

## ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ОЦЕНКИ АДАПТАЦИОННЫХ РЕЗЕРВОВ СПОРТСМЕНА

**М.А. Мягкова, С.Н. Петроченко, А.С. Крылов**

*Институт физиологически активных веществ РАН, г. Черноголовка, Московская обл., Россия*

**Цель исследования.** Определение иммунологических маркеров, естественных антител (е-Ат) к эндогенным биорегуляторам (ЭБ), вовлеченным в адаптационные процессы: бета-эндорфину, орфанину, серотонину, дофамину, гистамину, ангиотензину, глутамату и ГАМК. **Материалы и методы исследования.** Проведено исследование методом иммуноферментного анализа (ИФА) образцов сыворотки крови спортсменов (22 чел.), занимающихся греко-римской борьбой длительностью от 5 до 14 лет, футболистов (15 чел.) и хоккеистов (28 чел.). **Результаты исследования.** Для спортсменов-борцов по мере увеличения спортивной нагрузки через 28 дней от начала занятий обнаружено достоверное увеличение уровней е-Ат к  $\beta$ -эндорфину, глутамату, ГАМК и дофамину. Содержание е-Ат к орфанину было повышено на протяжении тренировочного цикла. Полученные результаты, характеризующие сбалансированность процессов с участием ГАМК и глутамата, показали одновременное повышение антител к указанным регуляторам для спортсменов всех выбранных групп. Причем эти показатели не зависели от длительности спортивной практики. Для футболистов значимыми являются показатели глутамата и лишь после нагрузки изменяются результаты для орфанина и ГАМК. У хоккеистов изначально активированы системы с нейромедиаторами орфанина, глутамата, ГАМК, которые не зависят от нагрузки. Количество спортсменов с увеличенным содержанием е-Ат к глутамату при нагрузке возрастает до 82 % от первоначального состава. **Заключение.** Таким образом, получены экспериментальные данные, позволяющие дифференцировать варианты ответа организма на физические нагрузки. На основании использования типов и характеристик иммунопрофиля можно выбрать стратегию восстановления и коррекции показателей адаптации.

**Ключевые слова:** естественные антитела, эндогенные биорегуляторы, адаптационный резерв, тренировочная нагрузка.

**Введение.** Для профессионального спорта процесс адаптации имеет исключительное значение и связан с возможностями организма в короткий промежуток времени приспосабливаться к изменяющейся физической нагрузке, с включением психоэмоциональных ресурсов [6]. Тренированность спортсмена характеризуется моментом быстроты и длительности наступления адаптации. Главная роль в этом отводится активности функции биохимических процессов, которые поддерживаются целым рядом эндогенных биорегуляторов (ЭБ) [2, 5]. Именно их уровень определяет пределы адаптационных возможностей. Занятия спортом в обязательном порядке изменяют процессы метаболизма в организме. При этом, соответственно, варьирует и функциональная активность ключевых эндогенных биомолекул, относящихся к различным гуморальным регуляторным звеньям [1, 9]. Эти показатели могли бы стать основой для разработки методов оценки ресурсов адаптации. Однако за-

трудняет этот процесс чрезвычайная лабильность этих биомолекул. Уровень ЭБ, их концентрация быстро меняются в условиях смены биоритмов и других ситуаций [1, 10]. В последних исследованиях подтверждено, что иммунологические показатели, а именно естественные антитела (е-Ат), могут стать основой для создания новых методов оценки адаптационных резервов человека [5, 8]. В организме е-Ат способны специфически взаимодействовать с эндогенными биомолекулами, контролируя их уровень, функциональную активность, а в ряде случаев обеспечивают их транспорт. Важно отметить, что е-Ат, являясь иммуноглобулинами, белковыми молекулами, отличаются от ЭБ скоростью метаболизма и могут длительное время циркулировать в кровотоке. При этом они сохраняют память обо всех качественных и количественных изменениях ЭБ, обеспечивающих гомеостатическое равновесие в процессе адаптации организма. Они участвуют в модуляции действия эндо-

генных биорегуляторов [4, 9]. На сегодняшний день важным вопросом, требующим решения специалистов, является необходимость расширения перечня методов для спортсменов. При этом должны быть использованы биохимические, иммунологические показатели [3]. Определение динамики изменения таких характеристик даст возможность объективизировать состояние организма в период постнагрузочного восстановления. На основании их анализа можно выбрать цикл тренировочного процесса, ориентируясь на высокий уровень спортивных результатов.

Цель настоящей работы заключалась в определении иммунологических показателей, уровня антител к эндогенным регуляторам, поддерживающим гомеостатическое равновесие при физических нагрузках, в динамике тренировочного цикла для выявления биологических прогностических маркеров адаптационного потенциала спортсменов.

**Материалы и методы.** Проведено экспериментальное исследование, в котором принимали участие спортсмены, занимающиеся различными видами спорта: хоккеем (28 чел.), футболом (15 чел.) и греко-римской борьбой (22 чел.). Возраст их составлял для борцов от 13 лет, для хоккеистов и футболистов – от 18 до 24 лет. Образцы предоставлены спортивной школой «Спарта», г. Москва, футбольным клубом «Уфа» и хоккейным клубом «Динамо», г. Москва. Все спортсмены имели высокую квалификацию от 1-го разряда до КМС. Стаж занятия борьбой соответствовал 5–14 годам, для хоккеистов и футболистов он был равен в среднем 5 годам. В соответствии с принятыми стандартами обследования все спортсмены давали информированное согласие и прошли медосвидетельствование. Время отбора образцов для анализа согласовывалось с тренерской программой (ТП). Для футболистов и хоккеистов пробы для анализа забирали до нагрузки и после ее завершения. В случае греко-римских борцов график получения образцов сыворотки крови для анализа происходил трехэтапно с интервалом 14 дней. Первый день соответствовал нулевой точке, последующие 14-й и 28-й дни были 2-м и 3-м этапами. Контрольной группой для сравнения были добровольцы, занимающиеся оздоровительной физкультурой. Тестирование нагрузки выполняли с помощью велоэргометра SHELLER. По разработанным

методикам проводили выбор ступени, учитывая при этом массу тела спортсмена. Для первой ступени нагрузка соответствовала 1 Вт/кг. В дальнейшем по мере нарастания нагрузки – по 50 Вт, при этом пульс составлял 170 уд./мин. В эксперименте в качестве метода исследования иммунологических показателей выбран иммуноферментный анализ. Определения антител к эндогенным биорегуляторам в сыворотке крови проводили с помощью «Набора реагентов для ИФА» «АДИМУСТАТ®» (ФСР 2010/08813) – производитель компания «Дианарк», г. Москва. Статистическую обработку полученных в эксперименте данных проводили с использованием стандартных приемов. Применяли расчетные величины средней арифметической ( $M$ ), стандартной ошибки ( $m$ ), критерия Стьюдента – Уэлча ( $t$ ). Гипотезу принимали при уровне достоверности 95 % ( $p = 0,05$ ).

**Результаты.** Проведено определение иммунологических показателей у спортсменов, занимающихся греко-римской борьбой. Методом ИФА измерили е-Ат для линейки регуляторов: серотонин, гистамин, дофамин, глутамат, ГАМК, орфанин,  $\beta$ -эндорфин, ангиотензин. Именно перечисленные выше эндогенные биомолекулы относятся к регуляторным системам, наиболее ярко отражающим изменения показателей гомеостатического равновесия при физических нагрузках. Известно, что в адаптационных ресурсах спортсмена значительную роль играет состояние целого ряда биохимических систем. Например, система ноцицепции, которая участвует в трансляции импульсов боли. Другими важными составляющими адаптации являются процессы, связанные с дыхательной регуляцией, контролем памяти, способностью к обучению. Значимой является также система, контролирующая психоэмоциональное состояние человека, его реакцию на стресс и др. Все указанные выше биомолекулы играют существенную роль в реализации функций перечисленных систем [7, 10]. Результаты определения е-Ат в пробах крови спортсменов-борцов представлены в табл. 1. Они соответствуют трем этапам. 1-й день отбора образцов является 1-м этапом, забор на 14-й день – это 2-й этап эксперимента и 28-й день отбора проб является его 3-м этапом.

Из данных табл. 1 видно, что для первого дня забора анализируемых образцов крови значение среднего уровня е-Ат по группе

Таблица 1  
Table 1Иммунопоказатель е-Ат (OD<sub>450</sub> ИФА (M ± m)) в пробах сыворотки крови спортсменов-борцов  
Natural antibodies (OD<sub>450</sub> ELISA (M ± m)) in the blood serum of wrestlers

Показатель / Indicator	Контрольная группа (n = 22) Control group	Обследуемая группа, этап (n = 22) Experimental group, stage		
		1	2	3
е-Ат к β-эндорфину / Nabs to β-Endorphin	0,69 ± 0,09	0,78 ± 0,13	0,78 ± 0,09	0,87 ± 0,18*
е-Ат к орфанину / Nabs to Orphanin	0,81 ± 0,08	1,17 ± 0,12	1,16 ± 0,09	1,22 ± 0,10*
е-Ат к ГАМК / Nabs to GABA	0,75 ± 0,12	0,86 ± 0,14	0,94 ± 0,1	1,05 ± 0,15*
е-Ат к глутамату / Nabs to Glutamate	0,77 ± 0,15	0,79 ± 0,16	0,92 ± 0,12	1,19 ± 0,13*
е-Ат к гистамину / Nabs to Histamine	0,79 ± 0,11	0,84 ± 0,17	0,80 ± 0,11	0,89 ± 0,2
е-Ат к ангиотензину / Nabs to Angiotensin	0,69 ± 0,13	0,78 ± 0,14	0,79 ± 0,09	0,84 ± 0,18
е-Ат к дофамину / Nabs to Dopamine	0,73 ± 0,09	0,82 ± 0,16	0,87 ± 0,10	1,05 ± 0,20*
е-Ат к серотонину / Nabs to Serotonin	0,75 ± 0,08	0,88 ± 0,16	0,93 ± 0,10	0,88 ± 0,19

Примечание: \* p &lt; 0,05 – по отношению к контрольной группе.

Note: \* – p &lt; 0.05 – in relation to the control group.

спортсменов соответствовали показателям контроля. Отличительной особенностью является высокий уровень антител к орфанину. Далее по мере возрастания тренировочной нагрузки и при сравнении группы спортсменов с контрольной группой установлено, что происходят изменения иммунологических маркеров, антител к эндогенным регуляторам: β-эндорфину, глутамату, ГАМК и дофамину. После начала 14-дневной подготовки спортсменов наблюдается процесс развития повышения уровня антител к указанным биомолекулам. Однако лишь через 28 дней ведения тренировок уровень е-Ат к перечисленным ЭБ повышается достоверно. Как уже отмечено выше, на первом этапе обследования группа спортсменов характеризуется высоким показателем е-Ат к орфанину. С точки зрения рассмотрения полученных данных для оценки возможных адаптационных резервов состояния здоровья спортсмена следует подчеркнуть, что антиопиатный пептид орфанин является основным противоболевым регулятором. Соответственно, результат, полученный в эксперименте, показывает, насколько трансляция болевого импульса в организме спортсмена является высокой и устойчивой уже на начальном подготовительном этапе. Дополнительным подтверждением ресурсных возможностей стало выявление на этом фоне подъема уровня антител к β-эндорфину. Литературные источники свидетельствуют, что физические упражнения в интенсивном формате способствуют внутренней «самокомпенсации», при этом в организме резко увеличивают содер-

жание указанного пептида. Перечисленные факты могут облегчать переносимость нагрузки [10]. Важным вопросом в рассмотрении адаптационных ресурсов является оценка сбалансированности энергообеспечения организма спортсмена. В эксперименте установлено, что на заключительной стадии процесса тренировок выявляется симбатное изменение содержания антител к медиаторам системы возбуждения и торможения, глутамату и ГАМК в сторону повышения. Из литературы известно о функции медиатора торможения ГАМК, касающейся поддержания уровня баланса гормонов, нейротрансмиторов, способных вызвать перевозбуждение в организме человека [7]. Выполненное экспериментальное исследование позволило установить взаимосвязь изменения иммунологических параметров адаптации с длительностью спортивной деятельности и уровнем физической нагрузки. Для этого спортсменов разделили на три условные группы, отличающиеся временем занятия спортом. Первая – это борцы по греко-римской борьбе со стажем 11–14 лет. Спортсмены второй группы объединены по периоду занятия борьбой от 8 до 10 лет. Борцовский стаж спортсменов третьей группы составлял от 5 до 7 лет. В каждой группе проводили анализ проб сыворотки крови в соответствии с этапным планом нагрузки. Первый день соответствовал нулевой точке, последующие 14-й и 28-й дни были 2-м и 3-м этапами. Результаты анализа иммунопоказателей приведены в табл. 2. Выполнено определение антител для диагностически значимых ЭБ:

Иммунопоказатель е-Ат в сыворотке крови (OD<sub>450</sub> в ИФА (M ± m))  
для греко-римских борцов, различающихся стажем занятия  
Natural antibodies in the blood serum (OD<sub>450</sub> ELISA (M ± m)) of wrestlers  
with different sports experience

Показатель Indicator		е-Ат к орфанину Nabs to Orphanin	е-Ат к ГАМК Nabs to GABA	е-Ат к глутамату Nabs to Glutamate
Контрольная группа, n = 22 Control group		0,81 ± 0,08	0,77 ± 0,09	0,81 ± 0,09
1-я группа (11–15 лет), n = 8 1st group (11–15 years)	1-й этап 1st stage	1,01 ± 0,08	0,83 ± 0,09	0,78 ± 0,07
	2-й этап 2nd stage	0,88 ± 0,08	0,91 ± 0,06	0,93 ± 0,15
	3-й этап 3rd stage	1,14 ± 0,08*	1,19 ± 0,11*	1,21 ± 0,07*
2-я группа (8–10 лет), n = 4 2nd group (8–10 years)	1-й этап 1st stage	1,09 ± 0,08	0,89 ± 0,08	0,75 ± 0,11
	2-й этап 2nd stage	0,98 ± 0,07	0,81 ± 0,12	0,99 ± 0,07
	3-й этап 3rd stage	1,24 ± 0,09*	1,08 ± 0,15*	1,10 ± 0,12*
3-я группа (5–7 лет), n = 10 3rd group (5–7 years)	1-й этап 1st stage	1,32 ± 0,08*	0,87 ± 0,13	0,81 ± 0,07
	2-й этап 2nd stage	1,51 ± 0,11*	1,02 ± 0,12*	0,91 ± 0,08
	3-й этап 3rd stage	1,39 ± 0,06*	1,14 ± 0,15*	1,21 ± 0,08*

Примечание: \* p < 0,05 – по отношению к контрольной группе.

Note: \* – p < 0.05 – in relation to the control group.

орфанина, глутамата и ГАМК в каждой из перечисленных групп.

Практическое применение результатов для оценки потенциала адаптации установлено на основе анализа изменения содержания антител к орфанину, глутамату и ГАМК. Так, степень переносимости боли характеризуется уровнем антител к орфанину. Значение этого показателя уже на первом этапе для всех спортсменов первой группы имеет достоверно высокий уровень. Именно они наименее опытные в занятиях борьбой. С другой стороны, установлены отличия иммунологических показателей для спортсменов второй и третьей борцовской группы. Так, с увеличением нагрузки лишь к 28-му дню тренировок выявлено достоверное изменение содержания антител к орфанину. Анализ иммунологических показателей е-Ат к ГАМК и глутамату показал их симбатное увеличение также к третьему этапу тренировки с возрастанием нагрузки. Показано, что длительность занятия спортом, греко-римской борьбой в частности,

не влияет на изменения в сторону возрастания этих показателей. Динамика роста показателей сохраняется в каждой группе спортсменов, участников эксперимента.

Для спортсменов-хоккеистов и футболистов проведено сравнительное определение в состояниях покоя и нагрузки анализируемой панели иммунологических показателей (табл. 3).

Как видно из представленных результатов, для футболистов актуальны только показатели иммуноанализа для глутамата. Однако с увеличением нагрузки возрастают уровни показателей для ГАМК и орфанина. В отличие от этой группы спортсменов для хоккеистов выявлены изначально высокие показатели как в покое, так и при нагрузке для систем с участием трех диагностически значимых ЭБ. Это орфанин, ГАМК и глутамат. Причем количество спортсменов с достоверно повышенным уровнем антител растет по мере увеличения нагрузки и достигает 82 % от первоначального состава.

Таблица 3  
Table 3

Результаты анализа естественных антител (OD<sub>450</sub> ИФА (M ± m))  
в сыворотке крови спортсменов, занимающихся футболом и хоккеем  
Natural antibodies (OD<sub>450</sub> ELISA (M ± m))  
in the blood serum of football and hockey players

Показатель Indicator	Показатели антител (OD <sub>450</sub> ) Indicators of natural antibodies				
	Контрольная группа (n = 22) Control group	Футболисты (n = 15) Football players		Хоккеисты (n = 28) Hockey players (n = 28)	
		Покой / Rest	Нагрузка / Exercise	Покой / Rest	Нагрузка / Exercise
β-эндорфин β-Endorphin	0,69 ± 0,09	0,87 ± 0,37	0,85 ± 0,35	0,88 ± 0,25	0,86 ± 0,25
Серотонин Serotonin	0,75 ± 0,08	0,94 ± 0,26	0,90 ± 0,27	0,75 ± 0,15	0,75 ± 0,15
Дофамин Dopamine	0,73 ± 0,09	0,76 ± 0,20	0,87 ± 0,37	0,69 ± 0,13	0,66 ± 0,13
Гистамин Histamine	0,79 ± 0,11	0,84 ± 0,23	0,82 ± 0,23	0,65 ± 0,11*** (p = 0,0001)	0,66 ± 0,12*** (p = 0,0001)
Орфанин Orphanin	0,81 ± 0,08	0,99 ± 0,33	1,05 ± 0,34*	1,15 ± 0,32** (p = 0,003)	1,24 ± 0,32*** (p = 0,0001)
Ангиотензин Angiotensin	0,69 ± 0,13	0,88 ± 0,23	0,83 ± 0,25	0,70 ± 0,16	0,69 ± 0,15
ГАМК GABA	0,75 ± 0,12	0,90 ± 0,21	0,95 ± 0,25*	1,03 ± 0,23*** (p = 0,0001)	1,08 ± 0,21*** (p = 0,0001)
Глутамат Glutamate	0,77 ± 0,15	1,00 ± 0,25*	1,03 ± 0,27*	0,98 ± 0,19*** (p = 0,0001)	1,03 ± 0,19*** (p = 0,0001)

**Заключение.** Результатом проведенного исследования является диагностический тест, который дает возможность оценить адаптационные ресурсы организма спортсмена. Измерение иммунологических показателей позволяет обнаружить разницу в подготовленности физиологического состояния спортсменов: получать либо различный уровень физической нагрузки, либо заниматься определенными видами спорта. Так, показано, что для спортсменов-борцов по сравнению с хоккеистами значимым показателем для диагностики ресурсов адаптации является содержание антител к орфанину, отражающее состояние противоболевой системы организма. Одинаково значимыми для обоих видов спорта являются показатели, отражающие содержание антител к ГАМК и глутамату, которые характеризуют в организме состояние физиологических процессов активации и торможения. Определение иммунологических показателей имеет практическую направленность для применения в спортивной медицине.

### Литература

1. Антитела к эндоргинам биорегуляторам и их связь с возрастными и гендерными особенностями хронического болевого синдрома / М.А. Мягкова, С.Н. Петроченко, В.С. Морозова и др. // Журнал неврологии и психиатрии им. Корсакова. – 2013. – № 4. – С. 41–44.
2. Захарьева, Н.Н. Прогностическое значение физиологического тестирования для спортивного отбора перспективных гимнасток-художниц высокой квалификации / Н.Н. Захарьева, Е.Н. Яшкина // Теория и практика физ. культуры и спорта. – 2017. – № 1. – С. 75–78.
3. Макарова, Г.А. Клинико-лабораторное обследование спортсменов высшей квалификации: основные направления совершенствования / Г.А. Макарова, Ю.А. Холякко, Г.В. Верлина // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2013. – № 7 (115). – С. 4–13.
4. Пальцев, М.А. Аутоиммунитет и аутоиммунный синдром: границы нормы и патологии / М.А. Пальцев, А.Б. Полетаев, С.В. Сучков // Вестник РАМН. – 2010. – № 8. – С. 1–3.
5. Синдром перетренированности у спортсменов / Г.А. Макарова, С.В. Волков, Ю.А. Холякко, С.А. Локтев // Физ. культура, спорт – наука и практика. – 2014. – № 3. – С. 29–32.
6. Kreher, J.B. Diagnosis and prevention of overtraining syndrome: an opinion on education strategies. Open Access / J.B. Kreher // J Sports Med. – 2016. – Vol. 7. – P. 115–22.
7. Maddock, R.J. Acute modulation of cor-

*tical glutamate and GABA content by physical activity / R.J. Maddock // Journal of Neuroscience. – 2016. – Vol. 36, no. 8. – P. 2449–2457.*

8. Madi, A. Organization of the autoantibody repertoire in healthy newborns and adults revealed by system level informatics of antigen microarray data / A. Madi, I. Hecht, S. Bransburg-Zabary // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 2009. – Vol. 106. – P. 1484–1489. DOI: 10.1073/pnas.0901528106. Epub 2009 Aug 10.

9. Martínez-Silván, D. *Physiol. Perform. Predictive Indicators of Overuse Injuries in Adolescent Endurance Athletes / D. Martínez-Silván, J. Díaz-Ocejo, A. Murray // Int J Sports Physiol.* – 2017. – 12 (Suppl 2). – P. 2153–2156.

10. The role of beta-endorphin in the pathophysiology of major depression / K.M. Hegadoren, T. O'Donnell, R. Lanius et al. // *Neuropeptides.* – 2009. – Vol. 43 (5). – P. 341–53. DOI: 10.1016/j.npep.2009.06.004. Epub 2009 Aug 3.

**Мягкова Марина Александровна**, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией иммунохимии физиологически активных веществ, Институт физиологически активных веществ РАН. 142432, Московская область, г. Черноголовка, Северный проезд, 1. E-mail: dianark@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7831-7663.

**Петроченко Светлана Николаевна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт физиологически активных веществ РАН. 142432, Московская область, г. Черноголовка, Северный проезд, 1. E-mail: dianark777@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3656-9007.

**Крылов Алексей Сергеевич**, инженер-исследователь, Институт физиологически активных веществ РАН. 142432, Московская область, г. Черноголовка, Северный проезд, 1. E-mail: eiiik1502@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7085-3437.

*Поступила в редакцию 20 июня 2021 г.*

---

DOI: 10.14529/hsm210304

## IMMUNOLOGICAL MARKERS OF ADAPTATION POTENTIAL OF ATHLETES

**M.A. Myagkova**, dianark@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7831-7663,

**S.N. Petrochenko**, dianark777@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3656-9007,

**A.S. Krylov**, eiiik1502@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7085-3437

*Institute of Physiologically Active Substances of the Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Moscow Region, Russian Federation*

**Aim.** The paper aims to identify immunological markers and natural antibodies (Nabs) to endogenous bioregulators (EBs) involved in adaptation processes: beta-endorphin, orphanin, serotonin, dopamine, histamine, angiotensin, glutamate and GABA. **Materials and methods.** Blood samples were examined by an enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). The study involved athletes (n = 22), namely the fighters of Greco-Roman wrestling with a sports experience of 5 to 14 years, football players (n = 15) and hockey players (n = 28). **Results.** In Greco-Roman wrestlers, a significant increase in the levels of Nabs to  $\beta$ -endorphin, glutamate, GABA and dopamine was found with an increase in exercise intensity after 28 days after the start of training sessions. Nabs levels to orphanin were increased during the training process. In all athletes, regardless of sports experience, a synchronous increase in Nabs levels to glutamate and GABA was observed, which reflected the balance of excitation and inhibition at each stage of training. In football players, glutamate levels were of particular importance, while changes in the levels of orphanin and GABA were found only after exercise. From the very beginning, hockey players activated their systems with neurotransmitters (orphanin, glutamate, GABA), both at rest and under exercise. Under exercise, the number of athletes with an increased level of Nabs to glutamate increased to 82% compared to baseline. **Conclusion.** Thus, determining

the status of antibodies to endogenous bioregulators will allow to differentiate the types and profile of the body's response to physical activity, as well as to investigate the possibility of recovery and correction of negative changes.

**Keywords:** natural antibodies, bioregulators, adaptation potential, training intensity.

### References

1. Myagkova M.A., Petrochenko S.N., Morozova V.S. et al. [Antibodies to Endogenous Bioregulators and Their Relationship with Age and Gender Characteristics of Chronic Pain Syndrome]. *Zhurnal nevrologii i psikhiiatrii imeni Korsakova* [Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry], 2013, no. 4, pp. 41–44. (in Russ.)
2. Zakhar'yeva N.N., Yashkina E.N. [Predictive Value of Physiological Testing for Sports Selection of Promising Female Gymnasts-Artists of High Qualification]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury i sporta* [Theory and Practice of Physical Culture and Sport], 2017, no. 1, pp. 75–78. (in Russ.)
3. Makarova G.A., Kholyavko Yu.A., Verlina G.V. [Clinical and Laboratory Examination of Highly Qualified Athletes. The Main Directions of Improvement]. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina* [Physiotherapy and Sports Medicine], 2013, no. 7 (115), pp. 4–13. (in Russ.)
4. Pal'tsev M.A., Poletayev A.B., Suchkov S.V. [Autoimmunity and Autoimmune Syndrome. Boundaries of Norm and Pathology]. *Vestnik RAMN* [Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences], 2010, no. 8, pp. 1–3. (in Russ.)
5. Makarova G.A., Volkov S.V., Kholyavko Yu.A., Loktev S.A. [The Syndrome of Overtraining in Athletes]. *Fizicheskaya kul'tura, sport – nauka i praktika* [Physical Culture, Sport – Science and Practice], 2014, no. 3, pp. 29–32. (in Russ.)
6. Kreher J.B. Diagnosis and Prevention of Overtraining Syndrome: an Opinion on Education Strategies. Open Access. *J Sports Med.*, 2016, vol. 7, pp. 115–122. DOI: 10.2147/OAJSM.S91657
7. Maddock R.J. Acute Modulation of Cortical Glutamate and GABA Content by Physical Activity. *Journal of Neuroscience*, 2016, vol. 36, no. 8, pp. 2449–2457. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.3455-15.2016
8. Madi A., Hecht I., Bransburg-Zabary S. Organization of the Autoantibody Repertoire in Healthy Newborns and Adults Revealed by System Level Informatics of Antigen Microarray Data. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2009, vol. 106, pp. 1484–1489. DOI: 10.1073/pnas.0901528106. Epub 2009 Aug 10
9. Martínez-Silván D., Díaz-Ocejo J., Murray A. Physiol. Perform. Predictive Indicators of Overuse Injuries in Adolescent Endurance Athletes. *Int J Sports Physiol*, 2017, vol. 12, suppl. 2, pp. 2153–2156. DOI: 10.1123/ijsp.2016-0316
10. Hegadoren K.M., O'Donnell T., Lanius R. et al. The Role of Beta-Endorphin in the Pathophysiology of Major Depression. *Neuropeptides*, 2009, vol. 43 (5), pp. 341–353. DOI: 10.1016/j.npep.2009.06.004. Epub 2009 Aug 3.

Received 20 June 2021

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Мягкова, М.А. Иммунологические маркеры оценки адаптационных резервов спортсмена / М.А. Мягкова, С.Н. Петроченко, А.С. Крылов // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 31–37. DOI: 10.14529/hsm210304

### FOR CITATION

Myagkova M.A., Petrochenko S.N., Krylov A.S. Immunological Markers of Adaptation Potential of Athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 31–37. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210304