

УДК 797.21+796.022+612.017

## Влияние дозированной вибрации в подготовительном периоде тренировки на иммунный статус пловцов

Н. А. ПАРАМОНОВА, Н. А. ИВКО, М. Ф. ЕЛИСЕЕВА

### Введение

Непрерывный рост спортивных достижений требует выполнения тренировочных нагрузок все большего объема и интенсивности. В этой связи наиболее важной научно-практической задачей является создание и внедрение в процесс подготовки новых психолого-педагогических и медико-биологических технологий, которые обеспечили бы неуклонный рост спортивных результатов и не относились к разряду допинговых средств. В последние годы в исследованиях, затрагивающих проблему оптимизации тренировочного процесса, все больше внимания уделяется одному из альтернативных средств физической подготовки – дозированной вибрации в виде механических импульсов, направляемых вдоль мышечных волокон – методу стимуляции биологической активности (СБА). Его отличительной чертой является регламентированная генерация вибрационных волн, направленных вдоль мышечных волокон во время выполнения физических упражнений. Параметры вибровоздействий регламентируются (дозировются) по частоте и амплитуде вибрации, по времени воздействия, локализации [3]. Тренировочный эффект сохраняется в течение нескольких месяцев, поэтому применение метода СБА возможно два-три раза в год по 8-10 занятий.

Вибрация является физическим стрессором, вызывающим разнообразные нейровегетативные и соматические реакции в организме человека. Биологические эффекты вибрации могут быть обусловлены как их прямым воздействием на клетку и субклеточные структуры, так и опосредованно – через нейрогуморальные и нейрорефлекторные механизмы. Естественно, что эти воздействия не могут не отразиться на состоянии основной гомеостатической системы – иммунной, так как между иммунной и нервной системами имеются двусторонние связи через общие рецепторы и биологически активные вещества (цитокины и нейропептиды). Из проведенных ранее исследований известно, что при длительной и интенсивной физической нагрузке у спортсменов могут возникать изменения и существенные колебания параметров иммунитета со стороны фагоцитарного, Т- и В-клеточного звеньев иммунитета, что в ряде случаев ведет к развитию вторичных иммунодефицитных состояний, лимитирующих работоспособность [1, 4, 7-10]. Проведенные эксперименты на животных показали, что под действием вибрации снижаются показатели естественного неспецифического иммунитета – лизоцима, комплемента, снижена фагоцитарная активность лейкоцитов, обнаружена повышенная активность гранулоцитов [2]. Однако недостаточно изученным остается вопрос изменения клеточного иммунного ответа на вибрационное воздействие. Предполагается, что особенно чувствительными к вибрации являются Т-лимфоциты на фоне увеличенного количества В-лимфоцитов. Указанные изменения появляются после краткой экспозиции вибрации. В литературе указывается на то, что показатели, характеризующие клеточный иммунитет, могут быть полезными критериями и для оценки степени патологического процесса [2].

Учитывая главную роль иммунной системы в развитии иммунодефицитных состояний в условиях интенсивного воздействия физических нагрузок и физических факторов (вибрации), целью данного исследования являлось изучение влияния метода СБА на состояние лимфоцитарно-клеточного звена иммунитета у пловцов.

### Методы и организация исследования

Исследования по определению влияния дозированной вибрации на иммунный статус проводились в подготовительном периоде годичного цикла тренировки у 10 пловцов мужского пола в возрасте от 13 до 15 лет, имевших спортивную квалификацию от II взрослого разряда до КМС. Спортивный стаж занятий плаванием составлял от 2 до 7 лет. Курс вибрационных тренировок проводился на тренажере-стимуляторе типа «Виброком» с частотой вибрации – 26-28 Гц, амплитудой – 4 мм. Время экспозиции в ходе одного упражнения – от 1 до 3 минут, суммарное время вибрационной нагрузки за одно занятие не превышало 30 минут. Локализация, то есть место приложения вибрационных ударов – стопы и кисти.

Спортсменами были выполнены 8 стимуляционных занятий с постепенно возрастающей нагрузкой (на первом занятии выполнялся один подход, на втором – два с отдыхом 3-5 минут и т.д.), т.е. в тренировочной серии объем каждого последующего занятия увеличивался за счет прибавления одного подхода к предыдущей серии. Каждый подход состоял из двух упражнений: сгибание и разгибание рук из исходного положения упор сидя сзади при опоре руками о вибрирующую платформу тренажера с установкой «до отказа», приседания на вибрирующей платформе с установкой «до отказа». Также исследовался отставленный эффект вибровоздействия, который определялся через 1 месяц после окончания 8 серий вибростимуляционных занятий.

Взятие биоматериала (периферическая кровь) проводилось у всех спортсменов трижды в динамике (до начала, по окончании и спустя месяц после эксперимента) в стандартных условиях: в утренние часы (9-10 часов) натощак. Проводилось лабораторное иммунологическое обследование по единой программе.

Определение популяционного и субпопуляционного состава лимфоцитов у пловцов до и после проведения курса СБА осуществляли с помощью проточной лазерной цитометрии методом прямой иммунофлуоресценции с использованием моноклональных антител с двойной меткой («Beckman Coulter», США). Для этого была использована CDC-панель: CD3-FITC/CD19-PE, CD45-FITC/CD14-PE, CD $\gamma$ 1-FITC/CD $\gamma$ 1-PE, CD3-FITC/CD4-PE, CD3-FITC/CD8-PE, CD3-FITC/HLA-DR-PE, CD3-FITC/CD16+56+-PE, согласно которой определяли содержание В- и Т-лимфоцитов, хелперно-индукторной и супрессорно-цитотоксической субпопуляций Т-лимфоцитов, натуральных киллеров (НК-клетки) и натуральных киллеров с фенотипом Т-лимфоцитов (НКТ-клетки), активированных Т-лимфоцитов. Подготовку образцов периферической крови для иммунофенотипического анализа проводили с помощью автоматической станции Q-PREP («Beckman Coulter», США) с использованием 35-секундного цикла. Анализу подвергали gate лимфоцитарных клеток готового образца (как минимум 3000 клеток на пробу) на проточном цитофлуориметре «EPICS XL» («Beckman Coulter», США) с помощью программного обеспечения «System II ver. 3,0» («Beckman Coulter», США). Нормативные данные по изучаемым показателям были предоставлены российским представителем «Beckman Coulter». Абсолютное содержание субпопуляций лимфоцитов, несущих соответствующие маркеры, в 1 мкл крови рассчитывалось относительно абсолютного числа лимфоцитов, принимаемых за 100 %. Для дополнительной характеристики Т-клеточного звена иммунной системы вычисляли иммунорегуляторный индекс (CD4+/CD8+).

При статистической обработке результатов исследований [5] с помощью пакета программ Statistica версия 6.0 для Windows определяли среднее значение показателя в выборке (M), ошибку средней арифметической (m). Значимость различий между показателями разных этапов обследования проверялась по парному t-критерию Стьюдента.

### Результаты и обсуждение

Результаты анализа популяционного и субпопуляционного состава лимфоцитов периферической крови обследованных пловцов в ходе проведенного эксперимента поэтапно приведены в таблице.

Таблица.

Динамика показателей содержания основных популяций и субпопуляций лимфоидного звена иммунитета у пловцов под влиянием метода СБА

Показатели (норма – N)	Этапы исследования	Средние данные (M±m)	Частота случаев за пределами колебаний	
			<N	>N
1	2	3	4	5
CD3-/CD19+ В-лимфоциты, % (7,0-17,0)	до СБА	15,83±0,75	0	30
	после СБА	17,20±1,33	0	50
	через 1 месяц	24,41±1,57** ++	0	80
CD3-/CD19+ В-лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л (0,111-0,376)	до СБА	0,31±0,032	0	20
	после СБА	0,31±0,024	0	30
	через 1 месяц	0,41±0,057** ++	0	50
CD3+/CD19- Т-лимфоциты, % (61,0,-85,0)	до СБА	68,78±2,77	20	0
	после СБА	72,89±2,00 **	0	0
	через 1 месяц	72,36±2,34 *	10	0
CD3+/CD19- Т-лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л (0,946-2,079)	до СБА	1,41±0,18	20	30
	после СБА	1,38±0,13	0	10
	через 1 месяц	1,46±0,15	10	10
CD3+/CD4+ Т-хелперы-индукторы, % (35,0-55,0)	до СБА	37,96±2,19	30	0
	после СБА	42,0±2,54 **	20	10
	через 1 месяц	40,35±1,98 **	20	0
CD3+/CD4+ Т-хелперы-индукторы, 10 <sup>9</sup> /л (0,576-1,336)	до СБА	0,77±0,10	30	0
	после СБА	0,79±0,076	10	0
	через 1 месяц	0,80±0,077	10	0
CD3+/CD8+ Т-супрессоры/цитотокси- ческие, % (19,0-35,0)	до СБА	26,17±1,70	0	0
	после СБА	26,93±1,73	0	10
	через 1 месяц	28,19±1,17 +	0	10
CD3+/CD8+ Т-супрессоры/цитотокси- ческие, 10 <sup>9</sup> /л (0,372-0,974)	до СБА	0,55±0,089	30	10
	после СБА	0,52±0,073	40	0
	через 1 месяц	0,57±0,063	10	0
CD4+/CD8+ Иммунорегуляторный индекс, усл. ед. (1,5-2,5)	до СБА	1,51±0,13	60	0
	после СБА	1,62±0,14 *	40	0
	через 1 месяц	1,45±0,087 +	60	0
CD3-/CD16+56+ Натуральные киллеры (NK-клетки), % (12,0-18,0)	до СБА	12,19±2,14	70	30
	после СБА	7,9±1,31 **	90	0
	через 1 месяц	7,67±1,022 **	80	0
CD3-/CD16+56+ Натуральные киллеры (NK-клетки), 10 <sup>9</sup> /л (0,123- 0,369)	до СБА	0,25±0,05	20	20
	после СБА	0,15±0,026 **	40	0
	через 1 месяц	0,15±0,020 **	40	0
CD3+/CD16+56+ Натуральные киллеры фенотипом Т-лимфоцитов (ТНК-клетки), % (0,0-6,0)	до СБА	7,77±1,06	–	60
	после СБА	9,76±0,57 *	–	100
	через 1 месяц	6,62±0,74 ++	–	60

1	2	3	4	5
CD3+/CD16+56+ Натуральные киллеры с фенотипом Т-лимфоцитов (ТНК-клетки), 10 <sup>9</sup> /л	до СБА	0,16±0,03	–	–
	после СБА	0,18±0,02	–	–
	через 1 месяц	0,14±0,025	–	–
CD3+/HLA-DR+ Активированные Т-лимфоциты, % (0,0-6,0)	до СБА	1,62±0,3	–	0
	после СБА	1,65±0,24	–	0
	через 1 месяц	1,69±0,54	–	10
CD3+/HLA-DR+ Активированные Т-лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л	до СБА	0,044±0,01	–	–
	после СБА	0,033±0,007	–	–
	через 1 месяц	0,03±0,007	–	–

Примечания. Достоверные отличия по сравнению с исходными показателями: \* –  $P < 0,01$ ; \*\* –  $P < 0,05$ ; достоверные отличия между 2 и 3 этапами обследования: + –  $P < 0,01$ ; ++ –  $P < 0,05$ .

Исходный фон (до СБА) у пловцов отличался высоким уровнем относительного числа натуральных киллеров с фенотипом Т-лимфоцитов, выявленным у 60% лиц, а также низким – натуральных киллеров, среднegrupповое значение которых находилось на нижней границе принятой физиологической нормы. Однако индивидуальный анализ показал, что выход за границы нормы числа НК-клеток регистрировался у всех обследованных спортсменов: низкое их количество обнаруживалось в 70% случаев, высокое – в 30%. Уровень содержания В- и Т-лимфоцитов, Т-лимфоцитов хелперов-индукторов, супрессорно-цитотоксической субпопуляции Т-лимфоцитов и соответственно хелперно-супрессорный коэффициент не выходили за пределы норматива. Содержание Т-лимфоцитов с антигенной детерминантой HLA-DR+ было низким, что указывало на незначительный исходный уровень активированных Т-лимфоидных клеток.

При сравнении показателей Т-клеточного иммунитета у пловцов после СБА с иммунной характеристикой в исходном состоянии отмечалось изменение относительных количеств Т-лимфоцитов, Т-хелперно-индукторной субпопуляции, ТНК-клеток. Однако достоверное увеличение ( $P < 0,05$ ), находящееся в пределах принятой физиологической нормы, было установлено по двум показателям – CD3+/CD19- (на 6,0%) и CD3+/CD4+ (на 10,6%). Отсюда за счет возрастания среднестатистического значения относительного количества хелперно-индукторной субпопуляции Т-лимфоцитов несколько возросло и значение иммунорегуляторного индекса ( $P < 0,01$ ), притом, что низкие его значения выявлены в исходном состоянии в 60% случаях, а после применения метода СБА – в 40%. В то же время выход за интервал нормальных вариаций по основным субпопуляциям Т-лимфоцитов почти не регистрировался.

Также на втором этапе обследования было установлено некоторое увеличение ( $P < 0,01$ ) среднegrupпового относительного количества CD3+/CD16+56+ клеток на 25,6%, которое отмечалось уже у всех спортсменов. В то же время было установлено, что исходно невысокое относительное содержание НК-клеток снизилось ( $P < 0,05$ ). Выход индивидуальных значений этих CD3-/CD16+56+ клеток за пределы нижней границы нормы регистрировался уже в 90% случаев. Известно, что натуральные киллеры, которые были названы «стресс-лимфоцитами» [1], обладают цитотоксическими свойствами по отношению к опухолям и к клеткам, пораженным вирусами [6]. Одновременно выявлено достоверное снижение не только относительной (на 35,2%), но и абсолютной (на 40,0%) величин среднegrupпового количества НК-клеток ( $P < 0,05$ ). Следует предположить, что невысокое количество этих больших гранулярных клеток предопределяет их незначительный реактивный ответ.

Анализ индивидуальных значений В- и Т-клеток, а также супрессорно-цитотоксической субпопуляции Т-лимфоцитов не выявил существенной разницы между первым и вторым этапами обследования. Поэтому нет никаких оснований судить о развитии нарушений со стороны иммунологической реактивности у пловцов во время курса метода СБА.

Однако в результате анализа лабораторных характеристик данных пловцов спустя месяц после СБА по сравнению с исходным состоянием было выявлено, что повысился относи-

тельный уровень не только клеток-носителей маркеров CD3+/CD19- на 5,2% ( $P<0,01$ ), CD3+/CD4+ на 6,3% ( $P<0,05$ ), но и CD3-/CD19+ на 54,2% ( $P<0,05$ ). Причем у обследованных лиц имеет место достоверный рост числа В-клеток как в относительных, так и в абсолютных значениях, но не выходящий за пределы физиологической нормы. При индивидуальном анализе установлено, что частота случаев выхода В-лимфоцитов за верхнюю границу нормы возросла с 30,0% до 80,0% случаев. Такой рост В-клеток в циркуляции, по-видимому, не может быть расценен как усиление пролиферации и миграции этих клеток под влиянием стимулов, исходящих от НК-клеток, так как число натуральных клеток оставалось к концу эксперимента на невысоком уровне ( $P<0,05$ ). Снижение CD3-/CD16+56+ клеток в относительных величинах в периферической крови произошло на 37,1%, а в расчете числа клеток на литр крови – на 40,0%.

Результаты оценки среднестатистической численности Т-лимфоцитов, несущих различные маркеры, в крови пловцов, подвергшихся СБА, показали, что за счет увеличения среднегрупповых значений относительного количества Т-лимфоцитов ( $P<0,01$ ), хелперно-индукторной субпопуляции ( $P<0,05$ ) при некотором увеличении супрессорно-цитотоксической субпопуляции Т-лимфоцитов ( $P<0,01$ ) достаточно стабильным оставалось значение иммунорегуляторного индекса, находящегося в границах нормальных колебаний.

Как по окончании курса, так и через месяц после СБА концентрация активированных Т-клеток у всех обследованных пловцов в средних результатах оставалось на неизменно низком уровне, что свидетельствует об отсутствии у них активации Т-лимфоидного звена иммунной системы.

Таким образом, спустя месяц после воздействия СБА по сравнению со вторым этапом обследования были выявлены следующие изменения со стороны количественных характеристик лимфоидного звена иммунной системы пловцов: нарастание относительного количества в периферической крови В-лимфоцитов ( $P<0,05$ ) на 41,9%, супрессорно-цитотоксической субпопуляции Т-лимфоцитов ( $P<0,01$ ) на 4,6%, уменьшение относительного числа ТНК-клеток ( $P<0,05$ ) на 32,2%, абсолютного – на 22,2%.

### Заключение

1. В процессе проведения курса СБА в подготовительном периоде годового цикла у пловцов наблюдались изменения со стороны лимфоидно-клеточного звена иммунной системы периферической крови, что выразилось достоверным увеличением относительного количества Т-лимфоцитов (CD3+/CD19-), Т-хелперов-индукторов (CD3+/CD4+), натуральных киллеров с фенотипом Т-лимфоцитов (CD3+/CD16+56+) при снижении относительного и абсолютного числа натуральных киллеров (CD3-/CD16+56+).

2. Через 1 месяц после применения курса СБА со стороны количественных характеристик лимфоидного звена иммунной системы пловцов выявлено нарастание в периферической крови количества В-лимфоцитов (CD3-/CD19+) и незначительное – супрессорно-цитотоксической субпопуляции Т-лимфоцитов (CD3+/CD8+).

3. По результатам проведенных исследований можно говорить о сдвигах в регуляторных механизмах гомеостаза. Можно предположить, что применение в подготовительном периоде тренировочного процесса дозированной вибрации сопровождается некоторым увеличением напряженности защитных механизмов, а становление компенсаторных процессов в организме осуществляется на ином уровне регуляции метаболизма.

4. Полученные результаты исследований послужат накоплению данных о реакциях организма спортсменов на применение метода СБА, и будут способствовать оптимизации процесса подготовки спортсменов. С целью дальнейшей дифференциации направленности действия СБА в зависимости от вида спорта, периода подготовки, уровня мастерства и возраста необходимо продолжить исследования в области изучения влияния данного метода на различные звенья иммунной системы.

**Abstract.** The paper presents results of studying the state of an organism before and after vibration training on parameters of lymphoid link immune systems.

### Литература

1. Г. Е. Аронов, *Иммунологическая реактивность при различных режимах физических нагрузок*, Киев, Здоров'я, 1987.
2. М. Г. Ляпин, *Воздействие вибраций на иммунную систему (аналитический обзор)*, Медицина труда и промышленная экология, № 12 (1999), 30–34.
3. А. А. Михеев, *Стимуляция биологической активности как метод управления развитием физических качеств спортсменов*, В 2 ч., Минск, АП Минск-Новости, 1999.
4. С. Б. Першин, Г. В. Кончугова, *Стресс и иммунитет*, Москва, Крон-пресс, 1996.
5. П. Ф. Рокицкий, *Биологическая статистика*, Минск, Высшая школа, 1973.
6. И. Н. Семененя, *Естественные киллерные клетки (ЕКК) как звено в иммунной системе организма*, Иммунология, № 2 (1993), 4–6.
7. Р. С. Суздальницкий, В. А. Левандо, *Иммунологические аспекты спортивной деятельности человека*, Теория и практика физической культуры, № 10 (1998), 43–46.
8. Р. С. Суздальницкий, В. А. Левандо, *Новые подходы к пониманию спортивных стрессорных иммунодефицитов*, Теория и практика физической культуры, № 1 (2003), 18–22.
9. В. А. Таймазов, В. Н. Цыган, Е. Г. Мокеева, *Спорт и иммунитет*, Санкт-Петербург. Издательство «Олимп СПб», 2003.
10. Р. М. Хаитов, Б. В. Пинегин, Х. И. Истамов, *Экологическая иммунология*, Москва, ВНИРО, 1995.

НИИ физической культуры и спорта  
Республики Беларусь,

Поступило 4.08.05

Белорусский государственный  
университет физической культуры

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ