



СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КЛЕТОЧНОГО ИММУНИТЕТА СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

Р.М. РАДЖАБКАДИЕВ*, Э.Н. ТРУШИНА*, О.К. МУСТАФИНА*, Д.Б. НИКИТЮК***

* ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», Устьинский проезд, д. 2/14, г. Москва, 109240, Россия

** ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет),
ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, Москва, 119048, Россия

*** Российский университет дружбы народов, ул. Миклухо-Маклая, 6, г. Москва, 117198, Россия

Аннотация. В работе приводятся данные о состоянии клеточного иммунитета у профессиональных спортсменов в предсоревновательный период спортивной деятельности. **Материалы и методы исследования.** Нами было обследовано 180 высококвалифицированных спортсменов обою пола (107 мужчин и 73 женщины), членов сборных команд Российской Федерации по четырем видам спорта (пулевая стрельба, биатлон, бобслей и сноуборд). Возраст мужчин составил $21,4 \pm 0,6$ года (от 18 до 28 лет), женщин – $22,9 \pm 1,7$ года (от 19 до 30 лет). Оценили процентные показатели В-лимфоцитов, Т-клеточной популяции: общее количество Т-лимфоцитов, количество Т-хелперов, цитотоксических Т-лимфоцитов, NK-клеток, NKT-клеток, а также содержание лимфоцитов, несущих маркеры активации ($CD3^+HLA\ DR^+$, $CD3^+CD25^+$). **Результаты и их обсуждение.** У 19% обследованных спортсменов величина иммунорегуляторного индекса превысила показатели нормы, что свидетельствует о повышении активности Т-хелперов. Также у обследуемых спортсменов, как у мужчин, так и у женщин, наблюдалось превышение В-лимфоцитов, что свидетельствует об активации гуморального иммунитета спортсменов. Среднегрупповое содержание NK-клеток в крови спортсменов находилось в пределах нормы. Лишь у 11% стрелков, 10% биатлонистов и 13% сноубордистов содержание NK-клеток не достигало нижней границы нормы. **Заключение.** Сравнительный анализ состояния клеточного иммунитета спортсменов, специализирующихся в пулевой стрельбе, биатлоне, бобслее и сноуборде не выявил существенных различий. Это свидетельствует о высокой степени адаптации спортсменов к выполняемым физическим нагрузкам.

Ключевые слова: клеточный иммунитет, спортсмены, лимфоциты, адаптация.

COMPARATIVE EVALUATION OF CELL-MEDIATED IMMUNITY IN ATHLETES OF VARIOUS SPECIALIZATION

R.M. RADJABKADIEV*, E.N. TRUSHINA*, O.K. MUSTAFINA*, D.B. NIKITYUK***

* Federal State Budgetary Institution of Sciences «Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology»,
2/14 Ustyinskiy drive, Moscow, 109240, Russia

** Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “First Moscow State Medical University of I.M. Sechenov” of Ministry of Healthcare of Russia (Sechenov’s University,
8 bld 2 Trubetskaya str., Moscow, 119048, Russia

*** People’s Friendship University of Russia, 6 Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russia

Abstract. The data of cell-mediated immunity state in professional athletes during the pre-competition phase of their sports activity is highlighted in the article. **Materials and methods of the research.** We examined 180 highly-qualified athletes of both genders (107 men and 73 women) who are the members of the bullet shooting, biathlon, bobsleigh and snowboard national teams of the Russian Federation. The male athletes were aged $21,4 \pm 0,6$ years (18-28 years old), whereas the female athletes were aged $22,9 \pm 1,7$ years (19-30 years old). B-lymphocytes and T-cell population percentage indicators were evaluated, namely: the total number of T-lymphocytes, the quantity of T-helpers, cytotoxic T-lymphocytes, NK and NKT cells as well as the content of lymphocytes with $CD3^+HLA\ DR^+$ and $CD3^+CD25^+$ activation markers. **Results and their discussion.** The immunoregulatory index value exceeded the normal indicators in 19% of the examined athletes which shows the increased activity of T-helpers. Also, exceeded lymphocyte count was noticed in the examined athletes, both men and women, which indicates the activation of the athletes’ humoral immunity. The average content of NK-cells in the athletes’ blood was within the norm. NK-cells content only didn’t reach the lower limit of the norm in 11% of the shooters, 10% of the biathlonists and 13% of the snowboarders. **Conclusion.** Comparative analysis of cell-mediated immunity of the bullet shooting, biathlon, bobsleigh and snowboard athletes didn’t reveal significant differences. This indicates a high degree of the athletes’ adaptation to the physical loads they perform.

Key words: cell-mediated immunity, athletes, lymphocytes, adaptation.

Введение. Формирование адаптационного потенциала спортсмена к регулярным физическим нагрузкам во многом определяется функциональным состоянием иммунной системы. Ведущая роль при этом принадлежит клеточному иммунитету, в том числе *T*-лимфоцитам и их основным субпопуляциям. Известно, что выраженность нарушений иммунного статуса зависит от силы стрессорного воздействия. Так, физические нагрузки умеренной интенсивности и продолжительности приводят к повышению неспецифической и иммунной резистентности организма [7, 11]. Однако высокоинтенсивные физические нагрузки, которым подвергаются профессиональные спортсмены, нередко сопровождаются иммуносупрессией. В частности, у спортсменов в период истощающих нагрузок, приводящих к состоянию перетренированности, наблюдается снижение функциональной активности *T*-лимфоцитов на фоне увеличения их количества в крови [6, 9], угнетается функциональная активность нейтрофилов, моноцитов, при этом повышается цитотоксическая активность *NK*-клеток [10]. Выявляемые у спортсменов нарушения неспецифической резистентности, функционального состояния *T*- и *B*-клеточного звеньев иммунитета, являются причиной развития вторичных иммунодефицитных состояний лимитирующих физическую работоспособность [2, 3, 5].

Известно, что экстремальные спортивные нагрузки приводят к изменениям в пуле циркулирующих лимфоцитов, выраженность которых зависит от интенсивности и продолжительности двигательной активности [8]. Вместе с тем, иммуносупрессия, определяемая у спортсменов при физических нагрузках, может быть опосредована также недостаточным периодом восстановления организма и несбалансированным пищевым рационом [14]. Интенсивные физические нагрузки сопровождаются кратковременным повышением содержания лимфоцитов в крови, которое нормализуется через несколько часов после завершения тренировки или соревнования [1, 3]. Наблюдаемый у спортсменов лимфоцитоз в основном индуцирован влиянием катехоламинов на иммунную систему. Повышение уровня катехоламинов (в частности адреналина) в ответ на физическую нагрузку приводит к увеличению экспрессии β_2 -адренергических рецепторов на поверхности лимфоцитов и переходу их в сосудистое русло [13]. При этом скорость восстановления уровня циркулирующих лимфоцитов до нормальных величин свидетельствует о состоянии адаптационного потенциала организма.

Цель исследования – сравнительная оценка состояния клеточного иммунитета спортсменов различных видов спорта в предсоревновательный период их тренировочной деятельности.

Материал и методы исследования. Исследование клеточного иммунитета спортсменов проводили в предсоревновательный период годового тренировочного цикла. Все обследуемые дали письменное информированное согласие на участие в исследовании. Протокол исследования был одобрен комитетом по этике ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Было обследовано 180 высококвалифицированных спортсменов (*кандидаты в мастера спорта* (КМС – 68 человек), *мастера спорта* (МС – 75 человека), *мастера спорта международного класса* (МСМК – 21 человек), *заслуженные мастера спорта* (ЗМС – 16 человек)) обоего пола, членов сборных команд Российской Федерации по четырем неигровым видам спорта. Возраст мужчин составил $21,4 \pm 0,6$ года (от 18 до 28 лет), женщин – $22,9 \pm 1,7$ года (от 19 до 30 лет). Распределение обследованных спортсменов по полу и видам спорта представлено в табл. 1.

Таблица 1

Общее количество обследованных спортсменов по видам спорта

| Вид спорта | Всего обследованных спортсменов | Мужчины | Женщины |
|------------------|---------------------------------|------------|-----------|
| Бобслей | 40 | 28 | 12 |
| Биатлон | 30 | 20 | 10 |
| Пулевая стрельба | 72 | 38 | 34 |
| Сноуборд | 38 | 21 | 17 |
| Всего | 180 | 107 | 73 |

Забор крови из локтевой вены проводили утром, натощак по истечению 12 - 14 часов после тренировки. Изучение количественного состава субпопуляций лимфоцитов в периферической крови обследуемых выполняли на проточном цитофлуориметре *FC-500* (*Beckman Coulter*, США) по программе *Cytomics CXP Software* с использованием двойных комбинаций моноклональных антител производства *Beckman Coulter*, США. При этом оценивали относительное содержание *B*-лимфоцитов, *T*-клеточной популяции: общее количество *T*-лимфоцитов ($CD3^+$), количество *T*-хелперов ($CD3^+CD4^+$), цитотоксических *T*-лимфоцитов ($CD3^+CD8^+$), натуральных клеток-киллеров (*NK*-клеток – $CD3^-CD16^+CD56^+$), *NKT*-клеток ($CD3^+CD16^+CD56^+$), а также содержание лимфоцитов, несущих маркеры активации ($CD3^+HLA-DR^+$, $CD3^+CD25^+$). В качестве изотипических контролей использовали: *CD45/CD14* (для идентификации популяции лейкоцитов и выделения гейта лимфоцитов по малоугловому и боковому светорассеянию). *Иммунорегуляторный индекс* (ИРИ) выражали соотношением $CD4^+/CD8^+$ клеток. Статистическую обработ-

ку данных проводили с помощью *IBM SPSS Statistics v/ 23.0* (США) и *Microsoft Excel* (2003). В работе использовалась непараметрическая статистика Крускала-Уолеса (*H*-критерий). В случае принятия нуль-гипотезы между сравниваемыми группами нет достоверных отличий по всем статистическим параметрам. В случае отклонения нуль-гипотезы существует не менее одной группы, имеющее отличие по какому-либо статистическому параметру. С целью установления отличия между группами был использован критерий Манна-Уитни (*U*-критерия), в качестве множественного сравнения с использованием поправки Бонфферони. Результаты представили в виде медианы *Me* (*Q1;Q3*), где *Me* – медиана, *Q1* и *Q3* – нижний и верхний квартили соответственно. Уровень значимости различий считали достоверным при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Как показали наши исследования, (табл. 2) наименьшее относительное содержание *B*-лимфоцитов (*CD19+*) было характерно для спортсменов, специализирующихся в биатлоне по сравнению с представительницами пулевой стрельбы, бобслея и сноуборда. Так, в указанных группах данный показатель на 27%, 33,9% и 22% соответственно, превысил показатели биатлонисток ($p < 0,05$). Среднегрупповое содержание *CD19+* в крови спортсменов-мужчин статистически не различались. Также на наш взгляд, заслуживает внимания наблюдаемое превышение значений *B*-лимфоцитов, как у мужчин, так и у женщин, по сравнению с описанными в литературе аналогичными параметрами донорской группы (табл. 2) [4].

Таблица 2

Показатели клеточного иммунитета спортсменов, *Me* (*Q1;Q3*)

| Субпопуляция лимфоцитов, % | Пулевая стрельба | | Биатлон | | Бобслей | | Сноуборд | | 25-й и 75-й процентиль донорской группы [13] |
|---|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--|
| | М (n-38) | Ж (n-34) | М (n-20) | Ж (n-10) | М (n-28) | Ж (n-12) | М (n-21) | Ж (n-17) | |
| <i>B</i> -лимфоциты <i>CD19+</i> | 13,31 (10,8; 17,4) | 12,5° (10,9;14,0) | 13,36 (11,3; 15,7) | 9,12 (8,6; 10,0) | 13,06 (9,8;14,9) | 13,81° (12,5;15,4) | 16,8 (13,0; 18,0) | 11,7° (10,4; 15,2) | 6,9-12,2 |
| <i>T</i> -лимфоциты <i>CD3+</i> | 67,7 (62,1; 74,3) | 73,0# (69,4;78,5) | 69,68 (66,4; 72,5) | 72,1 (70,3;75,0) | 70 (61,8; 75,3) | 68,75 (62,3; 70,7) | 67,9 (66,0; 72,8) | 74,5# (71,0; 79,0) | 68,8-76,7 |
| <i>T</i> -хелперы <i>CD3+CD4+</i> | 37,71 (33,7; 40,8) | 43,16 (38,7;46,1) | 37,75 (33,7; 38,6) | 37,58 (33,6; 42,3) | 39,05 (35,3; 41,5) | 42,46 (36,9; 48,2) | 38,87 (37,1; 41,6) | 43,53 (40,4; 48,7) | 39,1-48,4 |
| <i>T</i> -цитотоксич. <i>CD3+CD8+</i> | 25,55# (21,9; 28,2) | 27,23# (23,5;30,3) | 27,95 (23,1; 30,7) | 28,38# (23,4; 33,0) | 26,91 (21,9; 33,8) | 20,89 (18,3; 22,8) | 27,6 (23,2; 29,0) | 27,23# (24,3; 29,3) | 22,1-28,6 |
| ИРИ <i>CD4/CD8</i> | 1,48 (1,4;1,54) | 1,59 (1,3;1,7) | 1,37 (1,2; 1,6) | 1,29 (1,0;1,7) | 1,44 (1,1;1,9) | 2,14*° (1,6; 2,4) | 1,47 (1,2;1,6) | 1,6 (1,4;1,9) | 1,1-1,5 |
| <i>NK</i> -клетки <i>CD3-CD16+CD56+</i> | 14,68 (10,4; 18,9) | 12,8 (9,8;15,4) | 12,95 (10,5; 16,2) | 14,96 (9,6; 16,2) | 14,18 (11,4; 18,5) | 12,23 (9,8; 17,5) | 12,63 (8,8; 14,4) | 9,53 (7,7; 11,1) | 12,6-19 |
| <i>NKT</i> -клетки <i>CD3+CD16+CD56+</i> | 3,41 (1,9;4,8) | 4,13 (2,9;5,6) | 2,11 (1,3; 5,2) | 4,18 (3,4;6,5) | 3,72 (2,7;9,4) | 3,21 (2,4; 4,6) | 4,0 (2,7;4,5) | 4,43 (2,7; 7,1) | 4,2-8,2 |
| <i>T</i> -актив. лимф. <i>CD3+HLA-DR+</i> | 3,8 (2,5;6,6) | 3,48 (2,3;5,0) | 3,32 (2,3; 5,6) | 4,72 (3,3;5,4) | 3,13 (2,1;4,4) | 2,21 (1,8; 3,1) | 4,63 (3,3; 6,2) | 2,7 (2,3; 3,5) | 4,3-9,9 |
| <i>CD25</i> -лимфоциты <i>CD3+CD25+</i> | 3,34° (2,3; 4,0) | 3,54° (2,8;4,5) | 2,04 (1,5; 2,8) | 1,81 (1,5;2,8) | 2,71 (1,9;3,6) | 2,62 (2,1; 3,4) | 4,6*°# (3,6;4,8) | 3,48 (2,7; 3,7) | 5,9-11,1 |

Примечание: М – мужчины; Ж – женщины, статистически значимое отличие ($p < 0,05$) от: * – спортсменов, занимающихся пулевой стрельбой; # – бобслеистов; ° – биатлонистов

Полученные данные могут свидетельствовать об активации гуморального иммунитета спортсменов. Коэффициент вариации уровня $CD19^+$ в крови сравниваемых групп спортсменов находился в пределах 24-40% и в среднем составил 32%.

Среднегрупповые уровни T -лимфоцитов ($CD3^+$) у обследуемых нами спортсменов находились в пределах референтных интервалов. При этом, наименьшие показатели $CD3^+$ наблюдались у спортсменов, специализирующихся в бобслее: в среднем на 5-7% ниже, чем у представительниц пулевой стрельбы и сноуборда ($p < 0,05$) табл. 2. Анализ индивидуальных параметров выявил превышение уровней $CD3^+$ относительно референтных интервалов лишь единичных случаях, тогда как низкие показатели $CD3^+$ наблюдались у мужчин группы пулевая стрельба (16,6% ($n=6$)), бобслей (13,6% ($n=3$)) и сноуборд (13,3% ($n=2$)). Коэффициент вариации содержания $CD3^+$ в крови обследуемых групп спортсменов не превысил 15%.

Согласно литературным данным, к числу наиболее чувствительных клеток к интенсивным физическим нагрузкам относятся натуральные клетки-киллеры [13]. Отмечается, что для данных клеток характерна наибольшая плотность β_2 -адренергических рецепторов на поверхности клеточной мембраны. Существуют также сведения, свидетельствующие о высокой цитолитической активности NK -клеток у спортсменов [12]. Однако вопрос, связано ли это с повышением количества клеток или увеличением их удельной активности требует дальнейших исследований. В полученных нами результатах среднегрупповые и индивидуальные показатели NK и NKT -клеток находились в пределах нормальных значений (табл. 2).

Наряду с натуральными киллерами высокой чувствительностью к мышечным нагрузкам, по мнению ряда авторов, обладают $CD8^+$ и $CD4^+$ - лимфоциты [10]. Было показано, что под влиянием активной мышечной деятельности количество данных клеток, циркулирующих в крови, существенно возрастает. Однако в сравниваемых нами видах спорта среднегрупповое содержание $CD8^+$ и $CD4^+$ - лимфоцитов находилось в пределах нормальных значений. Анализ индивидуальных величин $CD4^+$ выявил незначительное снижение T -хелперов в крови мужчин: в 16,6% ($n=6$) случаев у стрелков, в 18,8% ($n=4$) у бобслеистов в 10% ($n=2$) (табл. 2). Что касается содержания $CD8^+$ практически у всех обследованных спортсменов данный показатель не выходил на пределы референтных интервалов. При этом, среднегрупповое содержание $CD8^+$ - лимфоцитов менее всего было выражено у представительниц бобслея и в среднем на 25% было ниже аналогичных показателей сравниваемых групп ($p < 0,05$) (табл. 2).

Одним из показателей, характеризующих состояние иммунной системы, является ИРИ, который представляет собой отношение циркулирующих в крови $CD4^+$ клеток к $CD8^+$. Низкие значения иммунорегуляторного индекса отражают иммуносупрессию, тогда как высокие – активацию иммунной системы.

У некоторого числа обследуемых нами лиц показатели ИРИ находились за пределами референтных интервалов (рис.). Так, среди спортсменов, специализирующихся в пулевой стрельбе, у 19% ($n=7$) мужчин и 17% ($n=6$) женщин данный показатель превысил верхнюю границу референтных значений. В остальных группах подобное наблюдалось в группе биатлон в 10% ($n=2$) и 20% ($n=2$) случаев у мужчин и женщин, соответственно; бобслей в 14% ($n=3$), 50% ($n=6$) и сноуборд в 13% ($n=2$), 20% ($n=3$) случаев соответственно. У спортсменки, специализирующейся в бобслее данный показатель был на критически высоком уровне и составил 5,2 у.е., что может свидетельствовать о риске развития аутоиммунных нарушений.

Также необходимо отметить, что среди обследуемых спортсменов имелись лица, уровень ИРИ которых, не достигал нижней границы референтных интервалов и/или находился на маргинальном уровне. Указанное наблюдалось у 7% ($n=5$) спортсменов, занятых в пулевой стрельбе, 17% ($n=5$) биатлоне и 14% ($n=3$) бобслее. Наиболее высокие значения ИРИ в среднем по группе наблюдались у бобслеистов и превысили аналогичные показатели стрелков и биатлонистов в 1,3-1,6 раз соответственно ($p < 0,05$) табл. 2.

В полученных нами данных, у всех спортсменов относительное содержание маркеров активации лимфоцитов ($CD3^+HLA-DR^+$) и T -лимфоцитов, несущих рецепторы к $IL-2$ ($CD3^+CD25^+$) находилось в пределах референтных интервалов. При этом наиболее высокие значения $CD3^+CD25^+$ были характерны для спортсменов-мужчин, занятых в сноуборде. Так, показатели сноубордистов на 37,7%, 125,5% и 69,7% превысили значения стрелков, биатлонистов и бобслеистов ($p < 0,05$) (табл. 2). Также у спортсменов (мужчин и женщин), специализирующихся в пулевой стрельбе относительное содержание $CD3^+CD25^+$ превысило показатели биатлонистов на 63,7% и 95,5% соответственно ($p < 0,05$) (табл. 2).

Заключение. Таким образом, в результате исследования установлено, что у большинства спортсменов уровни основных субпопуляций лимфоцитов находились в пределах нормальных величин. Вместе с тем, отмечались индивидуальные нарушения в показателях клеточного иммунитета у незначительного числа спортсменов, которые у большинства не требуют дополнительной коррекции. Отсутствие существенных различий в содержании лимфоцитов между сравниваемыми группами спортсменов и от референсных величин, свидетельствует о высокой степени адаптационного потенциала спортсменов к выполняемым физическим нагрузкам.

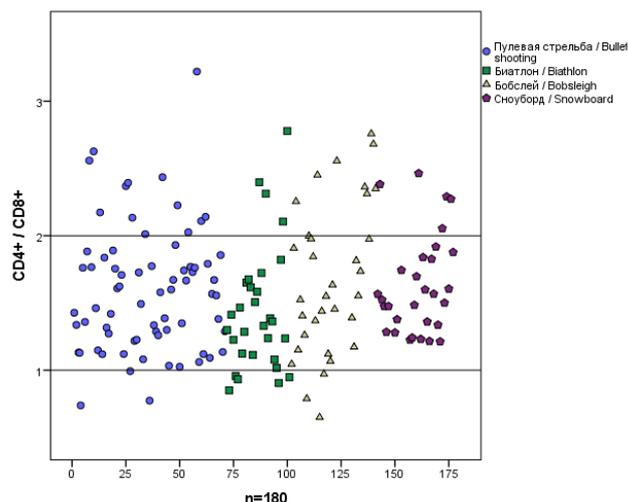


Рис. Иммунорегуляторный индекс спортсменов

Примечание: Сплошными линиями отмечены нижняя и верхняя границы референтных интервалов

Перспективная область исследований. Изучение иммунологических параметров у спортсменов в динамике и на разных этапах спортивной подготовки позволит расширить представления об участии иммунной системы в процессе срочной и долговременной адаптации организма спортсменов к тренировочным нагрузкам различной направленности и разработать оптимальные программы иммунопрофилактики с использованием фармакологической и нутритивной поддержки.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи

Финансирование: Поисково-аналитическая работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы фундаментальных научных исследований (тема № FGMF-2022-0004).

Литература

1. Иванчикова Н.Н., Шераш Н.В. Особенности иммунного воздействия спортсменов (обзор литературы) // Прикладная спортивная наука. 2021. № 2 (14). С. 91-96
2. Мокеева Е. Г. Механизмы формирования иммунных дисфункций и пути их профилактики у высококвалифицированных спортсменов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2011. № 8(78). С. 132-135.
3. Петрушкина Н. А., Симонова Н. А., Быков Е. В., Коломиец О. И. Иммунология спорта (обзор литературы) // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. 2019. № 3 (23). С. 21-37.
4. Субпопуляционная структура лимфоцитов периферической крови доноров / Борунова А.А., Заботина Т.Н., Шоуа Э.К. [и др.] // Российский биотерапевтический журнал. 2020. №4. С.54-64 DOI: 10.17650 / 1726-9784-2020-19-4-54-64.
5. Таймазов В.А., Афанасьева И.А. Заболеваемость спортсменов на разных этапах тренировочного цикла и ее связь с биохимическими и гормональными маркерами перетренированности // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2011. №11 (81). С. 12-18.
6. Acute exercise preferentially redeploys NK-cells with a highly-differentiated phenotype and augments cytotoxicity against lymphoma and multiple myeloma target cells / Bigley A.B.[et al] // Brain Behav Immun. 2014. Vol. 39. P. 160-171. DOI: 10.1016/j.bbi.2013.10.030
7. Afzal R., Dowling J. K., McCoy C. E. Impact of Exercise on Immunometabolism in Multiple Sclerosis // Journal of Clinical Medicine. 2020. Vol. 9(9). P. 3038. doi:10.3390/jcm9093038.
8. Kostrzewa-Nowak D., Buryta R., Nowak R. T Cell Subsets' Distribution in Elite Karate Athletes as a Response to Physical Effort // Journal of Medical Biochemistry. 2018. №1. P. 101–102. doi:10.2478/jomb-2018-0033
9. Kostrzewa-Nowak D., Nowak R.. T helper cell-related changes in peripheral blood induced by progressive effort among soccer players // PLOS ONE. 2020. Vol. 15(1). P. e0227993. doi:10.1371/journal.pone.0227993
10. Kostrzewa- Nowak D., Nowak R. Analysis of selected T cell subsets in peripheral blood after exhaustive effort among elite soccer players // Biochem Med (Zagreb). 2018. Vol.15. P. 030707. doi: 10.11613/BM.2018.030707
11. Krüger K., Mooren F. C., Pilat C. The Immunomodulatory Effects of Physical Activity // Curr Pharm Des. 2016. Vol. 22(24). P. 3730-3748. doi: 10.2174/1381612822666160322145107.

12. Nieman D. C., Wentz L. M. The compelling link between physical activity and the body's defense system // *Journal of Sport and Health Science*. 2018. doi:10.1016/j.jshs.2018.09.009.
13. Turner J.E., Wadley A.J., Aldred S., Fisher J.P., Bosch J.A., Campbell J.P. Intensive Exercise Does Not Preferentially Mobilize Skin-Homing T Cells and NK Cells // *Med Sci Sports Exerc*. 2016. Vol. 48(7). P. 1285-1293. doi: 10.1249/MSS.0000000000000914
14. Walsh N.P. Nutrition and Athlete Immune Health: New Perspectives on an Old Paradigm // *Sports Medicine*. 2019. doi:10.1007/s40279-019-01160-3

References

1. Ivanchikova NN, SHERASH NV. Osobennosti immunnogo vozdeystviya sportsmenov (obzor literatury) [Features of the immune effects of athletes (literature review)]. *Prikladnaya sportivnaya nauka*. 2021; 2:14. 91-96. Russian
2. Mokeeva EG. Mehanizmy formirovaniya immunnyh disfunkcij i puti ih profilaktiki u vysokokvalificirovannyh sportsmenov [Mechanisms of formation of immune dysfunctions and ways of their prevention in highly qualified athletes]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*. 2011; 8(78): 132-5. Russian.
3. Petrushkina NA, Simonova NA, Bykov EV, Kolomic OI. Immunologiya sporta (obzor literatury) [Immunology of sports (literature review)]. *Nauchno-sportivnyj vestnik Urala i Sibiri*. 2019;3(23): 21-37. Russian.
4. Borunova AA, Zobotina TN, Shoua EK, et al. Subpopulyacionnaya struktura limfocitov perifericheskoj krovi donorov [Subpopulation structure of donor peripheral blood lymphocytes] *Rossijskij bioterapevticheskij zhurnal*. 2020. №4. S.54-64 DOI: 10.17650 / 1726-9784-2020-19-4-54-64. Russian.
5. Tajmazov VA, Afanas'eva IA. Zabolevaemost' sportsmenov na raznyh jetapah trenirovochnogo cikla i ee svjaz' s biohimicheskimi i gormonal'nymi markerami peretrenirovannosti [Morbidity in athletes at different stages of the training cycle and its relationship with biochemical and hormonal markers of overtraining]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* 2011; 11 (81): 12-8. Russian.
6. Bigley AB, et al. Acute exercise preferentially redeploys NK-cells with a highly-differentiated phenotype and augments cytotoxicity against lymphoma and multiple myeloma target cells. *Brain Behav Immun*. 2014; 39:160-71. DOI: 10.1016/j.bbi.2013.10.030
7. Afzal R, Dowling JK, McCoy CE. Impact of Exercise on Immunometabolism in Multiple Sclerosis. *Journal of Clinical Medicine*. 2020; 9(9): 3038. doi:10.3390/jcm9093038.
8. Kostrzewa-Nowak D, Buryta R, Nowak R. T Cell Subsets' Distribution in Elite Karate Athletes as a Response to Physical Effort. *Journal of Medical Biochemistry*. 2018. doi:10.2478/jomb-2018-0033
9. Kostrzewa-Nowak D, Nowak R. T helper cell-related changes in peripheral blood induced by progressive effort among soccer players. *PLOS ONE*. 2020. 15(1). e0227993. doi:10.1371/journal.pone.0227993
10. Kostrzewa- Nowak D, Nowak R. Analysis of selected T cell subsets in peripheral blood after exhaustive effort among elite soccer players. *Biochem Med (Zagreb)*. 2018. 15;28(3):030707. doi: 10.11613/BM.2018.030707
11. Krüger K, Mooren FC, Pilat C. The Immunomodulatory Effects of Physical Activity. *Curr Pharm Des*. 2016. 22(24). 3730-48. doi: 10.2174/1381612822666160322145107.
12. Nieman DC, Wentz LM. The compelling link between physical activity and the body's defense system. *Journal of Sport and Health Science*. 2018. doi:10.1016/j.jshs.2018.09.009
13. Turner JE, Wadley AJ, Aldred S, Fisher JP, Bosch JA, Campbell JP. Intensive Exercise Does Not Preferentially Mobilize Skin-Homing T Cells and NK Cells. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(7):1285-93. doi: 10.1249/MSS.0000000000000914
14. Walsh NP. Nutrition and Athlete Immune Health: New Perspectives on an Old Paradigm. *Sports Medicine*. 2019. doi:10.1007/s40279-019-01160-3

Библиографическая ссылка:

Раджабканиев Р.М., Трушина Э.Н., Мустафина О.К., Никитюк Д.Б. Сравнительная оценка клеточного иммунитета спортсменов различной специализации // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2023. №6. Публикация 3-9. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2023-6/3-9.pdf> (дата обращения: 13.12.2023). DOI: 10.24412/2075-4094-2023-6-3-9. EDN QFPISV*

Bibliographic reference:

Radjabkadiyev RM, Trushina EN, Mustafina OK, Nikityuk DB. Sravnitel'naja ocenka kletocznego immuniteta sportsmenov razlichnoj specializacii [Comparative evaluation of cell-mediated immunity in athletes of various specialization]. *Journal of New Medical Technologies, e-edition*. 2023 [cited 2023 Dec 13];6 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2023-6/3-9.pdf>. DOI: 10.24412/2075-4094-2023-6-3-9. EDN QFPISV

* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2023-6/e2023-6.pdf>

**идентификатор для научных публикаций EDN (eLIBRARY Document Number) будет активен после загрузки полной версии журнала в eLIBRARY