

СЫВОРОТОЧНОЕ СОДЕРЖАНИЕ МОЧЕВИНЫ И АБСОЛЮТНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЦИРКУЛИРУЮЩИХ CD4⁺-КЛЕТОК КАК БИОМАРКЕРЫ УРОВНЯ СПОРТИВНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ У ЕДИНОБОРЦЕВ МЕЖДУНАРОДНОГО УРОВНЯ

С.П. Алпатов¹, immunosport@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2233-7301>
А.Г. Кочетов^{1,2}, ag_kochetov@dpo-ilm.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3632-291X>
И.В. Коновалов¹, koraal@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4210-9226>
А.В. Зоренко³, allabaturina@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2062-0592>
С.А. Парастаев^{1,3}, parastaevsergey@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2281-9936>

¹Российский национальный исследовательский медицинский университет
имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия

²Институт лабораторной медицины, Москва, Россия

³Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации,
Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования: сравнительный анализ биохимических и иммунологических параметров крови в группах единоборцев высокого класса с разным уровнем спортивных достижений. **Материалы и методы.** В исследование были включены спортсмены мужского пола (n = 78), члены сборной команды России по одному из видов спортивной борьбы; средний возраст – 25,2 (21,5–28,9) лет, средний вес – 76,9 (68,4–83,4) кг. Всем провели лабораторные исследования: биохимические (содержание мочевины, активность трансаминаз – АЛТ, АСТ, креатинкиназы – КФК, концентрация тестостерона, кортизола и их соотношение) и иммунологические (лейкоцитарная формула, абсолютное и относительное содержание CD3⁺, CD4⁺, CD8⁺, CD16⁺, CD19⁺ лимфоцитов; иммунорегуляторный индекс – CD4⁺/CD8⁺, фагоцитоз, IgA, IgM, IgG, IgE). Тестируемые спортсмены были стратифицированы на две группы по уровню спортивных достижений: в группу СВД (сверхвысокие достижения) вошли спортсмены (n = 19), имеющие в своем активе победы и призовые места на крупнейших международных соревнованиях (Олимпийские Игры, чемпионаты Мира и Европы), а в группу ВСС (входящие в состав сборной) – не имеющие подобных достижений (n = 59). **Результаты.** Многофакторная оценка взаимосвязи спортивной результативности с биохимическими и иммунологическими показателями крови позволила выявить два биомаркера, отклонения которых от пороговых значений позволяют прогнозировать вероятный уровень спортивных достижений: концентрация мочевины с порогом 5,75 мМ/л (чувствительность – 73,3 %, специфичность – 68,7 %) и абсолютное содержание CD4⁺ лимфоцитов – 0,865·10⁹/л (чувствительность – 81,3 %, специфичность 59 %); снижение сывороточного содержания мочевины и повышение уровня циркулирующих CD4⁺ клеток ассоциированы со сверхвысокими спортивными результатами. Использование пороговых значений одновременно двух маркеров в прогнозе спортивных достижений повышает значение вероятности именно сверхвысоких достижений в 3 раза относительно использования только одной переменной – абсолютного содержания субпопуляции лимфоцитов CD4⁺. Отношения шансов составили 24,0 (95 % ДИ 6,23–92,5, p < 0,001) и 8,147 (95 % ДИ 2,121–31,3, p = 0,001) соответственно. **Выводы.** Уровень мочевины в сыворотке крови как важнейший показатель оптимальности белкового обмена со значениями показателя менее 5,75 ммоль/л и количество циркулирующих CD4⁺ лимфоцитов как фактор, определяющий устойчивость функционирования иммунной системы, со значениями параметра более 0,865·10⁹/л отражают способность спортсменов лучше переносить предъявляемые тренировочные и соревновательные нагрузки, а также более эффективно противостоять инфекционным агентам.

Ключевые слова: мочевина, абсолютное содержание CD4⁺ лимфоцитов, биохимические параметры крови, иммунологические параметры крови, метаболизм, иммунитет, спортсмены высокой квалификации

Для цитирования: Сывороточное содержание мочевины и абсолютное содержание циркулирующих CD4⁺-клеток как биомаркеры уровня спортивных достижений у единоборцев международного уровня / С.П. Алпатов, А.Г. Кочетов, И.В. Коновалов и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 2. С. 46–54. DOI: 10.14529/hsm220205

SERUM UREA AND ABSOLUTE COUNT OF CIRCULATING CD4⁺ CELLS AS BIOMARKERS OF SPORTS PERFORMANCE IN INTERNATIONAL LEVEL COMBAT ATHLETES

S.P. Alpatov¹, immunosport@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2233-7301>
A.G. Kochetov^{1,2}, ag_kochetov@dpo-ilm.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3632-291X>
I.V. Kononov¹, koraal@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4210-9226>
A.V. Zorenko³, allabaturina@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2062-0592>
S.A. Parastayev^{1,3}, parastayevsergey@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2281-9936>

¹Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

²Institute of Laboratory Medicine, Moscow, Russia

³Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of FMBA of Russia, Moscow, Russia

Abstract. Aim: this paper presents a comparative analysis of biochemical and immunological blood parameters in high skilled combat athletes with different athletic achievements. **Materials and methods.** The study involved male combat athletes (n = 78) of the Russian national team; mean age – 25.2 (21.5–28.9) years, mean body weight – 76.9 (68.4–83.4) kg. The following biochemical and immunological laboratory tests were performed: urea content, transaminase activity – ALT, AST, creatine kinase – CK, testosterone, cortisol levels and their ratio, absolute and relative CD3⁺, CD4⁺, CD8⁺, CD16⁺, CD19⁺ lymphocytes, immunoregulatory index – CD4⁺/CD8⁺, phagocytosis, IgA, IgM, IgG, IgE. The subjects were divided into two groups with respect to athletic performance: the UHA group (ultra-high achievements) included Olympic, World and European champions and medal winners (n = 19), the MNT group involved national team members (n = 59). **Results.** A multifactorial assessment of the relationship between athletic performance and biochemical/immunological blood parameters showed two biomarkers of predictive importance: urea up to 5.75 mM/l (sensitivity – 73.3%, specificity – 68.7%) and absolute CD4⁺ count – 0.865·10⁹/l (sensitivity – 81.3%, specificity – 59%); decreased serum urea and increased circulating CD4⁺ cells were associated with outstanding athletic performance typical of the UHA group. The simultaneous use of both markers and their reference values improves the predictive accuracy for the UHA group by 3 times compared to a single use of absolute CD4⁺ count. The odds ratios were 24 (95% CI 6.23–2.5, p < 0.001) and 8.147 (95% CI 2.121–31.3, p = 0.001), respectively. **Conclusion.** Serum urea up to 5.75 mmol/l as the most important indicator of protein metabolism and circulating CD4⁺ count of > 0.865·10⁹/l as a factor of immune performance demonstrate the ability to better tolerate training and competitive loads and resist infections.

Keywords: urea, absolute CD4⁺ count, biochemical blood analysis, immunological blood parameters, metabolism, immunity, high skilled athletes

For citation: Alpatov S.P., Kochetov A.G., Kononov IV., Zorenko A.V., Parastayev S.A. Serum urea and absolute count of circulating CD4⁺ cells as biomarkers of sports performance in international level combat athletes. *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(2):46–54. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220205

Введение. Интенсификация обмена веществ в ответ на экстремальные физические нагрузки современного спорта высших достижений предъясвляет повышенные требования ко всем системам организма и диктует необходимость отслеживания в динамике значительного количества параметров, отражающих уровень работоспособности спортсмена.

Данный подход создает объективное представление о величине адаптационных резервов организма, эффективности восстановительных процессов и открывает перспективы

своевременного внесения корректив в план подготовки за счет рационального применения педагогических и медицинских средств восстановления [1].

Одним из наиболее объективных методов, позволяющих оценить действенность адаптационных механизмов, индуцированных нагрузками различной направленности и интенсивности, является биохимическое и иммунологическое исследование крови. Биохимические показатели отражают эффективность приспособительных реакций (включая срочные и отсроченные изменения состава

крови) на тренировочные стимулы, что позволяет получить полноценную характеристику влияния текущих нагрузок, динамики восстановления и актуального уровня подготовленности. Не менее чувствительными к внешним воздействиям и опосредованным ими гомеостатическим сдвигам являются и параметры системы иммунитета [3]. К тому же не теряет своей актуальности в спорте и проблема иммунодефицитных состояний, проявляющаяся синдромом «открытого окна» («open window syndrome») [5, 11].

Спортсменам, выступающим в составе национальных сборных (иными словами: атлетам международного уровня), свойственна достаточно высокая стабильность функционирования всех систем организма (возможно, генетически детерминированная), а также соразмерность реакций на экстремальные нагрузки [10]. Однако победителями и призерами крупнейших международных турниров становятся лишь единицы из прошедших жесткий отбор национальных первенств.

Как показывает практика, в некоторых случаях достижение победы может быть обусловлено стечением определенных обстоятельств (например, дисквалификацией или травмами основных соперников). Но иногда атлетам удается не войти в элиту мирового спорта, но и оставаться на вершине спортивного Олимпа длительное время, конкурируя лишь с равными по классу.

Возможно, факторы, способствующие достижению столь высоких результатов, могут быть опосредованы индивидуальными особенностями формирования как преходящих, так и стойких морфофункциональных сдвигов, составляющих сущность многолетней адаптации к физическим нагрузкам, что находит отражение в многообразных изменениях лабораторных параметров. Выявление устойчивых взаимосвязей между ними позволит с высокой долей вероятности прогнозировать спортивную успешность во временном континууме, что, несомненно, является одной из важнейших задач современной спортивной науки.

Целью настоящего исследования являлся сравнительный анализ биохимических и иммунологических параметров крови в группах спортсменов-единоборцев высокого класса с разным уровнем спортивных достижений.

Материалы и методы. Работа выполнена в рамках текущих исследовательских проек-

тов, финансируемых ФМБА России. К исследованию были привлечены спортсмены мужского пола ($n = 78$), члены национальной сборной страны по одному из видов спортивной борьбы; средний возраст – 25,2 (21,5–28,9) лет, средний вес – 76,9 (68,4–83,4) кг. Включенным в выборку спортсменам в рамках углубленных медицинских и этапных комплексных обследований (УМО и ЭКО соответственно) проводилось исследование биохимических и иммунологических параметров крови.

Тестируемые спортсмены были стратифицированы на две группы по уровню спортивных достижений. В группу СВД (сверхвысокие достижения) были включены спортсмены ($n = 19$), имеющие в своем активе победы и призовые места на крупнейших международных соревнованиях (чемпионаты Европы, Мира, Олимпийские игры), а в группу ВСС (входящие в состав сборной) – не имеющие подобных достижений ($n = 59$).

Исследование биохимического спектра осуществлялось на анализаторе Konelab 20 (Финляндия). Референсные значения в соответствии с инструкцией к наборам реагентов составили для мочевины 2,5–7,5 мМоль/л, креатинкиназы (креатинфосфокиназы, КФК) – 25–200 Е/л, трансаминаз – менее 40 Е/л (как для АЛТ, так и АСТ), тестостерон – 9,0–42,0 нМоль/л, кортизол – 150–770 нМоль/л. С целью интегральной оценки текущего функционального состояния организма спортсменов рассчитывался индекс анаболизма (ИА) по формуле:

$$\text{ИА (\%)} = (\text{тестостерон/кортизол}) \times 100 \%$$

Показатели клеточного иммунитета исследовали методом лазерной проточной цитометрии с использованием анализаторов FACScan (Becton Dickinson) и CyAn (Dako), а также программного обеспечения CELL QUEST (BD), SimulSET (BD) и Summit v4.3. Оценивали относительное и абсолютное содержание клеток, несущих CD-маркеры: CD3⁺ отн. – 60–80 %, абс. – $1,0\text{--}2,4 \cdot 10^9/\text{л}$; CD4⁺ отн. – 33–50 %, абс. – $0,6\text{--}1,7 \cdot 10^9/\text{л}$; CD8⁺ отн. – 16–39 %, абс. – $0,3\text{--}1,0 \cdot 10^9/\text{л}$; CD16⁺ отн. – 3–20 %, абс. – $0,03\text{--}0,5 \cdot 10^9/\text{л}$; CD19⁺ отн. – 5–22 %, абс. – $0,04\text{--}0,4 \cdot 10^9/\text{л}$; иммунорегуляторный индекс – CD4⁺/CD8⁺ (1,2–2,0 %); фагоцитоз – 55–95 %. Оценивали также лейкоцитарную формулу крови – гемоцитометр Sysmex XT 2000i. Содержание иммуноглобулинов IgM (0,4–2,3 мг/мл), IgA (0,8–2,5 мг/мл), IgG (7,0–16,0 мг/мл), IgE (до

150 мЕ/мл) в сыворотке крови изучали методом радиальной иммунодиффузии в геле по методу Манчини с помощью моноспецифических антисывороток (НИИЭМ им. Н.Ф. Гамалеи).

Статистическая обработка результатов исследования проводилась в специализированном статистическом пакете прикладных программ SPSS, а также в приложении M.Excel. Результаты описательной статистики приводились в соответствии с типом распределения данных. Взаимосвязи переменных выявлялись с помощью факторного анализа с применением корреляционной матрицы для отбора, сравнения и описания компонент; вес компонента более 1 считался значимым. В матрице компонентов учитывались коэффициенты более 0,3 после использования метода вращения Варимакс с нормализацией Кайзера. Многофакторный анализ проводился также с использованием бинарной логистической регрессии обратным методом Вальда. Выбор пороговых значений количественных переменных выполнялся с использованием ROC-анализа. Статистическая значимость в исследовании была принята на уровне $p < 0,05$.

Результаты. Поиск лабораторных биомаркеров, позволяющих прогнозировать вероятность СВД у спортсменов международного уровня, выполнялся с помощью алгоритма, представляющего собой систему последовательных фильтров.

На первом этапе проводилось выделение переменных, обладающих наибольшей связью с наличием или отсутствием СВД, методом факторного анализа (снижение размерности). Преимущество отдавалось 2-компонентной матрице, с условием предварительного рассмотрения всего графика собственных значений компонент.

На втором этапе переменные, ассоциированные СВД, оценивались с помощью бинарной логистической регрессии.

На третьем этапе оставшиеся после проведения вышеуказанной процедуры статистически значимые переменные характеризовались с использованием ROC-анализа, по итогам которого осуществлялся выбор пороговых значений.

Исходно в факторный анализ включались только те переменные, которые не являлись частью уже включённых переменных или не были с ними функционально связаны. Напри-

мер, исключены CD-популяции лимфоцитов, поскольку включено их относительное содержание; исключен индекс отношения тестостерона к кортизолу, так как каждая из указанных переменных включена в факторный анализ.

Так называемая «каменистая осыпь» графика собственных значений компонент факторного анализа начиналась на уровне компонент с весом более 1. До ее начала оказалось всего два компонента, которые и были использованы для описания результатов факторного анализа.

Первый наиболее значимый компонент ассоциировал более высокую частоту СВД (0,605) с более низкими значениями относительного содержания нейтрофилов (-0,826) и концентрации мочевины (-0,421), с более высокими величинами относительного содержания лимфоцитов (0,799), базофилов (0,444), моноцитов (0,414), концентрации IgM (0,304) и активности АСТ (0,328). Во втором компоненте не выявлено взаимосвязей переменных с анализируемыми группами наличия / отсутствия СВД.

Оценка результатов бинарного логистического регрессионного анализа позволила выявить две наиболее значимые в прогнозе СВД переменные: «относительное содержание лимфоцитов» и «концентрация мочевины»: вероятность СВД прямо связана с более высокими значениями относительного содержания лимфоцитов – отношение шансов по Exp (B) составило 1,234 (95 % ДИ 1,082–1,408, $p = 0,002$), и обратно связана с концентрацией мочевины – отношение шансов по Exp (B) составило 0,305 (95 % ДИ 0,151–0,614, $p = 0,001$).

С учётом высокой значимости содержания лимфоцитов для категории спортсменов-единоборцев с СВД были проведены повторные расчёты влияния субпопуляций лимфоцитов.

Включение в факторный анализ относительного содержания CD-фракций лимфоцитов не привело к выявлению взаимосвязей с группами наличия/отсутствия СВД. При этом использование абсолютной численности лимфоцитарных субпопуляций показало в первом, наиболее значимом компоненте их ассоциированность между собой; во втором, менее значимом, но превышающим по весу единицу компоненте – 1,2, выявлена взаимосвязь более высокой частоты СВД (0,806) с более низкой концентрацией CD16⁺ (-0,610) и более высокой – CD4⁺ (0,331).

В качестве исходных переменных бинарного логистического регрессионного анализа были использованы статистически значимые переменные последнего шага ранее выполненного регрессионного анализа без субпопуляций лимфоцитов и выявленные методом факторного анализа ассоциированные с СВД CD-популяции лимфоцитов (см. таблицу).

С помощью указанного вида анализа были выявлены две наиболее значимые в прогнозе СВД переменные: «концентрация мочевины» и «абсолютное содержание субпопуляции лимфоцитов CD4⁺». Полученные результаты позволяют предположить, что вероятность СВД прямо связана с более высокими значениями абсолютного содержания субпопуляции CD4⁺ – отношение шансов по Exp (B) составило 26,1 (95 % ДИ 2,25–302,7, p = 0,009), и обратно связана с концентрацией мочевины – отношение шансов по Exp (B) составило 0,515 (95 % ДИ 0,338–0,785, p = 0,002).

Вышеуказанные переменные имели нормальное распределение, констатированное использованием одновыборочного критерия Колмогорова – Смирнова, в связи с этим в качестве меры представления их центральной тенденции были использованы средние значения и стандартное отклонение. Концентрация мочевины в группах ВСС и СВД составила $6,55 \pm 1,27$ мМ/л и $5,29 \pm 1,08$ мМ/л соответственно, разность средних $1,25 \pm 0,36$ мМ/л, pst = 0,001. Абсолютное содержание субпопуляции лимфоцитов CD4⁺ в группах ВСС и СВД составило $0,856 \pm 0,238 \cdot 10^9$ /л и $1,053 \pm$

$\pm 0,376 \cdot 10^9$ /л соответственно, разность средних $-0,196 \pm 0,08 \cdot 10^9$ /л, pst = 0,012.

То есть концентрация мочевины и абсолютное содержание лимфоцитов CD4⁺ в обеих группах, разнящихся по уровню спортивных достижений, находились в референтных диапазонах, но имели статистически значимые межгрупповые различия: в группе СВД ниже концентрация мочевины и выше абсолютное содержание CD4⁺.

С учётом проведённой оценки взаимосвязи лабораторных показателей со сверхвысокими достижениями для определения пороговых значений последних проводился ROC-анализ с положительным актуальным состоянием «СВД» для абсолютного содержания субпопуляции лимфоцитов CD4⁺ и «ВСС» – для концентрации мочевины.

Площадь под характеристической кривой для переменной «абсолютное содержание субпопуляции лимфоцитов CD4⁺» в группе СВД составила 0,68 (95 % ДИ 0,512–0,848, p = 0,028), что характеризует данный показатель как статистически значимый средний классификатор. Пороговое значение в данной группе в соответствии с координатами характеристической кривой составило $0,865 \cdot 10^9$ /л с чувствительностью 81,3 % и специфичностью 59 %, то есть тест высокочувствителен, но низко специфичен (рис. 1).

Отношение шансов указанного порогового значения в прогнозе сверхвысоких достижений составило 8,147 (95 % ДИ 2,121–31,3, p = 0,001), то есть при абсолютном содержа-

Результаты бинарного логистического регрессионного анализа лабораторных показателей и CD-популяций лимфоцитов с группировкой спортивных достижений ВСС/СВД
Binary logistic regression of laboratory parameters and CD lymphocytes by athletic achievements (MNT/UHA groups)

Показатель Parameter	B	Средне- квадрат. ошибка Root-mean- square error	Вальд Wald test	Знач. Value	Exp (B)	95% доверительный интервал для Exp(B) 95% confidence interval for Exp(B)		
						Нижняя Lower	Верхняя Upper	
Шаг 1 Step 1	Мочевина, мМ/л Urea, mM/l	-0,596	0,229	6,794	0,009	0,551	0,352	0,863
	CD, $\times 10^9$ /л	3,948	3,001	1,730	0,188	51,849	0,145	18603,856
	CD16 ⁺ , $\times 10^9$ /л	-0,816	3,750	0,047	0,828	0,442	0,000	688,565
Шаг 4 Step 4	Лимфоциты, $\times 10^9$ /л Lymphocytes, $\times 10^9$ /л	-0,055	1,461	0,001	0,970	0,947	0,054	16,594
	Мочевина, мМ/л Urea, mM/l	-0,663	0,215	9,520	0,002	0,515	0,338	0,785
	CD4 ⁺ , $\times 10^9$ /л	3,262	1,251	6,803	0,009	26,095	2,250	302,686

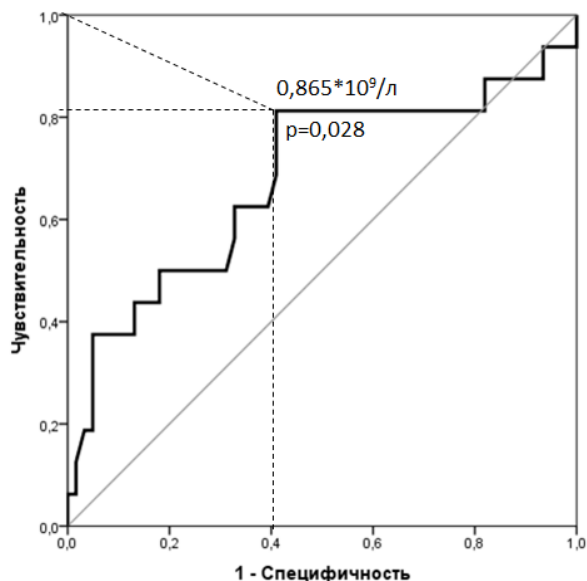


Рис. 1. Характеристическая кривая содержания субпопуляции лимфоцитов $CD4^+$ в группе СВД
Fig. 1. The characteristic curve of the $CD4^+$ lymphocyte subpopulation in the UHA group

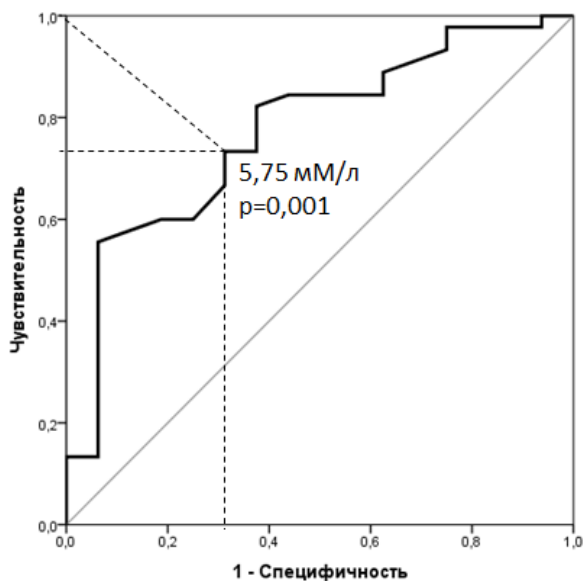


Рис. 2. Характеристическая кривая концентрации мочевины в группе ВСС
Fig. 2. The characteristic curve of urea concentration in the UHA group

нии субпопуляции лимфоцитов $CD4^+$ более $0,865 \cdot 10^9/\text{л}$ вероятность сверхвысоких достижений увеличивается более, чем в 8 раз.

Площадь под характеристической кривой для переменной «концентрация мочевины» в группе спортсменов-борцов с отсутствием сверхвысоких достижений составила 0,774 (95 % ДИ 0,642–0,905, $p = 0,001$), что характеризует данный показатель как статистически значимый хороший классификатор. Пороговое значение в данной группе в соответствии с координатами характеристической кривой составило 5,75 мм/л с чувствительностью 73,3 % и специфичностью 68,7 %, то есть тест средней чувствительности и средней значимости (рис. 2).

Отношение шансов указанного порогового значения в прогнозе отсутствия сверхвысоких достижений составило 36,5 (95 % ДИ 4,52–293,7, $p < 0,001$), то есть при концентрации мочевины более 5,75 ммоль/л вероятность отсутствия сверхвысоких достижений увеличивается более, чем в 36 раз.

В соответствии с полученными пороговыми значениями было выделено 2 группы спортсменов со значениями переменных, которые:

1) соответствовали прогнозу СВД, то есть концентрация мочевины менее 5,75 ммоль/л и абсолютное содержание субпопуляции лимфоцитов $CD4^+$ более $0,865 \cdot 10^9/\text{л}$;

2) не соответствовали данному прогнозу, то есть уровень мочевины выше 5,75 ммоль/л

и абсолютное количество $CD4^+$ клеток менее $0,865 \cdot 10^9/\text{л}$.

Отношение шансов СВД для спортсменов-единоборцев первой группы составило 24,0 (95 % ДИ 6,23–92,5, $p < 0,001$), то есть в диапазоне пороговых значений одновременно двух переменных вероятность сверхвысоких спортивных достижений статистически значимо увеличивается в 24 раза. Обращает на себя внимание, что при раздельном использовании выявленных маркеров, вероятность СВД по абсолютному содержанию $CD4^+$ лимфоцитов намного ниже, чем возможность отсутствия подобных достижений по концентрации мочевины. Использование же в прогнозе одновременно двух маркеров повышает значение вероятности именно СВД практически в 3 раза относительно использования только одной переменной – абсолютного содержания субпопуляции лимфоцитов $CD4^+$.

Обсуждение. В практике биохимического контроля в спорте мочевины $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$ позиционируется как один из наиболее информативных показателей оценки переносимости физических нагрузок, а также эффективности процессов постнагрузочного восстановления. Как правило, длительные тренировки приводят к увеличению концентрации мочевины в крови [6].

Факт сниженного содержания мочевины в группе СВД (в сравнении с ВСС), с нашей

точки зрения, свидетельствует об анаболической направленности процессов, минимальном использовании белка в качестве энергетического субстрата (в процессе глюконеогенеза) и более высокой энергообеспеченности мышц у спортсменов из группы СВД [2].

Влияние экстремальных физических нагрузок на иммунную систему, в том числе на субпопуляционный спектр иммунокомпетентных клеток, не первое десятилетие остается одной из приоритетных задач спортивной медицины. Концепция, доминирующая среди специалистов, описывающая влияние многолетней спортивной тренировки на иммунный статус, изложена в обзоре Anthony Carl Hackney (2013), который утверждает, что важнейшим признаком кумулятивных эффектов тренировки является транзиторная иммуносупрессия (спортивный иммунодефицит), проявляющаяся повышением заболеваемости респираторными инфекциями [9]. Данная позиция подтверждается результатами значительного количества отечественных и зарубежных исследований [5, 8].

Однако к настоящему времени показано, что феномен «открытого окна» характерен не для всех категорий спортсменов. В большей степени он отражает тенденцию среди лиц, занимающихся спортом на любительском уровне и атлетов, достигших субэлитного уровня (национального и отчасти международного). Для спортивной элиты, призеров и победителей крупнейших международных соревнований, более характерен незначительный подъем заболеваемости на пике нагрузок, что свидетельствует о конституционально обусловленной стабильности функционирования иммунной системы наиболее успешных спортсменов даже в условиях воздействия экстремальных стрессоров [10].

В нашем исследовании именно спортсмены из группы СВД показали более высокие

значения лимфоцитов с маркерами CD4⁺, а также обратную зависимость с абсолютным содержанием лимфоцитов CD16⁺, что свидетельствует о большей устойчивости системы иммунитета в данной страте, особенно против вирусных агентов. Известно, что при воспалительном процессе вирусной этиологии изначально повышается содержание NK-клеток (CD16⁺), затем нарастает содержание Т-лимфоцитов CD4⁺. Длительно сохраняющийся повышенный уровень NK-клеток является неблагоприятным признаком перехода заболевания в хроническую форму [7, 4]. Исходя из этого, можно предположить, что у спортсменов со сверхвысокими достижениями наблюдается низкий риск хронизации воспалительного процесса и эффективно действующий механизм уничтожения вирусного антигена.

Заключение. Полученные результаты позволяют констатировать оптимальную адаптированность данному виду спорта, адекватность обменных процессов и иммунной защиты у спортсменов в группе с более высокими спортивными достижениями.

Уровень мочевины в сыворотке крови как важнейший показатель белкового обмена со значениями менее 5,75 ммоль/л и количество циркулирующих CD4⁺ лимфоцитов как фактор, определяющий устойчивость функционирования иммунной системы, со значениями параметра более $0,865 \cdot 10^9$ /л отражают способность спортсменов лучше переносить предъявляемые тренировочные и соревновательные нагрузки, а также более эффективно противостоять инфекционным агентам.

Констатация факта совместных векторных отклонений от пороговых значений обоих параметров повышают точность прогноза в отношении достижения наиболее значимых спортивных результатов.

Список литературы

1. Иорданская, Ф.А. Минеральный обмен в системе мониторинга функциональной подготовленности высококвалифицированных спортсменов / Ф.А. Иорданская, С.Н. Португалов, Н.К. Цепкова. – М.: Совет. спорт, 2014. – 96 с.
2. Никулин, Б.А. Биохимический контроль в спорте: научн.-метод. пособие / Б.А. Никулин, И.И. Родионова. – М.: Совет. спорт, 2011. – 232 с.
3. Полетаев, А.Б. Клиническая и лабораторная иммунология: избранные лекции / А.Б. Полетаев. – М.: ООО «Мед. информ. агентство», 2007. – 184 с.
4. Ремоделинг фенотипа субпопуляций нейтрофильных гранулоцитов CD64⁺CD32⁺CD16⁺CD11b⁺Hr CD64⁺CD32⁺CD16⁺CD11b⁺Hr в созданной de novo экспериментальной модели вирусно-бактериальной инфекции в системе in vitro / И.В. Нестерова, Г.А. Чудилова, Т.В. Русинова и др. // Инфекция и иммунитет. – 2021. – Т. 11, № 1. – С. 101–110.

5. Суздальницкий, Р.С. Новые подходы к пониманию спортивных стрессорных иммунодефицитов / Р.С. Суздальский, В.А. Левандо // Теория и практика физ. культуры. – 2003. – № 1. – С. 18–22.
6. Шаройко, В.В. Перспективы использования биомаркеров в системе физической подготовки спортсменов / В.В. Шаройко, Е.Н. Курьянович, О.О. Борисова // Теория и практика физической подготовки в вооруженных силах Российской Федерации: опыт и перспективы: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – СПб., 2017. – С.156–167.
7. Шиловский, И.П. Применение комбинированных препаратов в лечении респираторных вирусных инфекций / И.П. Шиловский // Медицинский совет. – 2016. – Т. 17. – С. 45–48.
8. Campbell, J.P. Debunking the Myth of Exercise-Induced Immune Suppression: Redefining the Impact of Exercise on Immunological Health Across the Lifespan: Review Article / J.P. Campbell, J.E. Turner // *Front Immunol.* – 2018. – 16 Aprile. DOI: 10.3389/fimmu.2018.00648
9. Hackney, A.K. Clinical Management of Immuno-Suppression in Athletes Associated with Exercise Training: Sports Medicine Considerations / A.K. Hackney // *Acta Medica Iranica.* – 2013. – No. 51 (11). – P. 751–756.
10. How much is too much? (Part 2). International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness / M. Schwellnus, T. Soligard, J.-M. Alonso et al. // *Br J Sports Med.* – 2016. – No. 50. – P. 1043–1052. DOI: 10.1136/bjsports-2016-096572
11. Upper Respiratory Symptoms, Gut Health and Mucosal Immunity in Athletes West / C. Colbey, A.J. Cox, D.B. Pyne et al. // *Sports Med.* – 2018. – Vol. 48 (Suppl 1). – P. 65–77. DOI: 10.1007/s40279-017-0846-4

References

1. Iordanskaya F.A., Portugalov S.N., Tsepikova N.K. *Mineral'nyy obmen v sisteme monitoringa funktsional'noy podgotovlennosti vysokokvalifitsirovannykh sportsmenov* [Mineral Exchange in the System of Monitoring the Functional Fitness of Highly Qualified Athletes]. Moscow, Soviet Sports Publ., 2014. 96 p.
2. Nikulin B.A., Rodionova I.I. *Biokhimicheskiy kontrol' v sporte: nauchno-metodicheskoe posobie* [Biochemical Control in Sports]. Moscow, Soviet Sports Publ., 2011. 232 p.
3. Poletaev A.B. *Klinicheskaya i laboratornaya immunologiya: izbrannyye lektsii* [Clinical and Laboratory Immunology]. Moscow, LLC Medical Information Agency Publ., 2007. 184 p.
4. Nesterova I.V., Chudilova G.A., Rusinova T.V. et al. [Phenotype Remodeling in Neutrophilic Granulocyte Subsets CD64⁻CD32⁺CD11b⁺Hr CD64⁺CD32⁺CD11b⁺Hr in de Novo Experimental Model of Viral-Bacterial Infection in Vitro]. *Infektsiya i immunitet* [Infection and Immunity], 2021, vol. 11, no. 1, pp. 101–110. (in Russ.) DOI: 10.15789/2220-7619-ROT-1517
5. Suzdal'skiy R.S., Levando V.A. [New Approaches to Understanding Sports Stress Immunodeficiency]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2003, no. 1, pp. 18–22. (in Russ.)
6. Sharoyko V.V., Kur'yanovich E.N., Borisova O.O. [Prospects for the Use of Biomarkers in the System of Physical Training of Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy podgotovki v vooruzhennykh silakh Rossiyskoy Federatsii: opyt i perspektivy: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Theory and Practice of Physical Training in the Armed Forces of the Russian Federation. Experience and Prospects: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference], 2017, pp. 156–167. (in Russ.)
7. Shilovskiy I.P. [The Use of Combined Drugs in the Treatment of Respiratory Viral Infections]. *Meditsinskiy Sovet* [Medical Advice], 2016, vol. 17, pp. 45–48. (in Russ.) DOI: 10.21518/2079-701X-2016-17-45-48
8. Campbell J.P., Turner J.E. Debunking the Myth of Exercise-Induced Immune Suppression: Redefining the Impact of Exercise on Immunological Health Across the Lifespan: Review Article. *Front Immunol*, 2018, vol. 16. DOI: 10.3389/fimmu.2018.00648
9. Hackney A.K. Clinical Management of Immuno-Suppression in Athletes Associated with Exercise Training: Sports Medicine Considerations. *Acta Medica Iranica*, 2013, no. 51 (11), pp. 751–756.
10. Schwellnus M., Soligard T., Alonso J.-M. et al. How Much is too Much? (Part 2). International Olympic Committee Consensus Statement on Load in Sport and Risk of Illness. *Br J Sports Med.*, 2016, no. 50, pp. 1043–1052. DOI: 10.1136/bjsports-2016-096572
11. Colbey C., Cox A.J., Pyne D.B. et al. Upper Respiratory Symptoms, Gut Health and Mucosal Immunity in Athletes West *Sports Med*, 2018, no. 48 (1), pp. 65–77. DOI: 10.1007/s40279-017-0846-4

Информация об авторах

Алпатов Сергей Петрович, кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры фармакологии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова. Россия, 117513, Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6.

Кочетов Анатолий Глебович, доктор медицинских наук, профессор, ректор, Институт лабораторной медицины. Россия, 125315, Москва, Ленинградский проспект, 80Г, офис 911А; профессор кафедры фармакологии педиатрического факультета, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова. Россия, 117513, Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6.

Коновалов Иван Вячеславович, кандидат медицинских наук, доцент кафедры инфекционных болезней у детей, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова. Россия, 117513, Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6.

Зоренко Алла Владимировна, врач по спортивной медицине, Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства. Россия, 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, д. 5.

Парастаев Сергей Андреевич, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры педиатрического факультета, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова. Россия, 117513, Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6; ведущий научный сотрудник Федерального научно-клинического центра спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства. Россия, 121059, Москва, ул. Б. Дорогомиловская, д. 5.

Information about the authors

Sergey P. Alpatov, Candidate of Medical Sciences, Senior Lecturer, Department of Pharmacology, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia.

Anatoliy G. Kochetov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Rector of the Institute of Laboratory Medicine, Moscow, Russia; Professor of the Department of Pharmacology, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia.

Ivan V. Kononov, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Pediatric Infectious Diseases, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia.

Alla V. Zorenko, Sports Medicine Physician, Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of FMBA of Russia, Moscow, Russia.

Sergey A. Parastaev, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Rehabilitation, Sports Medicine and Physical Education, Faculty of Pediatrics, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia; Leading Researcher, Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of FMBA of Russia, Moscow, Russia.

Статья поступила в редакцию 20.02.2022

The article was submitted 20.02.2022