

УДК 612.112 + 612.017.1 + 612.014.4] – 06 : 796

## **ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК АНАЭРОБНОЙ И АЭРОБНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ НА СОСТОЯНИЕ ФАГОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ И УРОВЕНЬ ЦИРКУЛИРУЮЩИХ Т- И В-ЛИМФОЦИТОВ У СПОРТСМЕНОВ**

Эберт Л.Я., Колупаев В.А.

*Челябинская государственная медицинская академия, Уральская государственная академия физической культуры*

**В работе представлены результаты наблюдения динамики лейкограммы и показателей фагоцитарной, лизосомальной и НСТ-активности нейтрофилов и моноцитов периферической крови, а также уровня Т- и В-лимфоцитов у спортсменов, использующих в своей подготовке физические нагрузки преимущественно анаэробной или аэробной направленности. Показано, что в период сезонного увеличения продолжительности дня вид двигательной активности оказывает существенное влияние на уровень и особенности динамики фагоцитарной и лизосомальной активности нейтрофилов. Изменения показателей функционального состояния моноцитов в меньшей степени зависели от специфики двигательной активности спортсменов, в то время как характер изменений уровня Т- и В-лимфоцитов существенно различался. Наличие реципрокных влияний на состояние лейкоцитов крови со стороны физических нагрузок и сезонных факторов среды имеет существенное значение для рациональной организации тренировочного процесса анаэробной и аэробной направленности в различных видах спорта.**

Уровень адаптационных возможностей индивида обусловлен ритмикой функционального состояния организма, которое модулируется влиянием регулярно повторяющихся и действием внезапных изменений факторов внешней среды [1, 8, 9]. В настоящее время активно обсуждаются механизмы участия клеток иммунной системы в регуляции состояния организма посредством секретируемых ими цитокинов при распознавании и нейтрализации микроорганизмов, опухолевых клеток, тканевых метаболитов и флогенных агентов [5, 7]. Предполагается, что участие клеток иммунной системы в регуляции функционального состояния организма осуществляется как путем каскадного усиления нейроэндокринной регуляции деятельности соматических клеток и тканей, так и путем секреции пептидных гормонов и нейротрансмиттеров, влияющих на состояние нервной и эндокринной систем [5, 7 и др.].

Как известно, влияние сезонных изменений условий среды на функциональное состояние организма модулируется динамикой физиологических, биохимических и иммунологических процессов [3, 4, 9, 11]. Двигательная активность является одним из важнейших факторов, влияющих как на состояние иммунной системы [10, 12], так и на функциональное состояние организма [1, 2]. Механизм иммунорегуляции функ-

ционального состояния организма в процессе адаптации к физическим нагрузкам в изменяющихся условиях среды в настоящее время изучен недостаточно [5, 12]. Можно не сомневаться, что характер сочетания физических нагрузок и изменений условий среды оказывает существенное влияние на степень напряженности адаптационных механизмов, обуславливая, тем самым, «цену адаптации».

Цель работы состояла в изучении динамики показателей функционального состояния лейкоцитов периферической крови у спортсменов, использующих упражнения преимущественно анаэробной или аэробной направленности, в сочетании с сезонными изменениями условий среды.

**Организация и методы исследования.** Для изучения влияния на организм анаэробных и аэробных физических нагрузок в условиях сезонных изменений условий внешней среды под наблюдением находились дзюдоисты и лыжники, использующие в своей подготовке упражнения соответствующей направленности. В динамике на протяжении трех лет было обследовано 67 борцов и 77 лыжников в возрасте от 16 до 24 лет.

Интерпретацию показателей осуществляли с учётом сезонных условий естественного освещения. В годовом цикле в зависимости от характера изменений длительности дня выделяли восемь

качественно своеобразных периодов различной продолжительности. Первому и пятому периодам (декабрь и июнь – соответственно) с минимальной и максимальной длительностью дня присущи малые величины их суточных изменений. Второй и шестой периоды (январь – начало февраля и июль – первая половина августа) характеризуются прогрессивным увеличением и уменьшением длительности дня. Третьему и седьмому периодам (середина февраля – конец апреля и конец августа – октябрь) свойственно стабильное увеличение или уменьшение фотопериода. Четвертый и восьмой периоды (май и ноябрь – соответственно) характеризуются регрессивным увеличением и уменьшением длительности дня. Наши исследования охватывали семь сезонов, исключая период с июля по август, что было обусловлено подготовкой спортсменов вне города.

У спортсменов определяли лейкоцитарную формулу крови и характеристики функционального состояния субпопуляций лейкоцитов (фагоцитарную, лизосомальную и НСТ-активность нейтрофилов и моноцитов, уровень Т- и В-лимфоцитов). Методика исследования функционального состояния лейкоцитов крови подробно описана нами ранее [10, 12]. Результаты исследования были обработаны общепринятыми методами вариационной статистики с применением методов дисперсионного и корреляционного анализа.

**Результаты исследования.** Количество и содержание основных субпопуляций лейкоцитов периферической крови у лыжников и борцов в различные периоды годового цикла представлены в таблице 1. Как видно из таблицы, общая тенденция изменения количества нейтрофилов у спортсменов заключалась в снижении уровня циркулирующих клеток в весенне-летний период и повышении их количества в осенне-зимний. На этом фоне наблюдавшиеся отличия динамики уровня нейтрофилов у борцов и лыжников могли быть связаны с различным характером нейроэндокринной регуляции функционального состояния спортсменов в связи с разной динамикой напряженности их спортивной подготовки. При этом менее выраженные изменения среднего уровня нейтрофилов у лыжников по сравнению с борцами, вероятно, связаны с явлением перекрестной адаптации механизмов терморегуляции при регулярных физических нагрузках, отражая более высокий уровень их резистентности у спортсменов, двигательная активность которых осуществляется в условиях естественной среды.

Отсутствие различий в динамике уровня моноцитов у спортсменов обеих специализаций, позволяет предположить, что основной причи-

ной наблюдавшихся изменений являлись известные гормональные сдвиги в организме, инициируемые сезонными колебаниями условий среды [3, 4, 6].

Реципрокные изменения уровня лимфоцитов у спортсменов: снижение их количества у борцов в 3-м и 7-м периодах и повышение у лыжников в 5-м и 8-м периодах, вероятно, были обусловлены влиянием механизмов нейроэндокринной регуляции функционального состояния организма при использовании физических нагрузок анаэробной и аэробной направленности. Следовательно, можно полагать, что характер двигательной активности способен оказывать модифицирующее влияние на сезонный ритм уровня лимфоцитов.

Динамика показателей функционального состояния лейкоцитов крови у спортсменов в различные периоды года представлена в таблице 2. Как видно из таблицы, на протяжении первой половины года динамика и уровень абсолютного показателя фагоцитоза нейтрофилов (АПФН) у борцов и лыжников достоверно различались. Во время исследований, проводившихся во втором полугодии, различия между группами были недостоверны. Можно полагать, что в период увеличения длительности дня механизмы нейроэндокринной регуляции функционального состояния организма в режиме анаэробных и аэробных нагрузок оказывали модифицирующее действие на уровень фагоцитарной активности нейтрофилов.

Основным отличием динамики абсолютного показателя фагоцитоза моноцитов (АПФМн) у спортсменов являлся сдвиг экстремумов этого показателя в годовом цикле. У борцов максимум наблюдали в период регрессивного уменьшения длительности дня и в период его минимальных значений (8-й и 1-й – соответственно), а минимум – при регрессивном увеличении длительности дня (4-й период). У лыжников отмечался сдвиг акрофазы и батифазы этого показателя на более поздний период (2-й и 5-й – соответственно).

Специфика нейроэндокринной регуляции функционального состояния при использовании физических нагрузок анаэробной и аэробной направленности оказывала существенное влияние на характер изменений абсолютного показателя лизосомальной активности нейтрофилов (АПЛАН) во время наиболее интенсивного увеличения продолжительности дня (1-3 периоды). В период уменьшения длительности дня характер двигательной активности, как и в отношении поглотительной функции нейтрофилов, не оказывал существенного влияния на сезонную динамику лизосомальной активности этих клеток.

Таблица 1. Количество и содержание лейкоцитов периферической крови у борцов и лыжников в различные периоды года

Показатели	1 период		2 период		3 период		4 период		5 период		7 период		8 период		
	$\bar{X} \pm m$ $n_1=13$ $n_2=27$	$P_{1-8}$	$\bar{X} \pm m$ $n_1=32$ $n_2=13$	$P_{2-1}$	$\bar{X} \pm m$ $n_1=52$ $n_2=83$	$P_{3-2}$	$\bar{X} \pm m$ $n_1=26$ $n_2=28$	$P_{4-3}$	$\bar{X} \pm m$ $n_1=21$ $n_2=34$	$P_{5-4}$	$\bar{X} \pm m$ $n_1=43$ $n_2=65$	$P_{7-5}$	$\bar{X} \pm m$ $n_1=10$ $n_2=5$	$P_{8-7}$	
Количество Лц, x 10 <sup>9</sup> /л	борцы	6,28±0,31	-	5,62±0,22	-	4,92±0,14	<0,01	4,94±0,14	-	4,78±0,16	-	4,75±0,15	-	6,76±0,44	<0,001
	лыжники	5,51±0,19	-	6,08±0,44	-	5,56±0,16	-	5,44±0,12	-	5,51±0,2	-	5,73±0,15	-	6,16±0,42	-
P		<0,05			<0,01		<0,01		<0,05		<0,001				
Содержание НФ, %	борцы	48,38±3,15	-	40,13±1,72	<0,05	46,83±1,38	<0,01	37,92±1,62	<0,001	33,90±1,80	-	45,79±1,23	<0,001	47,40±3,19	-
	лыжники	47,07±1,40	<0,05	50,69±1,92	-	43,84±0,95	<0,01	43,25±1,93	-	36,91±1,16	<0,01	43,83±1,03	<0,001	39,03±2,43	-
P			<0,001				<0,05								
Количество НФ, x 10 <sup>9</sup> /л	борцы	2,98±0,19	-	2,28±0,13	<0,01	2,34±0,10	-	1,88±0,10	<0,01	1,64±0,12	-	2,19±0,10	<0,01	3,17±0,27	<0,001
	лыжники	2,60±0,13	-	3,14±0,33	-	2,46±0,10	<0,05	2,37±0,13	-	2,06±0,12	-	2,53±0,10	<0,01	2,42±0,25	-
P			<0,01				<0,01								
Содержание Мц, %	борцы	5,08±0,95	-	7,06±0,58	-	5,81±0,30	<0,05	5,65±0,58	-	5,90±0,62	-	7,79±0,54	<0,05	6,60±0,60	-
	лыжники	6,93±0,63	-	8,46±0,73	-	6,39±0,38	<0,05	6,50±0,47	-	5,44±0,42	-	7,23±0,39	<0,01	4,20±1,11	<0,05
P															
Количество Мц, x 10 <sup>9</sup> /л	борцы	0,32±0,06	-	0,41±0,04	-	0,29±0,02	<0,01	0,28±0,03	-	0,28±0,03	-	0,37±0,03	<0,05	0,45±0,06	-
	лыжники	0,38±0,04	-	0,52±0,06	-	0,35±0,02	<0,01	0,36±0,03	-	0,29±0,02	-	0,42±0,03	<0,01	0,25±0,06	-
P															
Содержание Лф, %	борцы	43,08±3,55	-	48,25±1,83	-	44,62±1,30	-	52,73±1,78	<0,001	57,48±2,05	-	40,40±1,30	<0,001	42,10±3,24	-
	лыжники	42,07±1,60	<0,05	35,15±1,72	<0,05	44,72±0,92	<0,001	45,39±2,19	-	53,32±1,24	<0,01	44,17±1,10	<0,001	50,80±2,03	-
P			<0,001				<0,05					<0,05			
Количество Лф, x 10 <sup>9</sup> /л	борцы	2,75±0,30	-	2,70±0,15	-	2,16±0,07	<0,001	2,60±0,10	<0,001	2,73±0,12	-	1,90±0,07	<0,001	2,88±0,31	<0,001
	лыжники	2,30±0,11	<0,01	2,10±0,14	-	2,47±0,08	-	2,44±0,11	-	2,92±0,11	<0,01	2,50±0,08	<0,01	3,11±0,19	<0,05
P			<0,05												

Условные обозначения:  $n_1$  – количество борцов, обследованных в соответствующем периоде;

$n_2$  – количество лыжников-гонщиков, обследованных в соответствующем периоде;

P – достоверность различий между группами в соответствующий период;

$P_{2,1}$  – достоверность различий внутри групп относительно предыдущего периода

Таблица 2. Динамика показателей функционального состояния лейкоцитов у борцов и лыжников-гонщиков в различные периоды года

Показатели	1 период		2 период		3 период		4 период		5 период		7 период		8 период		
	$\bar{X} \pm m$	$P_{1,s}$	$\bar{X} \pm m$	$P_{2,s}$	$\bar{X} \pm m$	$P_{3,s}$	$\bar{X} \pm m$	$P_{4,s}$	$\bar{X} \pm m$	$P_{5,s}$	$\bar{X} \pm m$	$P_{7,s}$	$\bar{X} \pm m$	$P_{8,s}$	
Количество фагоцитирующих НФ, х 10 <sup>9</sup> /л	борцы	2,70±0,19	-	1,13±0,11	<0,001	1,49±0,10	<0,05	0,69±0,09	<0,001	1,27±0,11	<0,001	1,33±0,07	-	2,85±0,29	<0,001
	лыжники	1,65±0,12	<0,05	2,30±0,28	<0,05	1,21±0,09	<0,001	1,08±0,11	-	0,61±0,14	<0,01	1,44±0,10	<0,001	2,26±0,25	<0,05
P		<0,001		<0,001		<0,05		<0,01			<0,001			-	
АПФН, х 10 <sup>9</sup> /л	борцы	18,77±1,48	<0,01	6,77±0,96	<0,001	6,70±0,58	-	1,74±0,22	<0,001	6,67±0,72	<0,001	8,15±0,65	-	11,93±1,22	<0,05
	лыжники	8,74±0,77	<0,01	11,44±1,35	-	4,48±0,37	<0,001	2,95±0,50	<0,05	2,52±0,67	-	6,99±0,71	<0,001	15,86±3,15	<0,01
P		<0,001		<0,01		<0,001		<0,05			<0,001			-	
АПЛАН, усл.ед.	борцы	16,66±1,65	-	11,36±1,31	<0,05	6,82±0,76	<0,01	10,82±0,80	<0,01	8,62±0,62	<0,05	12,30±0,81	<0,01	11,66±1,73	-
	лыжники	11,50±1,20	-	19,86±3,04	<0,01	10,75±0,51	<0,001	9,96±0,94	-	6,30±0,58	<0,001	12,52±0,99	<0,001	11,48±1,79	-
P		<0,05		<0,01		<0,001		-			<0,05			-	
Количество НСТ-позитивных НФ, х 10 <sup>9</sup> /л	борцы	1,68±0,17	-	1,59±0,13	-	1,02±0,10	<0,001	0,95±0,13	-	0,93±0,09	-	1,28±0,08	<0,05	1,88±0,18	<0,01
	лыжники	1,92±0,14	<0,05	0,97±0,15	<0,001	1,21±0,07	-	1,22±0,11	-	1,18±0,11	-	1,45±0,11	-	1,15±0,18	-
P		-		<0,01		-		-			-			<0,05	
Количество фагоцитирующих МН, х 10 <sup>9</sup> /л	борцы	0,29±0,05	-	0,15±0,02	<0,01	0,17±0,01	-	0,09±0,01	<0,001	0,17±0,02	<0,01	0,18±0,02	-	0,35±0,06	<0,001
	лыжники	0,20±0,02	-	0,31±0,05	<0,05	0,14±0,01	<0,001	0,14±0,02	-	0,08±0,02	<0,05	0,18±0,01	<0,001	0,19±0,05	-
P		-		<0,001		-		<0,05			<0,01			-	
АПФМН, х 10 <sup>9</sup> /л	борцы	1,39±0,25	-	0,57±0,08	<0,001	0,70±0,07	-	0,22±0,03	<0,001	0,76±0,12	<0,001	0,65±0,10	-	1,44±0,21	<0,001
	лыжники	0,76±0,09	-	1,19±0,23	-	0,44±0,05	<0,001	0,31±0,05	-	0,20±0,06	-	0,66±0,07	<0,001	0,90±0,28	-
P		<0,01		<0,01		<0,01		-			<0,001			-	
АПЛАМ, усл.ед.	борцы	0,98±0,21	-	0,63±0,11	-	0,34±0,06	<0,05	0,44±0,07	-	0,41±0,06	-	0,88±0,11	<0,01	0,61±0,12	-
	лыжники	0,66±0,14	-	1,01±0,19	-	0,54±0,05	<0,01	0,62±0,06	-	0,27±0,04	<0,001	0,82±0,07	<0,001	0,41±0,09	-
P		-		-		<0,01		<0,05			<0,05			-	
Количество НСТ-позитивных МН, х 10 <sup>9</sup> /л	борцы	0,13±0,02	-	0,23±0,03	<0,05	0,08±0,01	<0,001	0,14±0,03	<0,05	0,07±0,01	<0,05	0,19±0,02	<0,001	0,15±0,02	-
	лыжники	0,25±0,02	<0,01	0,18±0,02	<0,05	0,13±0,01	-	0,13±0,02	-	0,12±0,02	-	0,17±0,02	-	0,09±0,03	-
P		<0,001		<0,01		<0,01		-			<0,05			-	
Е-РОК, х 10 <sup>9</sup> /л	борцы	0,51±0,10	-	0,64±0,06	-	0,71±0,05	-	0,79±0,07	-	0,74±0,05	-	0,43±0,04	<0,001	0,79±0,09	<0,001
	лыжники	0,74±0,04	-	0,30±0,05	<0,001	0,65±0,04	<0,001	0,57±0,05	-	1,04±0,09	<0,001	0,69±0,04	<0,001	0,74±0,19	-
P		<0,05		<0,01		-		<0,05			<0,01		<0,001	-	
М-РОК, х 10 <sup>9</sup> /л	борцы	0,07±0,02	<0,001	0,15±0,03	-	0,12±0,02	-	0,09±0,01	-	0,14±0,01	<0,01	0,06±0,01	<0,001	0,20±0,03	<0,001
	лыжники	0,12±0,02	-	0,08±0,02	-	0,09±0,01	-	0,05±0,01	<0,01	0,11±0,01	<0,001	0,11±0,02	-	0,18±0,03	-
P		-		-		-		<0,01			<0,05			-	

Динамика абсолютного показателя лизосомальной активности моноцитов (АПЛАМ) не зависела от специфики двигательной активности спортсменов и характеризовалась достоверным снижением уровня в весенне-летний период и повышением его в осенне-зимний. При этом в весенний период уровень этого показателя у лыжников был достоверно выше, чем у борцов.

Изменения количества НСТ-позитивных нейтрофилов у лыжников характеризовались наличием отчетливо выраженных экстремумов: максимум – в период минимальных значений длительности дня (1-й период), минимум – в период максимальной продолжительности дня (5-й период). У борцов средний уровень этого показателя повышался в осенне-зимний и понижался в весенне-летний период. При этом колебания среднего уровня НСТ-позитивных моноцитов у них были более выражены, чем у лыжников, у которых количество НСТ-активных моноцитов достоверно изменялось только в период минимальной длительности дня.

Особенностью изменения уровня Т-лимфоцитов являлось значительное снижение данного показателя у борцов в период стабильного уменьшения длительности дня (7-й период), а у лыжников в период прогрессивного увеличения длительности дня (2-й период). При этом у борцов уменьшение количества Т-лимфоцитов было обусловлено снижением уровня циркулирующих лимфоцитов, в то время как аналогичные сдвиги у лыжников были связаны с изменением доли Т-лимфоцитов в общей популяции лимфоцитов.

Существенные колебания уровня В-лимфоцитов у борцов отмечались в период сокращения длительности дня. В период увеличения длительности дня уровень этих клеток у них оставался стабильным. У лыжников динамика количества В-лимфоцитов была менее выражена и проявлялась достоверным их снижением в период регрессивного увеличения длительности дня, совпадавшего с периодом уменьшения уровня физических нагрузок.

Корреляционный анализ позволил выявить прямые связи между величиной используемых физических нагрузок и показателями функционального состояния фагоцитов крови у спортсменов. В тоже время между уровнем последних и параметрами суточной освещенности наблюдалась обратная зависимость. Наличие реципрокных влияний со стороны физических нагрузок

и сезонных условий среды на состояние лейкоцитов крови, на наш взгляд, имеет существенное значение для рациональной организации тренировочного процесса анаэробной и аэробной направленности в различных видах спорта.

#### Список литературы

1. Агаджанян Н.А., Шабатура Н.Н. Биоритмы, спорт, здоровье. – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 208 с.
2. Биоритмы и труд/ Под ред. А.Д. Слоним. – Л.: Наука, 1980. – 144 с.
3. Голиков А.П., Голиков П.П. Сезонные ритмы в физиологии и патологии. – М.: Медицина, 1973. – 167 с.
4. Деряпа Н.Р., Мошкин М.П., Посный В.С. Проблемы медицинской биоритмологии. – М.: Медицина, 1985. – 208 с.
5. Долгушин И.И., Бухарин О.В. Нейтрофилы и гомеостаз. – Екатеринбург: УрО РАН, 2001. – 283 с.
6. Комаров Ф.И., Малиновская Н.К., Раппорт С.И. Мелатонин и биоритмы организма/ В кн. Хронобиология и хрономедицина. – М.: «Триада-Х», 2000. – С. 82-90.
7. Маянский А.Н., Маянский Д.Н. Очерки о нейтрофиле и макрофаге. – Новосибирск: Наука, 1989. – 254 с.
8. Моисеева Н.И., Любичский Р.Е. Воздействие гелиогеофизических факторов на организм человека// Проблемы космической биологии: Т. 53. – Л.: Наука, 1986. – 136 с.
9. Романов Ю.А., Чепурнов С.А., Клевезаль Г.А. и др. Биологические ритмы// Проблемы космической биологии: Т. 41. – М.: Наука, 1980. – 319 с.
10. Рыбаков В.В., Куликов Л.М., Дятлов Д.А., Колупаев В.А., Долгушин И.И., Винантов В.В. Влияние тренировочных программ годового макроцикла на состояние иммунитета и уровень заболеваемости квалифицированных лыжников-гонщиков// Т и ПФК. – 1995. – № 10. – С. 37-45.
11. Теплова С.Н. Временная организация механизмов неспецифической защиты организма от инфекции: Автореф. дис. ... д.м.н. – Томск: ТГМИ, 1981. – 32 с.
12. Эберт Л.Я., Исаев А.П., Колупаев В.А. Состояние иммунного статуса как показатель степени адекватности тренировочных нагрузок функциональным возможностям спортсменов// Т и ПФК. – 1993. – № 11-12. – С. 20-23.

**Influence of physical loadings anaerobic and aerobic orientations on a condition fagotsits peripheral of blood and level circulatting T- and B- limphotsits at the sportsmen**

Ebert L. Ya., Kolupaev V. A.

The results of watching leucogramme dynamics and indices of phagocytic, lysosomatic and NST-activity of neutrophiles and peripheral blood monocytes, as well as T- and B- lymphocytes level of sportsmen, using mostly anaerobic or aerobic physical loading in their training process are shown in this work.

It is shown here, that during the period of daytime seasonal increase, the motive activity kind influences the level and peculiarities of dynamics phagocytic and lysosomatic activity of neutrophiles greatly. Changes of monocytes functional condition indnces have less depended on the motive activity peculiarities of the sportsmen, while changes of T- and B- lymphocytes level have differed greatly. Presence of reciprocal influences from physical loading and seasonal factor on leucocytes condition is of great significance for rational anaerobic and aerobic training process organization in different kinds of sport.