
МЕДИКО–БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

УДК 612.2+612.1+612.014.4]–06:796

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ И КРОВООБРАЩЕНИЯ У СПОРТСМЕНОВ С АНАЭРОБНОЙ И АЭРОБНОЙ НАПРАВЛЕННОСТЬЮ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА ПО СЕЗОНАМ ГОДА

Л.Я. Эберт (1), С.Л. Сашенков (1), В.А. Колупаев (2)
e-mail: ManSkisport@yandex.ru

(1) Челябинская государственная медицинская академия, г. Челябинск, Россия

(2) Уральская государственная академия физической культуры, г. Челябинск, Россия

Статья поступила 1 июня 2005 г.

Введение

Состояние систем внешнего дыхания и кровообращения является одним из важнейших факторов, обуславливающих функциональные возможности организма спортсменов [4, 5], которые, в свою очередь, определяют эффективность их спортивной деятельности [2]. Известно, что характер эндогенных флуктуаций функциональных возможностей организма подвержен влиянию со стороны сезонных колебаний условий среды [3, 7, 11]. С другой стороны, показано, что характер двигательной активности является одним из основных факторов регуляции функционального состояния организма и его адаптационных возможностей [8]. Цель нашего исследования заключалась в сравнении динамики показателей систем внешнего дыхания и кровообращения у спортсменов под влиянием физических нагрузок анаэробной и аэробной направленности в различные сезоны года.

1. Методика исследования

Анализу подвергнуты результаты 4–х летних наблюдений в различные сезоны года показателей внешнего дыхания, центральной и периферической гемодинамики у спортсменов с преимущественно анаэробной (борцы) и аэробной (лыжники) направленностью тренировочного процесса. Изучение системы внешнего дыхания осуществлялось методом спирографии с применением аппарата «Метатест–1». Исследование показателей кровообращения у спортсменов осуществляли при помощи механокардиографии [9] и биоимпедансной реографии с использованием диагностической системы «Кентавр» по методике профессора Астахова А.А. [1]. На основе стандартных методик обработки тахоосциллограмм [6, 9] рассчитывали минимальное (МинД), среднее динамическое (СрД), боковое систолическое (Бс) и конечно–систолическое (Кс) давление, а также вегетативный индекс Кердо (ВИК). Регистрацию сфигмограмм проводили одновременно с сонной, лучевой и бедренной артерий. По результатам обработки тахоосциллограмм и сфигмограмм рассчитывали показатели систолического и минутного объема крови (СОК и МОК, соответственно). Для характеристики состояния периферических сосудов рассчитывали общее и удельное периферическое сопротивление сосудов (ОПСС и УПСС, соответственно). Интегральными характеристиками состояния кислородтранспортной системы являлись показатели скорости восстановления запаса кислорода и максимального потребления кислорода

(МПК), определявшиеся посредством газоанализатора «Спиrolит–2» в процессе ступенчато–нарастающей нагрузки на велоэргометре по общепринятой методике [12]. Мощность нагрузок определяли индивидуально в зависимости от возраста и массы тела [5].

2. Результаты и обсуждение

Динамика показателей системы внешнего дыхания и транспорта кислорода у борцов и лыжников по сезонам годового цикла представлена в табл. 1. Как видно из этой таблицы, средние значения жизненной емкости легких (ЖЕЛ) у представителей вида спорта аэробной направленности (лыжники) в зимний, летний и осенний период были достоверно ($P<0,001$; $P<0,05$ и $P<0,01$ — соответственно) выше, чем у представителей вида спорта анаэробной направленности (борцы). Динамика данного показателя у борцов характеризовалась существенным его повышением ($P<0,01$) в весенний период. У лыжников же наоборот наблюдалось снижение среднего уровня ЖЕЛ ($P<0,05$) в летний период. Особо необходимо отметить тот факт, что механизм изменений этого интегрального показателя системы внешнего дыхания был различен у представителей видов спорта анаэробной и аэробной направленности. Если повышение ЖЕЛ у борцов в весенний период было обусловлено увеличением дыхательного объема (ДО) и резервного объема выдоха ($PO_{\text{вд}}$), то у лыжников снижение уровня ЖЕЛ в летний период было связано с уменьшением резервного объема вдоха ($PO_{\text{вд}}$).

Таблица 1

Показатели системы внешнего дыхания и транспорта кислорода
у борцов и лыжников по сезонам года

Показатели		Период наблюдения			
		зима $n_6=28, n_n=46$	весна $n_6=28, n_n=63$	лето $n_6=37, n_n=32$	осень $n_6=34, n_n=54$
Дыхательный объем, мл	борцы	618±39	779±42*	615±35*	676±38
	лыжники	773±36	697±25	731±33	761±29
	$P_{6-л}$	< 0,01	—	< 0,05	—
Резервный объем вдоха, мл	борцы	2111±72	2200±92	2139±56	2210±69
	лыжники	2194±52	2263±44	2053±82*	2294±46*
	$P_{6-л}$	—	—	—	—
Резервный объем выдоха, мл	борцы	1503±48	1724±81*	1538±60	1613±53
	лыжники	1856±55	2027±57*	1906±95	1901±61
	$P_{6-л}$	< 0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Жизненная емкость легких, мл	борцы	4232±104	4703±131*	4292±92*	4499±115
	лыжники	4823±79	4987±82	4690±130*	4956±82
	$P_{6-л}$	< 0,001	—	< 0,05	< 0,01
ЖЕЛ/ДЖЕЛ	борцы	0,89±0,02*	1,00±0,02*	0,95±0,02	0,96±0,01
	лыжники	1,03±0,01	1,04±0,02	0,99±0,03	1,04±0,02
	$P_{6-л}$	< 0,001	—	< 0,05	< 0,01
Форсированная ЖЕЛ, мл	борцы	3740±95	4050±114*	3814±85	3873±116
	лыжники	4127±69*	4404±65*	4276±110	4382±70
	$P_{6-л}$	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,001
Скорость восстановления запаса O_2	борцы	25,74±1,43*	14,32±0,71*	18,45±1,16*	22,16±1,36*
	лыжники	28,50±1,09*	22,97±0,98*	25,53±1,16*	24,18±1,06
	$P_{6-л}$	< 0,05	< 0,001	< 0,001	—
МПК/ $S_{\text{пов. тела}}$, мл/см ²	борцы	0,220±0,005	0,204±0,005*	0,219±0,005*	0,222±0,004
	лыжники	0,247±0,003	0,239±0,003	0,230±0,004	0,247±0,003*
	$P_{6-л}$	< 0,001	< 0,001	< 0,05	< 0,001
МПК _{отн.} , мл/кг	борцы	56,44±1,40	52,46±1,26	57,70±1,40*	57,72±1,14
	лыжники	65,64±0,85	63,39±0,77	61,44±0,93	65,60±0,84*
	$P_{6-л}$	< 0,001	< 0,001	< 0,05	< 0,001

Примечание: $P_{6-л}$ — уровень значимости различий между борцами и лыжниками; * — достоверность различий ($P<0,05$) изменений показателей у спортсменов по сравнению с предыдущим периодом наблюдения.

Вместе с тем, у борцов и лыжников наблюдалась однонаправленная динамика средних значений $PO_{\text{выд}}$ в годовом цикле, несмотря на разные уровни данного показателя у них. Кроме того, у представителей видов спорта анаэробной и аэробной направленности отмечалась одинаковая тенденция динамики показателей форсированной ЖЕЛ (ФЖЕЛ) и скорости восстановления запаса кислорода в годовом цикле, а именно: повышение первого из них на фоне снижения второго в весенний период наблюдения.

Средний уровень показателей МПК у борцов и лыжников различался во все периоды годового цикла, что, безусловно, связано с анаэробной или аэробной направленностью физических нагрузок, применяемых в подготовке этих спортсменов. Изменения МПК у борцов характеризовались достоверным снижением в весеннем периоде, а у лыжников — в летнем.

Исходя из данных представленных в табл. 1, можно заключить, что уровень показателей систем дыхания и транспорта кислорода отражает структурно-функциональные адаптационные перестройки, происходящие в организме борцов и лыжников под влиянием физических нагрузок анаэробной или аэробной направленности. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что динамика показателей $PO_{\text{выд}}$, ФЖЕЛ и скорости восстановления запаса кислорода, как у борцов, так и у лыжников зависела от сезонных изменений условий внешней среды. Кроме того, различие периодов снижения уровня МПК у борцов и лыжников отражает различные механизмы регуляции этого интегрального показателя кислородтранспортной системы у спортсменов при воздействии физических нагрузок анаэробной и аэробной направленности и сезонных изменений условий внешней среды.

Изучив динамику показателей системы дыхания у спортсменов, мы перешли к определению изменений показателей системы кровообращения (табл. 2). Как видно из представленных данных, средние значения МОК и сердечного индекса (СИ) между группами достоверно различались только в весенний период. При этом динамика этих интегральных показателей кровообращения в обеих группах характеризовалась достоверным снижением среднего уровня в летний период.

Помимо различий среднего уровня частоты сердечных сокращений (ЧСС) между группами в годовом цикле, у борцов наблюдалось достоверное снижение этого показателя в летний период, а у лыжников — его повышение в осенний период. Средний уровень СОК между группами не имел существенных различий. Однако, в обеих группах в летний период наблюдалось снижение СОК и объемной скорости выброса крови (ОСВ): у борцов по сравнению с весенним и осенним периодом, а у лыжников — по сравнению с зимним ($P < 0,01$).

Как у борцов, так и у лыжников изменение скорости распространения пульсовой волны по сосудам мышечного и эластического типов характеризовалось снижением среднего уровня в зимний период. В отличие от борцов у лыжников осенью наблюдалось повышение средних значений этого параметра состояния периферических сосудов, а в летний период — снижение скорости распространения пульсовой волны по сосудам мышечного типа.

Периферическое сопротивление сосудов у борцов и лыжников не имело достоверных различий в зимний и летний периоды наблюдений. Весной и осенью у борцов уровень ОПСС был существенно меньше, чем у лыжников, что, как видно из этой же таблицы, было связано со снижением минимального давления и повышением скорости распространения пульсовой волны по сосудам в сравнении с зимним периодом. У лыжников низкий уровень ОПСС отмечался в зимний период и также был связан со снижением минимального давления относительно летнего периода ($P < 0,05$), и при этом в отличие от борцов, у лыжников наблюдалось уменьшение упругих свойств стенок сосудов обоих типов. Средний уровень УПСС у спортсменов в первой половине года (зима, весна) был значительно меньше, по сравнению со второй половиной года (лето, осень). При этом у борцов наиболее выраженные различия данного показателя отмечались между весенним и летним периодом наблюдения, а у лыжников — между осенним и зимним.

Повышение СОК и ОСВ у лыжников в зимнем периоде, по нашему мнению, являлось следствием известных адаптационных реакций [4, 5, 10], инициируемых физическими нагрузками аэробной направленности в сочетании с повышенным уровнем психо-эмоционального напряжения при подготовке к соревнованиям. Увеличение сократительной способности миокарда у лыжников в зимний период сопровождалось повышением линейной скорости движения крови (ЛСДК) и снижением ОПСС и УПСС по сравнению с осенним периодом. Отмеченные изменения позволяют констатировать значительное повышение функциональных возможностей системы кровообращения у лыжников в зимний период наблюдения.

Таблица 2

Показатели системы кровообращения у борцов и лыжников по сезонам года

Показатели		Период наблюдения			
		зима $n_6=28$ $n_7=46$	весна $n_6=28$ $n_7=63$	лето $n_6=37$ $n_7=32$	осень $n_6=34$ $n_7=54$
ЧСС, уд·мин ⁻¹	борцы	65,91±2,33	66,16±1,25	62,54±1,03*	64,38±0,70
	лыжники	58,38±1,12*	60,42±0,96	58,33±1,35	62,14±1,04*
	P_{6-7}	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
Мин, мм.рт.ст.	борцы	57,43±0,82*	40,86±0,97*	53,33±2,14*	49,59±2,20
	лыжники	51,97±1,36	53,18±1,22	56,18±1,46	54,73±1,33
	P_{6-7}	< 0,001	< 0,001	—	—
СРД, мм.рт.ст.	борцы	73,57±1,57	71,71±1,56	72,92±1,11	73,59±1,75
	лыжники	74,60±1,09*	75,23±0,98	77,05±1,17	78,18±1,07
	P_{6-7}	—	—	< 0,01	< 0,05
Бс, мм.рт.ст.	борцы	91,62±1,79	88,93±1,90	89,59±1,55	93,24±1,99
	лыжники	95,79±1,21	93,92±1,09	96,35±1,29	97,05±1,18
	P_{6-7}	< 0,05	< 0,05	< 0,001	—
Кс, мм.рт.ст.	борцы	120,72±1,96	116,29±2,48	114,82±1,45	119,00±1,85
	лыжники	121,89±1,31	122,46±1,17	122,36±1,40	124,30±1,28
	P_{6-7}	—	< 0,05	< 0,001	< 0,05
СОК, мл	борцы	104,99±6,17	113,47±7,26	92,16±5,29*	112,11±7,21*
	лыжники	120,60±6,23*	98,65±5,28*	93,71±7,59	102,51±5,75
	P_{6-7}	—	—	—	—
МОК, мл/мин	борцы	7056±591	7595±564	5771±342*	7258±495*
	лыжники	7026±410	6042±348	5589±499	6461±379
	P_{6-7}	—	< 0,01	—	—
Сердечный индекс, мл/мин/см ²	борцы	0,38±0,03	0,40±0,03	0,33±0,02*	0,40±0,03*
	лыжники	0,38±0,02	0,32±0,02*	0,30±0,03	0,35±0,02*
	P_{6-7}	—	< 0,01	—	—
ВИК	борцы	9,03±3,11*	37,85±1,52*	14,64±4,33*	22,28±3,85
	лыжники	10,32±3,41	8,51±2,99	-5,18±3,50*	11,68±3,39*
	P_{6-7}	—	< 0,001	< 0,001	< 0,05
ОПСС	борцы	1016±61	863±63*	1167±85*	963±83*
	лыжники	984±88*	1219±75*	1265±107	1285±81
	P_{6-7}	—	< 0,01	—	< 0,01
УПСС	борцы	39,66±0,85	38,76±0,78	41,49±0,83*	40,46±1,09
	лыжники	38,88±0,99*	39,75±0,89	40,02±1,05	41,15±0,96
	P_{6-7}	—	—	—	< 0,05
Сэ	борцы	529,3±13,1*	587,9±13,6*	555,2±12,1	582,8±15,8
	лыжники	547,4±17,9*	599,3±15,1*	568,7±21,8	658,6±16,5*
	P_{6-7}	—	—	—	< 0,05
См	борцы	667,4±16,2*	738,1±18,4*	736,9±11,6	742,1±19,2
	лыжники	712,1±25,1*	779,7±21,3*	725,7±30,6*	878,4±23,2*
	P_{6-7}	—	—	—	< 0,01
ОСВ, мл/с	борцы	368,4±21,5	410,9±24,6	324,7±18,7*	396,7±25,7*
	лыжники	422,3±21,5*	352,6±18,2*	321,5±26,1	359,8±19,8
	P_{6-7}	—	< 0,05	—	—
ЛСДК	борцы	80,98±4,45	91,25±4,87	74,64±4,33*	88,86±5,50*
	лыжники	93,66±4,70*	76,72±3,99*	70,82±5,73	79,25±4,34*
	P_{6-7}	—	< 0,05	—	—

Примечание: см. табл. 1.

Весной у борцов в период подготовки к наиболее значимым соревнованиям общая тенденция и уровень показателей гемодинамики мало чем отличались от таковых, наблюдавшихся у лыжников в зимний период. Можно предположить, что повышение функциональных возможностей системы кровообращения в тот или иной сезон года у спортсменов с анаэробной или аэробной направленностью физических нагрузок, по всей видимости, было обусловлено повышением уровня психо–эмоционального напряжения борцов и лыжников в соответствующий период года в связи с подготовкой к соревнованиям.

Обобщая данные, содержащиеся в табл. 1 и 2, необходимо отметить, что наиболее выраженные различия показателей кровообращения между группами отмечались в весенний период наблюдений, в то время, когда у борцов традиционно осуществлялась наиболее интенсивная подготовка к ответственным соревнованиям, а у лыжников уровень нагрузок закономерно снижался. При этом особо необходимо отметить, что показатели внешнего дыхания у спортсменов в этот период наблюдений имели наименее выраженные различия. Примечательно, что в зимний и летний периоды года различия между показателями гемодинамики у борцов и лыжников были наименее выражены, а параметры внешнего дыхания различались существенно.

Различный уровень показателей системы внешнего дыхания и транспорта кислорода, наряду с отмеченными выше различиями механизмов изменения ЖЕЛ у борцов и лыжников в годовом цикле, несомненно, отражают влияние преобладающей анаэробной или аэробной направленности физических нагрузок на состояние кислородтранспортной системы.

Вместе с тем, общие тенденции в динамике показателей систем внешнего дыхания и транспорта кислорода ($PO_{\text{выд}}$, ЖЕЛ, ФЖЕЛ, скорости восстановления запаса O_2) на всем протяжении наблюдения, а также показателей кровообращения (СОК, ОСВ, ЛСДК, СИ, ВИК, УПСС) при отсутствии соревновательных нагрузок у борцов и лыжников позволяют предполагать воздействие единого фактора на организм обследуемых спортсменов. Таким фактором, как известно [7, 10], являются изменения условий внешней среды, в первую очередь, сезонные [3, 7] и ряд связанных с ними социальных условий жизнедеятельности спортсменов. Поэтому, отмеченные выше общие тенденции параметров дыхания и кровообращения у спортсменов с разной динамикой физических нагрузок и психо–эмоционального напряжения при подготовке к соревнованиям по борьбе и лыжным гонкам, свидетельствуют о выраженном влиянии сезонных изменений условий среды на механизмы регуляции состояния кислородтранспортной системы.

Наблюдавшиеся при этом отличия параметров сезонного ритма показателей дыхания и кровообращения у борцов и лыжников, позволяют предположить, что колебания состояния системы транспорта кислорода и механизмов ее регуляции претерпевают модифицирующие влияния, обусловленные изменением психофизиологического состояния спортсменов в связи с участием на соревнованиях по борьбе и лыжным гонкам в разные периоды года.

Заключение

Проведенный анализ позволяет констатировать, что колебания показателей кислородтранспортной функции у спортсменов в годовом цикле подвержены воздействию направленности физических нагрузок и влиянию сезонных изменений условий внешней среды. Степень воздействия на организм физических нагрузок анаэробной или аэробной направленности в значительной мере определяет уровень показателей систем дыхания и транспорта кислорода у спортсменов. Изменения этих показателей у борцов и лыжников в годовом цикле коррелируют с сезонной динамикой условий внешней среды. Высокий уровень психо–эмоционального напряжения, связанного со спецификой соревновательной деятельности и тенденциями спортивной подготовки борцов и лыжников, оказывает модулирующее влияние на параметры флуктуаций показателей систем внешнего дыхания и кровообращения у спортсменов.

Список литературы

1. Астахов А.А. Перераспределение кровенаполнения при анестезии и операции (диагностика, мониторинг, управление): Дис...д–ра мед. наук. Челябинск, 1988. 348 с.
2. Бальсевич В.К. Онтокинезиология человека. М.: Теория и практика физической культуры, 2000. 275 с.
3. Голиков А.П., Голиков П.П. Сезонные ритмы в физиологии и патологии. М.: Медицина, 1973. 167 с.
4. Детская спортивная медицина / под ред. С.Б. Тихвинского, С.В. Хрущева. М.: Медицина, 1991. 560 с.

5. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Тестирование в спортивной медицине. М.: Физкультура и спорт, 1988. 208 с.
6. Кузнецов Ю.И. Механокардиография // Клинико–физиологические методы исследования спортсменов. М., 1958. С. 103—131.
7. Матюхин В.А., Разумов А.Н. Экологическая физиология человека и восстановительная медицина / под ред. И.Н. Денисова. М.: Геотар Медицина, 1999. 336 с.
8. Нормальная физиология: Курс физиологии функциональных систем / под ред. К.В. Судакова. М.: Медицинское информационное агентство, 1999. 718 с.
9. Савицкий Н.Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики. Л.: Медицина, 1974. 311 с.
10. Физиология адаптационных процессов / под ред. О.Г. Газенко, Ф.З. Меерсона. М.: Наука, 1986. 635 с.
11. Эберт Л.Я., Колупаев В.А. Влияние физических нагрузок анаэробной и аэробной направленности на состояние фагоцитов периферической крови и уровень циркулирующих Т– и В–лимфоцитов у спортсменов // Современные наукоемкие технологии. 2004. № 3. С. 32—37.
12. Astrand P. O., K.Rodahl. *Precis de physiologie de l'exercice musculaire* // Paris etc.: Masson, 1980. 507 p.