

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГУМОРАЛЬНОГО ИММУНИТЕТА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПЕРЕУТОМЛЕНИЯ В СПОРТЕ

Мягкова М.А.¹, Петроченко С.Н.¹, Боброва З.В.¹, Орлова Е.А.¹,
Крылов А.С.¹, Мосейкин И.А.²

¹ ФГБУН «Институт физиологически активных веществ» Российской академии наук, г. Черноголовка, Московская обл., Россия

² Российская медицинская академия последипломного образования, Москва, Россия

Резюме. Исследование реальных возможностей роста мастерства и результатов у квалифицированных спортсменов в немалой степени определяется эффективностью адаптационных свойств организма к возрастающим физическим нагрузкам. Интенсивные нагрузки и недостаточное восстановление зачастую приводят к развитию утомления и снижению работоспособности у профессиональных спортсменов. Изучение вопросов механизма возникновения и развития физического утомления, методов его прогнозирования, диагностики и коррекции является актуальным. При экстремальных физических и психоэмоциональных нагрузках происходит регуляция адаптационных процессов основными биохимическими системами организма. Особая роль принадлежит факторам гуморального иммунитета – естественным антителам, которые являются компонентом врожденного иммунитета, циркулируют в крови здорового человека в отсутствие явной антигенной стимуляции. Разработаны аналитические методы измерения уровня естественных антител, отражающих состояние системы эндогенных биорегуляторов, участвующих в молекулярных механизмах процесса адаптации. Важное место среди них занимают регуляторы опиоидной системы β-эндорфин и орфанин.

Проведено определение биохимических и иммунологических показателей 10 спортсменов-фигуристов квалификации КМС, МС, средний возраст, которых составлял 16±0,4 лет, а спортивный стаж 9±1 лет. Длительность исследования распределялась на 5 этапов и составляла 62 дня. В процессе динамических наблюдений на фоне больших тренировочных нагрузок не выявлены отчетливые сдвиги биохимических показателей в сторону напряжения адаптации и ухудшения восстановления. Методом ИФА в сыворотке крови спортсменов измеряли уровень естественных антител к орфанину, β-эндорфину. Установлено, что каждый спортсмен характеризуется индивидуальным иммуно-

Адрес для переписки:

Петроченко Светлана Николаевна
ФГБУН «Институт физиологически активных веществ»
Российской академии наук
111024, Россия, Москва, ул. Авиамоторная, 51а,
ООО «ДИАНАРК».
Тел.: 8 (495) 673-39-42
E-mail: dianark777@mail.ru

Address for correspondence:

Svetlana N. Petrochenko
Institute of Physiologically Active Substances, Russian
Academy of Sciences
LLC "DIANARK"
51a Aviamotornaya St
Moscow
111024 Russian Federation
Phone: +7 (495) 673-39-42
E-mail: dianark777@mail.ru

Образец цитирования:

М.А. Мягкова, С.Н. Петроченко, З.В. Боброва,
Е.А. Орлова, А.С. Крылов, И.А. Мосейкин
«Исследование показателей гуморального иммунитета
для оценки состояния переутомления в спорте»
// Медицинская иммунология, 2023. Т. 25, № 2.
С. 377-386. doi: 10.15789/1563-0625-SOH-2338
© Мягкова М.А. и соавт., 2023
Эта статья распространяется по лицензии
Creative Commons Attribution 4.0

For citation:

M.A. Myagkova, S.N. Petrochenko, Z.V. Bobrova,
E.A. Orlova, A.S. Krylov, I.A. Moseikin "Study of humoral
immunity indices for assessing physical exhaustion in sports",
Medical Immunology (Russia)/Meditsinskaya Immunologiya,
2023, Vol. 25, no. 2, pp. 377-386.
doi: 10.15789/1563-0625-SOH-2338
© Myagkova M.A. et al., 2023
The article can be used under the Creative
Commons Attribution 4.0 License
DOI: 10.15789/1563-0625-SOH-2338

профилем. На начальном этапе обследования уровень антител к β -эндорфину находился в границах нормы, кроме его снижения у одного спортсмена. Уровень антител к орфанину у большинства был выше нормы, что может быть связано с ингибиторным контролем болевого сигнала. При дальнейшем исследовании в динамике установлено, что иммунологические показатели, естественные антитела к опиоидным пептидам, изменяются в соответствии с ресурсным состоянием адаптации спортсмена. Эти показатели отражают с момента начала тренировок и на протяжении всего периода психоэмоциональный потенциал и порог переносимости боли для спортсменов. Поэтому с прогностической точки зрения в процессе тренировки важно проводить контроль содержания естественных антител к β -эндорфину и орфанину у спортсменов. Такой мониторинг индивидуального профиля иммунологических показателей спортсмена позволяет подбирать более эффективную, персональную тренировочную программу.

Ключевые слова: естественные антитела, β -эндорфин, орфанин, иммуноферментный анализ, адаптационный ресурс, переутомление в спорте

STUDY OF HUMORAL IMMUNITY INDICES FOR ASSESSING PHYSICAL EXHAUSTION IN SPORTS

Myagkova M.A.^a, Petrochenko S.N.^a, Bobrova Z.V.^a, Orlova E.A.^a,
Krylov A.S.^a, Moseikin I.A.^b

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

^b *Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow, Russian Federation*

Abstract. Studies of real opportunities for physical skills of athletes sufficiently depend on their adaptive potential for increasing physical loads. Extreme physical and psychoemotional loads may lead to overwork and decreased physical ability in professional sportsmen. These adaptation processes are regulated by the main biochemical systems of the body. A special role belongs to the factors of humoral immunity, i.e., natural antibodies, which are a component of innate immunity. They circulate in blood of healthy persons in absence of obvious antigenic stimulation. Analytical techniques for measuring the level of natural antibodies that reflect the state of the system of endogenous bioregulators involved into the molecular mechanisms of adaptation process have been developed. An important role among them is played by the regulators of the opioid system β -endorphin and orphanin. The biochemical and immunological parameters were determined in 10 athletes active in figure skating (Master of Sports), whose average age was 16 ± 0.4 years, and sport experience of 9 ± 1 years. The duration of the study was divided into 5 stages and was 62 days. During the dynamic observations in the course of intensive training, no clear shifts in biochemical parameters were revealed towards adaptation stress and delayed recovery. The level of natural antibodies to orphanin and beta-endorphin was measured in the athletes blood serum by ELISA technique. It is found that each athlete is characterized by individual immune profile. At the initial stage of the examination, the level of antibodies to beta-endorphin was within normal ranges, except for its decrease in one athlete. The level of antibodies to orphanin in majority of cases was higher than normal, probably, due to inhibitory control of the pain signal. Further study in time dynamics revealed that the immunological parameters, natural antibodies to opioid peptides, change in accordance with the state of adaptation resources in the athletes. These indexes reflect psycho-emotional potential and pain tolerance threshold for athletes from the start of training and throughout the entire period. Therefore, from a prognostic point of view, it is important to monitor the content of natural antibodies to beta-endorphin and orphanin in athletes in the course of training. Such individual monitoring of the athlete's immunological indices allows us to select a more effective, personal training program.

Keywords: natural antibodies, beta-endorphin, orphan, enzyme immunoassay, adaptive resource, fatigue, sports

Работа выполнена в соответствии с исследованием, согласно госрегистрации № 01200952666.

Введение

Исследование реальных возможностей роста мастерства и результатов у квалифицированных спортсменов в немалой степени определяется эффективностью адаптационных свойств организма к возрастающим физическим нагрузкам [2, 15]. Интенсивные нагрузки и недостаточное восстановление зачастую приводят к развитию утомления и снижению работоспособности у профессиональных спортсменов [4]. На сегодняшний день, несмотря на многочисленные научные исследования, посвященные изучению вопроса физического утомления, своевременное распознавание этого состояния остается затруднительным. Предложено множество формулировок, пытающихся с достаточной точностью отразить понятие физического утомления, однако исследователи не пришли к единому мнению. Существующие средства диагностики этого состояния не являются исчерпывающими и вариabельны в зависимости от вида, направленности тренировочной деятельности индивидуальных и других факторов [1, 20]. Все это затрудняет разработку и применение средств коррекции и восстановительных мероприятий при утомлении. В связи с этим детальное изучение вопросов механизма возникновения и развития физического утомления, методов его прогнозирования, диагностики и коррекции является актуальным [2]. При экстремальных физических и психоэмоциональных нагрузках происходит регуляция адаптационных процессов основными биохимическими системами организма. К ним, в первую очередь, относятся сердечно-сосудистая, дыхательная, ноцицептивная, иммунная и нервная системы [19]. Особая роль принадлежит факторам гуморального иммунитета — естественным антителам (e-At). Антитела являются компонентом врожденного иммунитета, циркулируют в крови здорового человека в отсутствие явной антигенной стимуляции, а их продукцию осуществляет особая популяция CD5⁺ В-клеток [5]. Известно, что e-AT способны принимать участие в широком спектре физиологических реакций организма: от иммунного регулирования, обеспечения внутреннего гомеостаза, неспецифической барьерной роли против чужеродных патогенных антигенов, до транспортной функции и модуляции действия биологически активных веществ. В настоящее время разработаны аналитические методы измерения уровня естественных антител (e-At), отражающих состояние системы эндоген-

ных биорегуляторов, участвующих в молекулярных механизмах процесса адаптации [9]. Важное место в поддержании гомеостатического равновесия занимают ЭБ опиоидной системы [22].

Цель данной работы заключалась в определении иммунологических показателей, уровня антител к эндогенным регуляторам адаптации бета-эндорфину и орфанину у спортсменов фигуристов в динамике тренировочного цикла для выявления прогностических маркеров адаптационных ресурсов.

Материалы и методы

В экспериментальном исследовании участвовали 10 спортсменов-фигуристов квалификации КМС, МС, средний возраст, которых составлял $16 \pm 0,4$ лет, а спортивный стаж 9 ± 1 лет. В контрольную группу ($n = 10$) включены регулярно тренирующиеся спортсмены, одинакового возраста с обследуемыми фигуристами. Все образцы предоставлены спортивной школой олимпийского резерва «Воробьевы Горы», Москва.

Забор образцов сыворотки крови для исследования проводили в соответствии с учебно-тренировочным процессом (УТП), запланированным тренером. Длительность динамического исследования распределялась на 5 этапов и составляла в общем 62 дня. Для проведения процедуры анализа пробирки с образцами крови помещали в термостат на 30 мин при $T 37^\circ\text{C}$, затем образовавшуюся сыворотку центрифугировали при 3000 об/мин (центрифуга Centrifuge CM-6M, ELMILtd, Латвия). Далее проводили тестирование полученных образцов.

Для всех фигуристов, принимавших участие в эксперименте, проведено определение показателей формулы периферической крови и биохимические исследования по унифицированным методам, принятым для обследования спортсменов [7, 8]. В каждом образце крови проанализированы следующие показатели: количество эритроцитов (RBC), ретикулоцитов (RET), тромбоцитов (PLT), концентрацию гемоглобина (HGB, г/л), гематокрит (HCT, %), средний объем эритроцитов (MCV, фл.), тромбоцитов (MPV, фл.), среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH, пг) и среднюю концентрацию клеточного гемоглобина (MCHC, г/л). Также были рассчитаны показатели лейкоцитарной формулы — относительное и абсолютное количество нейтрофилов (NEUT, % и $10^9/\text{л}$), лимфоцитов (LYMPH, % и $10^9/\text{л}$), моноцитов (MONO, %, и $10^9/\text{л}$), эозинофилов (EOS, % и $10^9/\text{л}$) и базофилов (BASO, %, и $10^9/\text{л}$). При проведении биохимического анализа крови определяли уровень кортизола, тестосте-

рона (нмоль/л), железа, креатинина прямого и общего билирубина (мкмоль/л), мочевины, глюкозы, кальция общего, магния (ммоль/л), общего белка, АЛТ, АСТ (ЕД/л).

Определение антител к регуляторам адаптации осуществляли методом твердофазного ИФА [6]. Иммуноферментный анализ (ИФА) выполняли на полистирольных планшетах фирмы Nunc (Дания). Учет результатов ИФА проводили на спектрофотометре с вертикальным ходом луча фирмы Thermo (Финляндия) при длине волны 450 нм. Иммунохимическое исследование методом ИФА включало следующие этапы: иммобилизацию комплекса синтетического антигена, состоящего из конъюгата-гаптена производного β -эндорфина, орфанина, с полимерным носителем на полистирольном планшете. Связывание указанного выше антигена со специфическими антителами анализируемого образца. Выявление образовавшегося иммунного комплекса с помощью антивидовых антител, меченных ферментом пероксидазой хрена. Измерение ферментативной активности в образовавшемся иммунном комплексе. Для проведения ИФА использовали «Набор реагентов для иммуноферментного определения антител к эндогенным биорегуляторам в сыворотке крови «АДИМУСТАТ®» (ФСР 2010/08813) (производство «Дианарк»). Результаты измерения в ИФА оптической плотности (ОП) выражают в условных единицах (KOD_{450}) и рассчитывают по формуле $K_{OD450} = \frac{ОП \text{ анал. обр.} - ОП \text{ контр. обр.}}{ОП \text{ контр. обр.}}$. Синтез конъюгированных антигенов и условия проведения анализа выполняли в соответствии с разработанной нами ранее схемой [8].

Результаты исследований оценивали с использованием средней арифметической величины (M), их стандартного отклонения (s). Анализ различий показателей, измеренных в процессе этапов тренировки, проводили при помощи парного критерия Стьюдента. Достоверность различий показателей у спортсменов и лицами из контрольной группы проводили, используя критерий Стьюдента. Связь между параметрами оценивали с помощью уравнения регрессии, силу связи и направление определяли вычислением коэффициента корреляции (r) по Пирсону. Зависимость между несколькими переменными величинами описывали уравнением множественной регрессии (коэффициент корреляции R). Для анализа данных использовали пакеты программ «Биостат» и «Статистика 6».

Результаты

Проведено обследование 10 спортсменов, занимающихся парным фигурным катанием. Ана-

лиз образцов сыворотки крови на начальном этапе тренировок включал биохимическое и иммунологическое исследование, а также определение показателей формулы периферической крови. Обнаружено, что в большинстве своем, гематологические и биохимические показатели не отличались от нормы. Так, уровень эритроцитов, гемоглобина, ретикулоцитов, средний объем эритроцитов, среднее содержание гемоглобина в эритроците у всех спортсменов были в норме. Уровень железа соответствовал норме в 90% случаев. Показатели гематокрита снижены у двух спортсменов. У всех спортсменов уровень кортизола был в пределах референсного диапазона, а уровень тестостерона значительно понижен у половины обследованных спортсменов.

В лейкоцитарной формуле наблюдали отклонения. Так, у 4 спортсменов из 10 было снижено содержание нейтрофилов и, соответственно, повышено содержание лимфоцитов. У одного фигуриста повышен уровень эозинофилов (на 2%) и снижен уровень лейкоцитов. И еще, для одного спортсмена снижено содержание лейкоцитов, нейтрофилов, повышено содержание лимфоцитов и базофилов. Таким образом, отклонения в лейкоцитарной формуле наблюдали у 6 спортсменов из 10 (60%).

Анализ биохимических показателей не выявил отклонений в содержании печеночных ферментов. У всех обследуемых спортсменов содержание прямого билирубина, кальция общего магний было в норме. У троих наблюдали 1,5-2-кратное снижение глюкозы и повышение уровня креатинина на 13-18 мкМ. На рисунке 1 представлены спортсмены (в%), имеющие наиболее значимые отклонения в клинических и биохимических показателях.

Перспективными маркерами, которые можно использовать для оценки адаптации организма к экстремальным нагрузкам, являются факторы гуморального иммунитета – естественные антитела (e-аТ) к эндогенным регуляторам адаптации. Проведено определение уровня e-Ат к β -эндорфину и орфанину в сыворотке крови спортсменов фигуристов.

Анализ иммунологических показателей, уровнем e-Ат у фигуристов показал на начальном этапе (таб.1), для системы опиоидных пептидов содержание антител к β -эндорфину в целом, находится в границах нормы, снижен только у одного спортсмена. С другой стороны, уровень антител к орфанину для большинства фигуристов находится на верхней границе нормы или превышает ее.

ТАБЛИЦА 1. ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ФИГУРИСТОВ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ

TABLE 1. IMMUNOLOGICAL INDICATORS OF FIGURE SKATERS AT THE INITIAL STAGE OF THE EXAMINATION

Показатели уровня естественных антител (КОД ₄₅₀ ИФА) в сыворотке крови обследуемых фигуристов, выраженные в условных единицах Indicators of natural antibodies level in serum of the surveyed figure skaters, presented in conventional units					
Исследуемые эндогенные биорегуляторы Studied endogenous bioregulators	Обследуемая группа фигуристов Group of surveyed figure skaters				
	Спортсменки Sportswomen				
	1	2	3	4	5
β-эндорфин β-endorphin	0,41 ↓	0,79	0,65	0,68	0,67
Орфанин Orphanin	1,26 ↑	1,14 ↑	0,76	1,94 ↑	1,18
	Спортсмены Sportsman				
	1	2	3	4	5
	β-эндорфин β-endorphin	0,85 ↑	0,79	0,59	0,71
Орфанин Orphanin	1,14 ↑	0,96	0,91	1,06 ↑	0,68

Примечание. ↑ – увеличение показателя при сравнении со значениями контроля (p < 0,05), ↓ – снижение показателя при сравнении со значениями контроля (p < 0,05). Показатели контрольной группы для β-эндорфина составляли диапазон 0,59-0,69, а для орфанина 0,76-0,88 усл. ед.

Note. ↑, increase in the indicator comparing with the control values (p < 0.05); ↓, decrease in the indicator comparing with the control values (p < 0.05). Indicators of control group to β-endorphin ranged from 0.59-0.69 and for orphanin from 0.76-0.88 c. u.

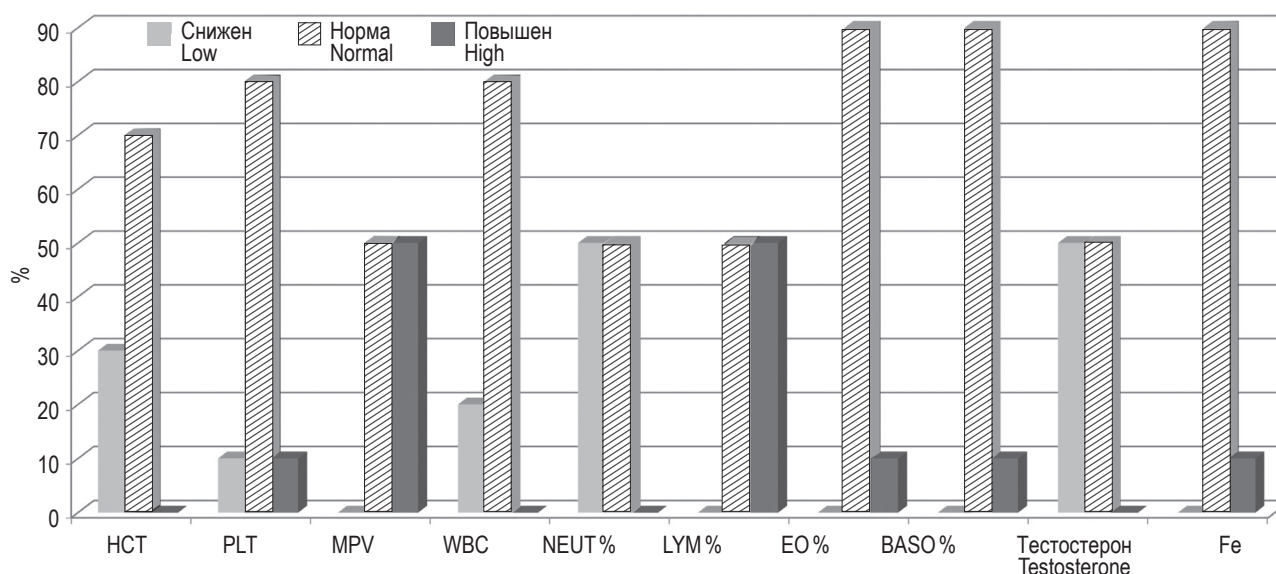


Рисунок 1. Показатели крови у фигуристов. Градация по уровням: пониженный, норма, повышенный

Figure 1. Blood indicators of figure skaters. Gradation by level: low, normal, high

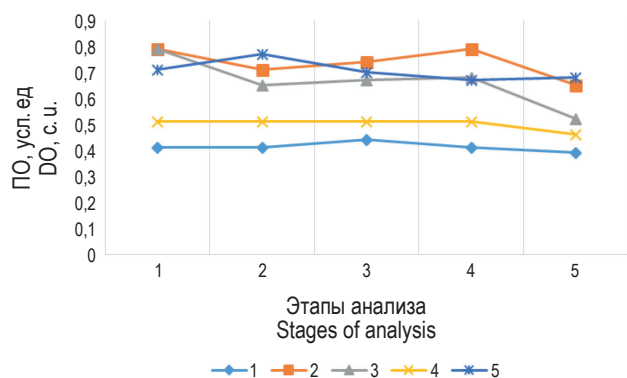


Рисунок 2. Динамика уровней бета-эндорфина в группе спортсменок-фигуристок

Figure 2. Dynamics of beta-endorphin levels in the group of female figure skaters

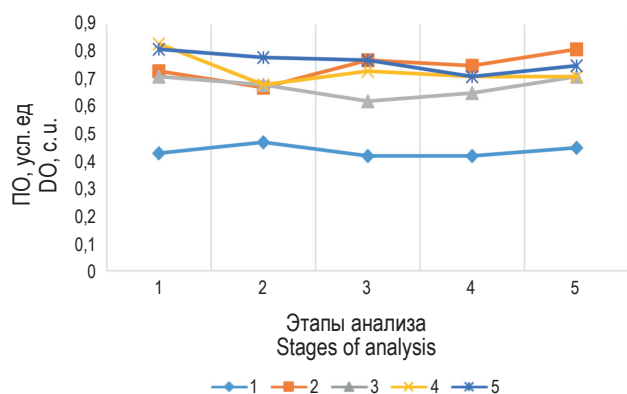


Рисунок 4. Изменение уровней е-Ат к орфанину в группе спортсменок-фигуристок

Figure 4. Changes in the levels of e-At to orphanin in the female group

Далее проводили динамические наблюдения на 5 этапах в течении 62 дней. При этом спортсменами соблюдался режим тренировочных нагрузок, при двух тренировках в день и участии в серии товарищеских показательных выступлений. На рисунках 2-5 представлены результаты исследования уровней е-Ат к β -эндорфину и орфанину в динамике.

На начальном этапе тренировок (табл. 1) иммунологические показатели для β -эндорфина в основном у всех спортсменов достоверно не отличались от нормы. Только для спортсмена под номером один в группе девушек его уровень значительно снижен, а в группе юношей повышен. На заключительном этапе тренировок указанные показатели сохранили тенденцию к снижению для всех спортсменов. В дополнение произошло уменьшение уровня е-Ат к β -эндорфину для фигуристок под №3 в группах девушек и юношей.

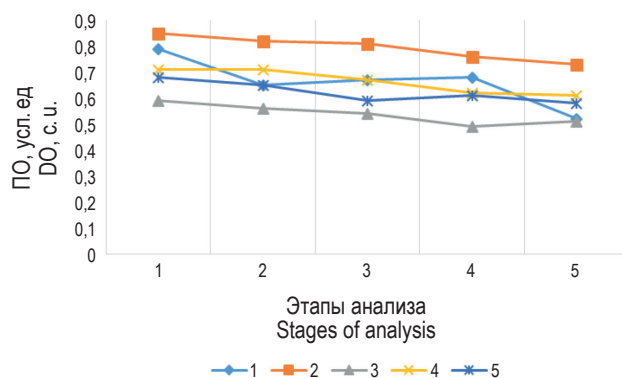


Рисунок 3. Динамика уровней бета-эндорфина в группе спортсменов-фигуристов

Figure 3. Dynamics of beta-endorphin levels in the group of male figure skaters

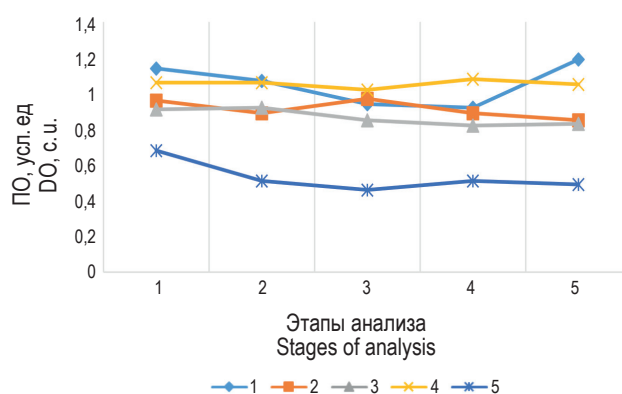


Рисунок 5. Изменение уровней е-Ат к орфанину в группе спортсменов-фигуристов

Figure 5. Changes in the levels of e-At to orphanin in the male group

К началу тренировок показатели для орфанина превышают норму для всех спортсменок группы девушек и фигуристов №1 и №4 в группе юношей. На заключительном этапе тренировок для фигуристок девушек сохранились повышенные показатели орфанина. А в случае рассмотрения юношеской группы отмечена тенденция к снижению этих показателей у всех спортсменов. Для фигуриста №5 этой группы обнаружен достоверный спад уровня е-Ат к орфанину.

Обсуждение

Важной задачей спортивной медицины является обеспечение объективной оценки состояния организма спортсмена, достоверное определение его текущей адаптации к высоким тренировочным нагрузкам и прогноза его адаптационных возможностей в будущем [17, 18]. Поиску причин

и механизмов возникновения утомления и максимально точного определения этого состояния на основе методов лабораторной диагностики уделяется много внимания отечественными и зарубежными авторами. На сегодняшний день общепризнанным является факт возникновения торможения корковых нейронов при утомлении и нарушения вегетативного равновесия в работе нервной системы. Для диагностики утомления используют спектр биохимических, физиологических и психофизиологических методов [3, 20].

К настоящему времени собран большой фактический материал об определении множества биохимических показателей у элитных спортсменов [13, 21]. Проводятся поиски по выбору биопоказателей, которые могут быть маркерами развития таких нежелательных процессов, как утомление, истощение, перенапряжение и перетренированность [10, 21]. Так, мониторинг у спортсменов уровня кортизола, пролактина, АКТГ, гормона роста, показало, что наиболее чувствительные показатели – АКТГ и пролактин [21]. В группе обследованных спортсменов проведено определение общепринятых биохимических и гематологических показателей, характерных для оценки состояния переутомления. Отмечается стабильность полученных результатов на всем протяжении тренировочного процесса, а не большие отклонения у ряда спортсменов в лейкоцитарной формуле, повышение уровня креатинина и снижении содержания глюкозы были нормализованы на втором этапе наблюдения.

В последнее время все больше внимания уделяется изучению иммунной системы спортсмена и ее роли в адаптации к нагрузкам [4, 12, 17, 18]. Показано, что при нагрузках у спортсменов высшей квалификации изменяется уровень показателей Т- и В-клеточного звеньев иммунного ответа, что угнетение Т-клеточного иммунитета влечет за собой активацию В-системы гуморального иммунитета [16]. Одним из основных параметров гуморального звена иммунной системы являются (е-Ат), которые присутствуют в организме всех здоровых лиц, направленные к самым различным эндогенным молекулам. Совокупность е-Ат отражает и регулирует индивидуальный молекулярно-клеточный состав организма. При различных патологических состояниях количество е-Ат в кровотоке достоверно изменяется. Важно, что изменение уровня е-Ат к некоторым эндогенным молекулам возникает уже на доклинической стадии, что делает возможным предсказать заболевание до появления характерных симптомов.

Известно, что при снижении АП и переутомлении у спортсмена в первую очередь снижает-

ся тонус ЦНС, что проявляется нарушениями психо-эмоционального статуса. Наблюдается апатия, потеря мотивации, нарушается сон, появляются болевые синдромы различного генеза, расстройство пищеварения, половой функции. Эти состояния во многом регулируются медиаторами опиоидной системы, к которым относятся β -эндорфин и орфанин. Оба нейропептида являются эндогенным лигандом опиоидных рецепторов, участвует в устранении отрицательных эмоций и боли. Исследователи предполагают, что благодаря выбросу β -эндорфин спортсмен со временем, при увеличении интенсивности упражнений, приобретает устойчивость к боли [14]. Эффект центрального действия опиоидов заключается также в том, что спортсмены невероятно мотивированы, чтобы преодолеть боль, чтобы побить личный рекорд, выиграть медаль или доказать, что они показали себя наилучшим образом. У спортсменов орфанин играет важную роль в модуляции ноцицептивных сигналов, в частности при различных воспалениях сухожилий. Таким образом, от уровня продукции пептидов бета-эндорфина и орфанина зависит регуляция таких важных характеристик спортивной адаптации, как настроение, чувство удовлетворения и удовольствия, а также сбалансированная регуляция болевых ощущений.

Проведенное обследование спортсменов показало, что каждый спортсмен характеризуется особым, индивидуальным иммунопрофилем, т. е. индивидуальными сочетаниями уровней е-Ат к биомолекулам, включенным в регуляцию систем адаптации к нагрузке.

Так, в системе опиоидных пептидов уровень антител к β -эндорфину в целом находился в границах нормы, достоверно снижен у одной фигуристки. По мере наблюдения в динамике прослеживается тенденция к снижению иммунологического показателя для всей группы фигуристов. Оценка текущего психологического состояния выявила у некоторых спортсменов (№2 и №3 девушки и №1 юноши) симптомы повышения психической напряженности, у некоторых обнаружены даже симптомы утомления. Эти данные коррелируют с иммунохимическими показателями, резкого колебания содержания е-Ат к β -эндорфину. При анализе показателей содержания антител к орфанину обнаружено превышение нормы для большинства спортсменов. Полученные данные свидетельствуют об активации орфанинергической системы. Что может быть связано как с регуляцией антиноцицепции, т. е. ингибиторным контролем болевого сигнала, так и с участием в механизмах вознаграждения и

удовольствия, в частности, активацией «состояние благополучия» [11]. Оценка результатов наблюдения текущего психологического состояния показала, что обследованные спортсмены обладают более высокой болевой терпимостью по сравнению с обычно активными людьми.

Заключение

Очевидно, что без утомления спортсмену невозможно достичь оптимальной функциональной готовности, обуславливающей достижение высокого спортивного результата. Однако нужно учитывать, что утомление может явиться причиной возникновения предпатологических состояний и патологических реакций организма, в частности, перенапряжения сердечно-сосудистой и других жизненно-важных систем. В связи с этим актуальны исследования, направленные на раскрытие механизмов срочной адаптации в условиях учебно-тренировочной работы спортсменов, а также поиск диагностических маркеров этого процесса. В результате проведенного исследования установлено, что иммунологические показатели, естественные антитела к опиоидным пептидам, изменяются в соответствии с ресурсным состоянием адаптации спортсмена. Эти показатели отражают с момента начала тренировок и на протяжении всего периода психоэмоциональ-

ный потенциал и порог переносимости боли для спортсменов. Поэтому важно с прогностической точки зрения проводить контроль содержания е-Ат к β -эндорфину и орфанину у спортсменов в процессе тренировки. Такой мониторинг индивидуального профиля иммунологических показателей спортсмена позволит подбирать более эффективную, персональную тренировочную программу.

Благодарности

Авторы благодарят сотрудников ИЦ Олимпийского комитета России за помощь в подготовке работы со спортсменами.

Этические нормы

Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом «Института физиологически активных веществ РАН» (Черноголовка, Московская обл.).

Информированное согласие

Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Список литературы / References

1. Бушуева Т.В., Макарова Г.А., Аришин А.В. Прогностическая значимость показателей функционального состояния центральной и автономной нервной системы в аспекте физиологической составляющей успешности соревновательной деятельности пловцов-спринтеров // Актуальные вопросы физической культуры и спорта, 2016. Т. 18. № 1. С. 129-137. [Bushueva T.V., Makarova G.A., Arishin A.V. Predictive value of central and autonomic nervous system functional state parameters as a physiological component of sprint swimmers' successful competitive activity. *Aktualnyye voprosy fizicheskoy kultury i sporta = Topical Issues of Physical Culture and Sports*, 2016, Vol. 18, no. 1, pp. 129-137. (In Russ.)]
2. Иорданская Ф.А. Нарушения показателей «срочной» адаптации в процессе напряженной тренировочной работы высококвалифицированных спортсменов и средства квалифицированных спортсменов и средства их профилактики // Вестник спортивной науки, 2018. № 3. С. 35-40. [Iordanskaya F.A. Disturbances of "urgent" adaptation indicators in the process of stressed training work in elite athletes and means of their prevention. *Vestnik sportivnoy nauki = Sports Science Bulletin*, 2018, no. 3, pp. 35-40. (In Russ.)]
3. Кулиненко О.С., Лашин И.А. Биохимия в практике спорта. М.: Спорт, 2019. 184 с. [Kulinenko, O.S., Lashin I.A. *Biochemistry in the practice of sports*]. Moscow: Sport, 2019. 184 p.
4. Макарова Г.А., Локтев С.А., Порубайко Л.Н. Факторы риска возникновения синдрома перетренированности у спортсменов // Международный журнал экспериментального образования, 2014. № 4 (1). С. 170-172. [Makarova G.A., Loktev S.A., Porubayko L.N. Risk factors for the overtraining syndrome of athletes. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya = International Journal of Experimental Education*, 2014 no. 4 (1), pp. 170-172. (In Russ.)]
5. Мягкова М.А., Морозова В.С. Естественных антитела и их физиологические функции // Иммунопатология, аллергология, инфектология, 2014. № 3. С. 75. [Myagkova M.A., Morozova V.S. Natural antibodies

and their physiological functions. *Immunopatologiya, allergologiya, infektologiya = Immunopathology, Allergology, Infectology*, 2014, no 3, p. 75. (In Russ.)]

6. Мягкова М.А., Петроченко С.Н., Левашова А.И. Оценка адаптационных возможностей организма на основе анализа естественных антител к эндогенным биорегуляторам // *Biomedical Chemistry: Research and Methods*, 2018. Т. 1, № 3, e00038. [Myagkova M.A., Petrochenko S.N., Levashova A.I., Assessment of the adaptation capacities of the body based on the determination of the natural antibodies to the endogenous bioregulators. *Biomedical Chemistry: Research and Methods*, 2018, Vol. 1, no. 3, e00038. doi: 10.18097/BMCRM00038.

7. Назаренко Г.И., Кишкун А.А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. Практическое руководство. М.: Медицина, 2007. 544 с. [Nazarenko G.I., Kishkun A.A. Clinical evaluation of laboratory test results. A practical guide]. Moscow: Meditsina, 2007. 544 p.

8. Никулин Б.А., Родионова И.И. Биохимический контроль в спорте. Научно-методическое пособие. М.: Советский спорт, 2011. 229 с. [Nikulina B.A., Rodionova I.I. Biochemical control in sports. Scientific and methodological manual]. Moscow: Sovetskiy sport, 2011. 229 p.

9. Петроченко С.Н., Боброва З.В., Мягкова М.А., Спасский А.А., Ледовской С.М., Ильина А.К., Михайлов А.А. Определение антител к эндогенным биорегуляторам для оценки функционального состояния здоровья спортсменов // *Клиническая лабораторная диагностика*, 2017. Т. 62, № 2. С. 346. [Petrochenko S.N., Bobrova Z.V., Myagkova M.A., Spasskiy A.A., Ledovskiy S.M., Iljina A.K. The detection of antibodies to endogenous bio-regulators for evaluating functional condition of health of sportsmen. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika = Russian Clinical Laboratory Diagnostics*, 2017, Vol. 62, no. 2, p. 346. (In Russ.)]

10. Рахманов Р.С., Разгулин С.А., Блинова Т.В., Колесов С.А., Страхова Л.А., Берзин И.А., Хайров Р.Ш. Оценка функциональной надежности спортсменов по показателям обменных процессов организма // *Вестник спортивной науки*, 2018. № 1. С. 44-48. [Rakhmanov R.S., Razgulin S.A., Blinova T.V., Kolesov S.A., Strakhova L.A., Berzin I.A., Khayrov R.Sh. Evaluation of functional reliability of sportsmen according to indices of metabolic processes in human organism. *Vestnik sportivnoy nauki = Sports Science Bulletin*, 2018, no. 1, pp. 44-48. (In Russ.)]

11. Решетняк В.К., Кукушкин М.Л. Центральные и периферические механизмы физиологической и патологической боли // *Клиническая патофизиология*, 2015. № 1. С. 1-17. [Reshetnyak V.K., Kukushkin M.L. Central and peripheral mechanisms of physiological and pathological pain. *Klinicheskaya patofiziologiya = Clinical Pathophysiology*, 2015, no. 1, pp. 1-17. (In Russ.)]

12. Рыбина И.Л., Нехвядович А.И., Ширковец Е.А. Неспецифические адаптационные реакции в системе оценки биоэнергетических возможностей организма пловцов высокой квалификации // *Вестник спортивной науки*, 2015. № 1. С. 33-37. [Rybina I.L., Nekhvudovich A.I., Shirkovets E.A. Nonspecific adaptive reactions in the system of assessing the bioenergetic capabilities of the organism of highly qualified swimmers. *Vestnik sportivnoy nauki = Bulletin of Sports Science*, 2015. No. 1, pp. 33-37. (In Russ.)]

13. Спасский А.А., Мягкова М.А., Левашова А.И., Кукушкин С.К., Куршев В.В., Янова Ю.В. Методология комплексной оценки адаптационного потенциала спортсмена к нагрузке // *Спортивная медицина: наука и практика*, 2019. № 3. С. 49-61. [Spassky A.A., Myagkova M.A., Levashova A.I., Kukushkin S.K., Kurshev V.V., Yanova Yu.V. Methodology of comprehensive assessment of the athlete's adaptive potential to the load. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports Medicine: Science and Practice*, 2019, no. 3, pp. 49-61. (In Russ.)]

14. Attal N., Bouhassira D., Baron R.. Diagnosis and assessment of neuropathic pain through questionnaires. *Lancet Neurol.*, 2018, Vol. 17, no. 5, pp. 456-466.

15. Decroix L., Piacentini M.F., Rietjens G., Meeusen R. Monitoring physical and cognitive overload during a training camp in professional female cyclists. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2016, Vol. 11, no. 7, pp. 933-999.

16. Isaev A.P., Erlikh V.V., Zalyapin V.I., Bakhareva A.S., A.V. Nenasheva A.V., Romanov Yu.N., Sashenkov S.L., Shevtsov A.V., Maleev D.O., Korableva Yu.B. The immune system of athletes of different sports. *Pedagogics, Psychology, Medical-Biological Problems of Physical Training and Sports*. 2018, Vol. 22, no. 6, pp. 280-286.

17. Katharina B., Körber N., Hoffmann D., Wolfarth B. Training load, immune status, and clinical outcomes in young athletes: a controlled, prospective, longitudinal study. *Front. Physiol.*, 2018, Vol. 9, 120. doi: 10.3389/fphys.2018.00120.

18. Lee E.C., Fragala M.S., Kavouras S.A., Queen R.M., Pryor J.L., Casa D.J. Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes. *J. Strength Cond. Res.*, 2017, Vol. 31, no. 10, pp. 2920-2937.

19. Martínez-Silván D., Díaz-Ocejo J., Murray A. Predictive Indicators of overuse injuries in adolescent endurance athletes. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 2017, Vol. 12 (Suppl. 2), pp. S2153-S2156.

20. Nieman D.C., Groen A.J., Pugachev A., Vacca G. Detection of functional overreaching in endurance athletes using proteomics. *Proteomes*. 2018, Vol. 6, no. 3, 33. doi: 10.3390/proteomes6030033.
21. Timmermans N., Buysse L., Decroix L., Barbé K., Verrelst R., Meeusen R. Improving the diagnosis of nonfunctional overreaching and overtraining. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2019, Vol. 51, no. 12, pp. 2524-2530.
22. Toll L., Bruchas M.R., Calo' G., Cox B.M., Zaveri N.T. Nociceptin/Orphanin FQ Receptor Structure, Signaling, Ligands, Functions, and Interactions with Opioid Systems. *Pharmacol. Rev.*, 2016, Vol. 68, no. 2, pp. 419-436.

Авторы:

Мягкова М.А. — д.б.н., профессор, заведующая лабораторией иммунохимии ФГБУН «Институт физиологически активных веществ» Российской академии наук, г. Черноголовка, Московская обл., Россия

Петроченко С.Н. — к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории иммунохимии ФГБУН «Институт физиологически активных веществ» Российской академии наук, г. Черноголовка, Московская обл., Россия

Боброва З.В. — младший научный сотрудник лаборатории иммунохимии ФГБУН «Институт физиологически активных веществ» Российской академии наук, г. Черноголовка, Московская обл., Россия

Орлова Е.А. — научный сотрудник лаборатории иммунохимии ФГБУН «Институт физиологически активных веществ» Российской академии наук, г. Черноголовка, Московская обл., Россия

Крылов А.С. — инженер-исследователь лаборатории иммунохимии ФГБУН «Институт физиологически активных веществ» Российской академии наук, г. Черноголовка, Московская обл., Россия

Мосейкин И.А. — к.м.н., врач-невролог, Российская медицинская академия последипломного образования, Москва, Россия

Authors:

Myagkova M.A., PhD, MD (Biology), Professor, Head, Laboratory of Immunochemistry, Institute of Physiologically Active Substances, Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Moscow Region, Russian Federation

Petrochenko S.N., PhD (Biology), Senior Research Associate, Laboratory of Immunochemistry, Institute of Physiologically Active Substances, Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Moscow Region, Russian Federation

Bobrova Z.V., Junior Research Associate, Laboratory of Immunochemistry, Institute of Physiologically Active Substances, Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Moscow Region, Russian Federation

Orlova E.A., Junior Research Associate, Laboratory of Immunochemistry, Institute of Physiologically Active Substances, Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Moscow Region, Russian Federation

Krylov A.S., Research Engineer, Laboratory of Immunochemistry, Institute of Physiologically Active Substances, Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Moscow Region, Russian Federation

Moseykin I.A., PhD (Medicine), Senior Research Associate, Neurologist, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow, Russian Federation

Поступила 09.04.2021
Принята к печати 04.01.2022

Received 09.04.2021
Accepted 04.01.2022