта ($n = 7$). Получены новые данные, характеризующие физиологические и молекулярно-клеточные изменения гомеостаза как в состоянии относительного покоя, так и во время телеметрической оценки физической работоспособности (ФР) и сопутствующих процессов кардиопульмонального спектра.

Ключевые слова: спирография, кардиопульмональные данные, велоэргометрия, телеметрия, скорость потребления кислорода и образующегося углекислого газа.

Длина тела обследуемых колебалась от 169 см до 179 см ($M = 174,00 \pm 1,12$ см), масса тела варьировала от 53 до 56 кг ($M = 54,50 \pm 0,34$ кг), индекс массы тела спортсменов составил $17,99 \pm 0,29$ кг/м². Последний показатель характеризует пищевой статус пониженного питания.

Спирометрические показатели в состоянии относительного покоя были следующие: дыхательный объем (VT) составлял $1,08 \pm 0,11$ л (156,03 % от должного); частота дыхания – $15,67 \pm 0,93$ акт./мин; минутный объем дыхания – $15,95 \pm 0,42$ л/мин (121,83 %); ЖЕЛ вдоха – $4,53 \pm 0,03$ л (106,97 %); ЖЕЛ выдоха – $5,44 \pm 0,09$ л (153,58 %); ФЖЕЛ – $5,36 \pm 0,12$ л; резервный объем выдоха – $2,07 \pm 0,23$ л (145,77 %); резервный объем вдоха – $1,29 \pm 0,05$ л; объем форсированного выдоха за 1 с – $3,88 \pm 0,04$ л (107,67 %), индекс Генслера – $76,98 \pm 0,51$ % (91,76 %), индекс Тиффно – $57,71 \pm 0,51$ % (71,40 %), MOC_{25} – $4,85 \pm 0,05$ л/с (69,91 %); MOC_{50} – $2,69 \pm 0,10$ л/с (63,09 %); MOC_{75} – $0,32 \pm 0,03$ л/с; $MMEF_{75/25}$ – $1,22 \pm 0,12$ л/с (38,98 %); FET – $4,25 \pm 0,19$ с; пиковая объемная скорость (PEF) – $5,45 \pm 0,03$ л/с (73,94 %); FEV к PEF – $0,69 \pm 0,05$ л; отношение FET к PEF – $0,12 \pm 0,01$ с, МВЛ (MVV) – $107,31 \pm 0,37$ л/мин (130,89 %), ДО при МВЛ – $1,19 \pm 0,03$ л; частота дыхания при форсированной МВЛ – $67,13 \pm 7,75$ акт./мин.

Следовательно, представленные значения функции дыхания пловцов характеризуют их высокие возможности. Следует отметить повышенные значения дыхательного объема в покое.

Для оценки ФР, функционального и молекулярно-клеточного состояния применялась повышающаяся четырехступенчатая нагрузка на тредмиле по 3 мин каждая. Скорость бега соответственно каждой ступени равнялась 6, 8, 10, 12 км/ч. В период восстановления скорость снижалась последовательно: 1 мин – 7 км, 2 мин – 4 км, 3 мин – 2 км/ч. Телеметрически регистрировалась через 30 с и ЧСС (HR), которая варьировала от 95 до 145 уд./мин, составляя в среднем $110,00 \pm 1,12$ уд./мин. Минутный объем дыхания варьировал от 10 до 15 л/мин, равняясь в средних значениях $13,00 \pm 0,56$ л/мин. Запас дыхания (BR) колебался от 89 до 94 %, составляя в среднем $91,00 \pm 0,56$ %. Потребление кислорода (VO_2) была в диапазоне 400–425 мл/мин, равняясь в среднем $415,00 \pm 2,81$ мл/мин, а образование углекислого газа (VCO_2) варьировало от 300 до 320 мл/мин, а в среднем $311,00 \pm 2,14$ мл/мин. Коэффициент газообмена (RER) составлял 0,70–0,80 ед. и в среднем $0,75 \pm 0,01$ ед. Значения потребляемого кислорода на 1 кг ($VO_2/\text{кг}$) колебались от 7,4 до 8,4 мл/мин/кг, а в среднем $7,80 \pm 0,11$ мл/мин/кг. Кислородный пульс (O_2/HR) составлял 3,6–4,0 мл, а в среднем $3,8 \pm 0,04$ мл. Отношение МОД к объему кислорода (EqO_2) варьировало от 26,0 до 26,4 ед., а в среднем было $26,2 \pm 0,04$ ед. Отношение МОД к объему образующегося CO_2 ($EqCO_2$) колебалось от 32 до 38 ед., составляя в среднем $35,00 \pm 0,67$ ед. Следующие данные кардиопульмонального исследования получили соответственно через 2, 4, 6, 8,

10, 12 мин нагрузки и в течение 3 минут релаксации при уменьшающейся скорости бега.

Так, через 2 мин нагрузки ЧСС составляла $129,00 \pm 1,9$ уд./мин; МОД $20,00 \pm 0,6$ л/мин; частота дыхания $27,00 \pm 0,9$ акт./мин; потребление O_2 $892,00 \pm 16,9$ мл/мин, а образование CO_2 $556,00 \pm 13,90$ мл/мин; коэффициент газообмена $0,62 \pm 0,02$ ед.; отношение МОД к объему O_2 $19,60 \pm 0,98$ ед., CO_2 $31,40 \pm 1,02$ ед.; запас дыхания $85,00 \pm 2,64$ %; SpO_2 (сатурация) $62,00 \pm 2,11$ %. Через 4 мин нагрузки значения ЧСС равнялись $139,00 \pm 2,02$ уд./мин; МОД $33,00 \pm 0,42$ л/мин; частота дыхания $21,00 \pm 1,30$ акт./мин; VO_2 $892,00 \pm 7,42$ мл/мин; VCO_2 $1072,00 \pm 7,96$ мл/мин; RER $0,89 \pm 0,03$ ед.; EqO_2 $24,00 \pm 1,03$ ед.; $EqCO_2$ $29,10 \pm 1,31$ ед.; BR $76,00 \pm 1,98$ %; SpO_2 $92,00 \pm 2,32$ %.

Через 6 мин нагрузки ЧСС составила $151,00 \pm 3,20$ уд./мин; МОД $46,00 \pm 1,72$ л/мин; частота дыхания $28,00 \pm 0,96$ акт./мин; VO_2 $1532,00 \pm 18,20$ мл/мин; VCO_2 $1527,00 \pm 16,02$ мл/мин; RER $1,00 \pm 0,02$ ед.; EqO_2 $28,00 \pm 1,63$ ед.; $EqCO_2$ $28,10 \pm 1,66$ ед.; BR $67,00 \pm 1,2$ %; SpO_2 $92,00 \pm 2,16$ %.

Следовательно, через 6 мин нагрузки увеличение ЧСС, МОД шло пропорционально мощности, а показатели VO_2 , VCO_2 выравнивались. Коэффициент газообмена на уровне легких сравнялся с дыхательным (ДК) на уровне клетки. По мнению Г. Рафф [1], RER отражает соотношение между выделением CO_2 и поглощением O_2 в легких, а дыхательный коэффициент (ДК) – на уровне клетки. В покое ДК равен RER. Следовательно, до 8-й мин реального закисления в процессах функционирования организма спортсменов не выявлялось. Утомление, вызванное доминированием VCO_2 над VO_2 , ярко проявлялось через 8 мин работы. В это время ЧСС составила $158,00 \pm 2,43$ уд./мин, МОД $59,00 \pm 1,03$ л/мин; частота дыхания $32,00 \pm 0,53$ акт./мин, VO_2 $1798,00 \pm 15,42$ мл/мин, VCO_2 $1905,00 \pm 17,64$ мл/мин; RER $1,10 \pm 0,03$ ед.; EqO_2 $32,00 \pm 0,78$ ед.; $EqCO_2$ $29,20 \pm 0,82$ ед.; запас дыхания (BR) $58,00 \pm 1,72$ %, SpO_2 $54,00 \pm 1,98$ %. К уровню анаэробного порога (АнП) ЧСС приблизилась через 10 мин работы с $175,00 \pm 1,82$ уд./мин. МОД равнялся $71,00 \pm 1,82$ л/мин, частота дыхания $39,00 \pm 0,98$ акт./мин, VO_2 $1931,00 \pm 17,64$ мл/мин, VCO_2 $2170,00 \pm 18,49$ мл/мин, RER $1,12 \pm 0,04$ ед., EqO_2 $34,80 \pm 0,98$ ед., $EqCO_2$ $30,90 \pm 0,92$ ед., BR $49,00 \pm 1,02$ %, SpO_2 $87,00 \pm 2,4$ %. Можно полагать, что адаптивно компенсаторные процессы детерминированы на уровне клетки (сатурация).

HR (ниже АнП), МОД (резко увеличилось), RER, EqO_2 и CO_2 .

Через 10 мин беговой нагрузки ЧСС равнялось $175,00 \pm 1,2$ уд./мин; МОД $71,00 \pm 0,92$ л; частота дыхания $39,00 \pm 0,82$ акт./мин; VO_2 $1931,00 \pm 16,32$ мл/мин; VCO_2 $2170,00 \pm 19,64$ мл/мин; RER $1,12 \pm 0,04$ ед.; EqO_2 $34,80 \pm 0,96$ ед.; $EqCO_2$

$30,90 \pm 0,87$ ед.; запас дыхания (BR) $49,00 \pm 0,94$ %, SpO_2 $87,00 \pm 1,12$ %; VO_2 /кг $36,40 \pm 0,72$ мл/мин/кг, SpO_2 $87,00 \pm 0,96$ %.

На 12-й мин нагрузки ЧСС была $142,00 \pm 2,14$ уд./мин; МОД $87,00 \pm 1,32$ л/мин; частота дыхания $42,00 \pm 0,94$ акт./мин; VO_2 $2190 \pm 17,89$ мл/мин; VCO_2 $2669,00 \pm 21,02$ мл/мин; RER $1,22 \pm 0,03$ ед.; EqO_2 $37,60 \pm 0,89$ ед.; $EqCO_2$ $30,90 \pm 0,79$ ед. Запас дыхания $38,00 \pm 0,69$ %; SpO_2 $91,00 \pm 1,68$ %.

Через 1 мин восстановления значения ЧСС снизились до $178,0 \pm 1,68$ уд./мин; МОД $80,00 \pm 1,32$ л/мин; частота дыхания $30,00 \pm 0,82$ акт./мин; резерв дыхания $50,00 \pm 0,96$ %; SpO_2 $90,00 \pm 1,04$ %; VO_2 $2052,00 \pm 14,32$ мл/мин; VCO_2 $2536,00 \pm 21,42$ мл/мин; RER $1,24 \pm 0,04$ ед.; VO_2 /кг $38,70 \pm 0,92$ мл/мин/об; O_2 /кг $11,5 \pm 0,49$ мл; EqO_2 $37,00 \pm 0,69$ ед.; $EqCO_2$ $29,90 \pm 0,43$ ед.; SpO_2 $90,00 \pm 0,98$ %.

Через 2 мин бега восстановительного ЧСС была $155,00 \pm 0,98$ уд./мин; МОД $62,00 \pm 1,24$ л/мин; резерв дыхания $56,00 \pm 0,98$ %; VO_2 $1378,00 \pm 14,66$ мл/мин; VCO_2 $1837,00 \pm 17,62$ мл/мин; RER $1,33 \pm 0,05$ ед.; VO_2 /кг $26,00 \pm 0,72$ мл/мин/кг; O_2 /HR $8,90 \pm 0,32$ мл; EqO_2 $42,30 \pm 1,04$ ед.; $EqCO_2$ $31,70 \pm 0,96$ ед.; SpO_2 $89,00 \pm 1,24$ %; частота дыхания $32,00 \pm 0,99$ акт./мин.

Через 3 мин восстановительного бега ЧСС равнялась $145,00 \pm 0,92$ уд./мин; МОД $44,00 \pm 1,20$ л/мин; резерв дыхания $68,00 \pm 1,32$ %; VO_2 $948,00 \pm 12,49$ мл/мин; VCO_2 $1134,00 \pm 13,47$ мл/мин; RER $1,20 \pm 0,03$ ед.; VO_2 /кг $19,80 \pm 0,79$ мл/мин/кг; O_2 /HR $7,30 \pm 0,29$ мл; EqO_2 $38,80 \pm 0,98$ ед.; $EqCO_2$ $32,40 \pm 0,86$ ед., SpO_2 $94,00 \pm 1,63$ %; частота дыхания $28,00 \pm 0,89$ метов/мин. Наблюдалось достоверное превышение значения МОД частоты дыхания, VCO_2 над VO_2 ($p < 0,01$). Показатели SpO_2 , RER, VO_2 /кг, O_2 /HR, EqO_2 , $EqCO_2$, BR не достигли фоновых данных.

Результаты изучения конфигурации кардиопульмональных данных исследования позволили заключить, что такие составляющие кардиопульмональной системы как МОД, ЧСС изменялись пропорционально возрастающей скорости бега пловцов. В то же время отмечалось ступенчатое увеличение ряда компонентов: VO_2 , VCO_2 , EqO_2 , $EqCO_2$, RER, $PETO_2$, $PETCO_2$.

Следует отметить, что диагностирующая, телеметрическая установка «Оксикон Мобайл» позволяла выявить временной «перекрест» в значениях потребляемого кислорода и образующегося углекислого газа с доминированием последнего. В режиме реального времени обнаруживается наступление утомления, вызванного все возрастающим образованием CO_2 . Это подтверждается пересекающимися кривыми отношения МОД к O_2 и CO_2 (EqO_2 , $EqCO_2$). При гипервентиляции значения RER остаются повышенными. Повышенные показатели дыхательного объема позволяли достигать высоких значений МВЛ при оптимальной скорости дыхания. Снижение активации клеток

каротидного синуса находилась на адекватном уровне пропорциональном скорости бега. Синергетическое взаимодействие углекислого газа и кислорода заключалось в том, что после 8-й мин нагрузки реакция системы дыхания на увеличение $V\text{CO}_2$ происходила при снижении CO_2 . Происходит выраженная стимуляция дыхания и в этом заключается синергизм в действии двух факторов. При этом парциальное давление O_2 колебалось с пиками подъемов и падений до 5-й мин нагрузки,

но последовательно повышалось во время бега, в значениях PETCO_2 – 4-й минуты бега выявлялась стабильность показателей до конца рабочей нагрузки. За 3 мин восстановительного бега парциальное давление CO_2 снижалось, не достигнув исходных данных.

Литература

1. Рафф, Г. Секреты физиологии / Г. Рафф. – М.; СПб.: Невский диалект, 2001. – 429 с.

Поступила в редакцию 22 июня 2011 г.