

КРОВОТОК, ЛЕГОЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ, ГАЗООБМЕН И СЕРДЕЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СПОРТСМЕНОВ-ОРИЕНТИРОВЩИКОВ НА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ ПОДГОТОВКИ К СОЦИАЛЬНО-ЗНАЧИМЫМ СОРЕВНОВАНИЯМ

А.П. Исаяев, А.В. Ненашева, Э.Э. Маматов
Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Кислородтранспортная система является интегративной составляющей доставки кислорода к скелетным мышцам и другим жизнеобеспечивающим органам и системам. На заключительных этапах подготовки к соревнованиям вышеуказанного уровня значимости обеспечивающих систем организма приходит с высоким уровнем готовности выполнять применяемые воздействия. В состоянии покоя, как правило, наблюдается снижение напряжения, экономизация, перераспределение функций для обеспечения готовности к предстоящей работе. Представлен анализ системного и церебрального кровотока, легочной вентиляции, газообмена и деятельности миокарда в условиях подготовки к соревнованиям. Полученная экспресс-информация позволяла своевременно корректировать функциональное состояние регламентаций тренировочных нагрузок, применением эффективных средств восстановления и при необходимости технологий реабилитации. По мере становления фаз адаптаспособности возрастала роль перераспределения функции кровотока, обеспечивающих спортивную работоспособность.

Ключевые слова: системное кровообращение, мозговой кровоток, функциональные механизмы и метаболизм мозга, легочная вентиляция, газообмен, производительность миокарда.

Обследовались на заключительном этапе подготовки к соревнованиям 12 МСМК, МС и КМС. С целью диагностики состояния применялся анализатор АМП (Киев, Украина). В первой серии исследования анализировалось системное и мозговое кровообращение спортсменов-ориентировщиков. Адресуясь к системному кровообращению, следует сказать о том, что эффективность адаптационно-компенсаторных реакций определяется скоростью энергетического обеспечения мышечной работы. Для спортсменов, развивающих специальную выносливость, необходимо применять технологии тренировки, заключающиеся в меньшем окислении углеводов и в большем использовании жиров. Истощение углеводов является ключевым фактором развития утомления. Однако роль соединительно-тканного источника, т. е. адипозной ткани по сравнению с мышечной, в дополнительной поставке СЖК остается неясной. При развитии выносливости заметно снижается плазменный клиренс глюкозы, глюконеогенез [3, 4]. Использование в тренировочном процессе (ТП) нагрузок, вызывающих развитие локально-региональной выносливости субмаксимальной аэробной мощности, субстратный метаболизм детерминированы, в основном, периферическими механизмами окислительной способности сокращающихся мышц [3], а МПК лимитировано центральным кровообращением [5]. Эти технологии позволяют сохранить

миокард в период высших напряжений в состоянии высокой работоспособности.

В табл. 1 представлены ранее указанные значения кровотока. Как видно из материала, кровоток скелетных мышц превышал референтные границы, а кровоток миокарда приближался к ним. Высокий уровень кровотока головного мозга свидетельствует о напряжении мозгового кровообращения, вызванного необходимостью дополнительного вовлечения нейронов в регуляцию мышечной деятельности.

Повышенная мозговая гемодинамика обеспечивает максимально возможное, адекватное состояние анализаторных систем, обеспечивающих переработку информации и принятие решения в двигательных действиях (ДД), характерных для спортивного ориентирования, и особенно противоборств (бокс, кикбоксинг, фехтование, спортивная борьба, тхеквандо и т. д.). Достигается необходимое, согласно динамической ситуации, возбуждение нервной системы и нейромоторного аппарата в частности. В случае перехода верхних значений мозгового кровообращения включаются релаксационные средства саморегуляции. Как было показано нами в предыдущих исследованиях, обеспечивается функционирование мелких артерий и артериол, снижается их тоническое сокращение, что исключительно важно для предотвращения мозговых нарушений [1]. Например, пред-

Интегративная физиология

ставители спортивных противоборств в связи с возможностью получения микротравм головного мозга, в том числе нарушений в артериальной системе, предрасположены к патофизиологическим сдвигам.

Мозговой кровотоком тесно связан с метаболизмом тканей и детерминирован концентрациями CO_2 , H^+ , O_2 . Углекислый газ, соединяясь с водой, образует угольную кислоту, которая диссоциирует

с формированием ионов водорода и вызывает расширение мозговых сосудов. Повышенные значения выявлялись в кровотоке остальных органов (кроме печеночно-портального, почечного), времени кровообращения большого круга. Низкие значения наблюдались в кровотоке кожи, кровотоке на 1 г мозговой ткани, в показателях сопротивления малого круга кровообращения, времени кровообращения малого круга кровообращения.

Таблица 1

Значения кровообращения у спортсменов-ориентировщиков высокой квалификации на заключительном этапе подготовки к соревнованиям

Показатель	М	$\pm m$	Диапазон нормы
Кровоток миокарда, %	4,5	0,23	4,32–5,02
Кровоток скелетных мышц, %	17,72	0,86	14,56–16,93
Кровоток головного мозга, %	14,62	0,44	12,82–14,30
Печеночно-портальный кровоток, %	24,31	0,54	20,28–29,84
Почечный кровоток, %	23,91	0,33	21,58–25,09
Кровоток кожи, %	6,79	0,03	7,90–9,19
Кровоток остальных органов, %	7,06	0,44	5,76–6,70
Кровоток миокарда, мл/мин	265,67	13,07	250,0–290,5
Кровоток скелетных мышц, мл/мин	1131,88	55,13	93,00–1081,40
Кровоток головного мозга, мл/мин	854,96	25,49	750,0–871,68
Печеночный кровоток, мл/мин	2026,41	8,40	1690,50–2488,39
Почечный кровоток, мл/мин	1584,08	21,55	1430,0–1662,60
Кровоток кожи, мл/мин	428,46	1,88	500,00–581,65
Кровоток остальных органов, мл/мин	398,51	97,72	375,00–553,34
Мозговой кровоток на 100 г ткани, мл/100 г	52,88	0,36	50–55
Кровоток на 1 г щитовидной железы, мл	4,22	0,26	3,70–4,30
Кровоток на 1 г мозговой ткани, мл	2,63	0,38	2,90–3,20
Давление спинномозговой жидкости, мм H_2O	106,74	7,89	90–145
Ширина III желудочка головного мозга, мм	4,97	0,74	4–6
Сопротивление малого круга кровообращения, дин/см/с	128,73	12,48	140–150
Центральное венозное давление, мм H_2O	118,01	59,51	70–150
Время кровообращения большого круга, с	27,90	6,26	16–23
Время кровообращения малого круга, с	4,00	0,63	4,0–5,5

Таблица 2

Мощность жизнеобеспечения и кардиопульмональные звенья спортсменов-ориентировщиков высокой квалификации

Показатель	М	$\pm m$	Диапазон нормы
Расходуемая мощность жизнеобеспечения, ккал/кг/мин	3,08	0,77	1,23–4,30
Скорость оксигенации, мл/мин	250,74	15,99	260–280
Поверхность газообмена, м^2	3609,26	68,21	3500–4300
Дефицит циркулирующей крови, мл	131,50	60,96	0–250
Жизненная емкость легких, см^3	5810,63	483,24	3500–4300
Легочная вентиляция, л/мин	8,96	1,28	4–12
Жизненный объем легких в фазе экспирации, (FRC) см^3	5222,39	748,99	–
Максимальный воздушный поток, л/мин	107,61	23,33	74–116
Тест Тиффно, %	90,04	5,36	70–80
Рабочий уровень потребления кислорода, %	61,96	1,72	45–60
Время однократной нагрузки, мин	16,28	2,14	3–10
Дыхательный коэффициент, у. е.	0,883	0,07	0,80–1,20
pH крови, у. е.	7,38	0,037	7,30–7,45
Объем циркулирующей крови, мл/кг	70,97	8,00	68–70
Минутный объем кровообращения, л/мин	4,21	0,07	3,50–4,80

Увеличение концентрации ионов водорода значительно угнетает нервную активность, а повышение кислотности вызывает повышение кровотока, способствующего вымыванию углекислого газа, ионов водорода у кислот, возвращает концентрацию ионов водорода к нормальному уровню. Таким образом, поддерживается нормальное нейронное функционирование головного мозга и обеспечивается нейромоторная активность.

Кислородтранспортная функция простирается, начиная с мощности жизнеобеспечения, скорости оксигенации, поверхности газообмена, pH крови. На оптимальном уровне находились pH, МОК расходуемой мощности жизнеобеспечения, дефицита циркулирующей крови, максимального возбуждаемого кровотока, дыхательного коэффициента. Значения времени однократной нагрузки, теста Тиффно, объема циркулирующей крови, ЖЕЛ превышали референтные границы. Перераспределение кровотока органного, кожного и остальных органов сохраняет гомеостаз спортсменов на целесообразном уровне.

Комментируя данные, представленные в табл. 2, необходимо отметить высокие значения индекса Тиффно, который повышается при «чистой» рестрикции. Это происходит при сниженной ЖЕЛ и устойчивой объемной скорости выдоха. При уменьшении ЖЕЛ и сохраненной бронхиальной проходимости этот показатель может несколько увеличиваться, что и наблюдалось в настоящих исследованиях.

В табл. 3 представлены значения газообмена и сердечной производительности.

Комментируя значения табл. 3, следует отметить повышенные показатели транспорта O_2 , потребление кислорода на 100 г ткани головного мозга, потребление O_2 , в том числе миокардом, выделение CO_2 , содержания CO_2 в венозной крови, значений интервала QRS, сокращения миокарда левого желудочка сердца, плотности крови. Низкие значения выявлялись в показателях насыщения артериальной крови кислородом, индексе тканевой экстракции O_2 , индексе сосудистой проницаемости, работе сердца в состоянии относительного покоя. Последнее можно объяснить снижением напряжения и экономизацией процессов. Повышенные значения газообмена свидетельствуют о целесообразной химической регуляции дыхания, раздражителями которой служит возбуждение хемочувствительных нейронов [1]. Значительный вклад в регуляцию вносит кислород и периферическая система хеморецепторов, стимуляция которых детерминирована снижением количества артериального кислорода и концентрации двуокси углерода и ионов водорода на активность хеморецепторов. Усматривается совокупное влияние PCO_2 , pH и PO_2 на альвеолярную вентиляцию.

Периферические рецепторы, расположенные на дуге аорты и разветвлении сонной артерии, реагируют, главным образом на изменение содержания O_2 , CO_2 , H^+ . Центральные хеморецепторы головного мозга влияют на изменения концентрации

Таблица 3

Потребление кислорода, продукция углекислого газа
и деятельность сердечно-сосудистой системы ориентировщиков

Показатель	M	± m	Диапазон нормы
Транспорт кислорода, мл/мин	1280,14	183,97	900–1200
Потребление кислорода на 100 г ткани головного мозга, мл/мин	4,60	1,40	2,80–3,40
Насыщение артериальной крови кислородом, %	96,92	0,69	95–98
Потребление кислорода на кг веса, мл/мин/кг	5,15	1,00	4–6
Потребление кислорода, мл/мин	276,26	52,09	200–250
Потребление кислорода миокардом, мл/мин	9,25	0,14	7–10
Индекс тканевой экстракции кислорода, мл	0,29	0,03	0,26–0,34
Выделение CO_2 , мл/мин	337,16	86,08	119–300
Суммарное содержание CO_2 в артериальной крови, %	37,21	4,39	32,50–46,60
Содержание CO_2 в венозной крови, %	60,09	2,22	51–53
Скорость продукции CO_2 , мл/мин	194,89	28,06	150–340
Индекс сосудистой проницаемости, у. е.	3,47	0,33	4,17–4,34
Сердечный выброс, мл	64,45	3,60	60–80
Интервал PQ, с	0,146	0,001	0,125–0,165
Интервал QT, с	0,37	0,005	0,36–0,40
Интервал QRS, с	0,108	0,003	0,07–0,10
Сокращение миокарда левого желудочка сердца, %	65,05	8,93	52–60
Артериальное давление систолическое, мм рт. ст.	111,75	4,75	–
Артериальное давление диастолическое, мм рт. ст.	74,36	1,15	–
Плотность плазмы, г/л	1052,69	1,04	1048–1055
Работа сердца, Дж	0,649	0,121	0,612–0,788

Интегративная физиология

диоксида углерода и H^+ . При повышении любой из этих переменных центр вдоха усиливает дыхание [2].

Таким образом, интегративная деятельность организма спортсменов на заключительном этапе подготовки к соревнованиям обеспечивается как синхронным проявлением звеньев кислородтранспортной системы, так и десинхронизацией, обеспечивающих сохранение динамического гомеостаза к главным стартам. Характеризуя в целом гомеостаз спортсменов, необходимо сказать о перераспределении функций их баланса, поддерживающим целостность организма и его физическую работоспособность.

Литература

1. Гайтон, А.К. *Медицинская физиология* / А.К. Гайтон, Дж.Э. Холл. – М.: Логосфера, 2008. – 1256 с.

Исаев А.П., заслуженный деятель науки РФ, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), tmfcs@mail.ru.

Ненашева А.В., доктор биологических наук, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), tmfcs@mail.ru.

Маматов Э.Э., соискатель кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск).

2. Уилмор, Дж.Х. *Физиология спорта и двигательной активности* / Дж.Х. Уилмор, Д.Л. Костил. – Киев: Олимп. лит., 1997. – 503 с.

3. *Altered sarcoplasmic reticulum function after high intensity exercise* / S.K. Burd, L.J. McCutcheon, D.R. Hodgson, P.D. Collnik // *J. Appl. Physiol.* – 1989. – Vol. 67. – P. 2072–2077.

4. *Clarce, D.M. Functional consequences of alterations of amino acids located in the nucleotide-binding domain of Ca^{2+} -ATF of sarcoplasmic reticulum* / D.M. Clarce, T.W. Loo, D.H. Mc Lennan // *J. Biol. Chem.* – 1990. – Vol. 265. – P. 14088–14092.

5. *Pette, D. Altered gene expression in fast-twitch muscle induced by chronic low-frequency stimulation* / D. Pette, S. Dusterhoft // *Am. J. Physiol.* – 1992. – Vol. 262. – P. 333–338.

6. *Hochachka, P.W. Muscles as molecular and metabolite machines* / P.W. Hochachka. – Boca Raton, FL: CRC Press, 1994. – P. 69–93.

Bulletin of the South Ural State University
Series “Education, Healthcare Service, Physical Education”
2013, vol. 13, no. 3, pp. 19–22

BLOOD FLOW, PULMONARY VENTILATION, GAS EXCHANGE AND CARDIAL FUNCTION OF ORIENTEERING SPORTSMEN AT THE FINAL STAGE OF TRAINING FOR SOCIALLY IMPORTANT COMPETITIONS

A.P. Isaev, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, tmfcs@mail.ru,

A.V. Nenasheva, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, tmfcs@mail.ru,

E.E. Mamatov, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The oxygen transport system is an integrative component of oxygen delivery to skeletal muscles and other life-supporting organs and systems. At the final stages of training for competitions of the above-mentioned level of significance the life-supporting systems of a human body must assure an impact with a high level of readiness. Usually being at rest the stress reduction, economization and the redistribution of functions for ensuring the readiness for the work ahead are observed. The analysis of systemic and cerebral blood flow, pulmonary ventilation, gas exchange and myocardial activity under the conditions of training for competition has been presented. The gained express information enabled to adjust the regulations of training load with the help of effective means of recovery and technologies if they're needed. As the stages of adaptive capacity were formed, the role of redistribution of blood flow functions assuring sports efficiency increased.

Keywords: systemic blood flow, cerebral blood flow, functional mechanisms and cerebral metabolism, pulmonary ventilation, gas exchange, myocardial performance.

Поступила в редакцию 28 июня 2013 г.