

ДИНАМИКА ИММУНОГРАММЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ЮНОШЕЙ И ДЕВУШЕК ПРИ РАЗВИТИИ ЛИМФОЦИТАРНОЙ ФАЗЫ МИОГЕННОГО ЛЕЙКОЦИТОЗА

Н.В. Котова¹, nadedacot@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0689-3490>

В.А. Зурочка², v_zurochka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8930-3742>

С.Л. Сашенков¹, sashensl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6007-1041>

В.А. Колупаев¹, chel.med.fizkult@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1546-7730>

С.В. Клочкова³, s.v.k.68@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4266-8426>

¹ Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия

² Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

³ Филиал Военного учебно-научного центра ВВС «Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: сравнить состояние показателей иммунограммы при развитии лимфоцитарной фазы миогенного лейкоцитоза у юношей и девушек с разным уровнем двигательной активности. **Материалы и методы.** У обучающихся 1–4-х курсов 18–22 лет с разным уровнем повседневной двигательной активности проведено исследование динамики показателей иммунограммы в процессе мышечной работы малой и средней мощности. Дизайн исследования: показатели кровообращения и физической работоспособности; оценка показателей иммунного статуса; статистическая обработка результатов. **Результаты.** В состоянии оперативного покоя, а также после физической нагрузки у юношей и девушек 18–22 лет с разным уровнем повседневной двигательной активности определяли показатели иммунограммы методом проточной цитометрии и иммуноферментного анализа. В качестве мышечной работы, инициирующей развитие миогенного лейкоцитоза, использовали передвижение по беговой дорожке с прогнозируемой ЧСС 120–140 уд./мин при заданной скорости на 1-й ступени, исходя из уровня ЧСС покоя. Уровень скорости передвижения при повторной работе определяли по величине ЧСС при выполнении начальной нагрузки. В покое у юношей подготовительного отделения отмечалось более высокое, чем у спортсменов, содержание дубль-позитивных Т-лимфоцитов, что, вероятно, отражает наличие у них вторичного иммунодефицита, ограничивающего уровень их повседневной двигательной активности. Содержание дубль-негативных Т-клеток у юношей и девушек с разным уровнем повседневной двигательной активности не имело существенных различий. При развитии миогенного лейкоцитоза у юношей спортивного отделения отмечалось увеличение индекса НСТ-активности нейтрофилов после 2-й ступени нагрузки, а у девушек уровень этого индекса значимо не изменялся. Индекс отношения содержания НСТ-негативных Нф к уровню НСТ-позитивных клеток в спонтанном тесте у девушек основного и подготовительного отделений значимо снижался после мышечной работы. **Заключение.** У юношей снижение уровня Т-хелперов под влиянием физической нагрузки сопровождалось уменьшением содержания Т-супрессоров без значимых изменений хелперно-супрессорного индекса. У девушек стабильный уровень Т-супрессоров при физической нагрузке обуславливал снижение хелперно-супрессорного индекса в основной группе уже после низкоинтенсивной начальной нагрузки, а у девушек-спортсменок – только после повторной нагрузки средней интенсивности.

Ключевые слова: миогенный лейкоцитоз, показатели иммунограммы, физическая нагрузка

Для цитирования: Динамика иммунограммы обучающихся юношей и девушек при развитии лимфоцитарной фазы миогенного лейкоцитоза / Н.В. Котова, В.А. Зурочка, С.Л. Сашенков и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2026. Т. 26, № S1. С. 40–48. DOI: 10.14529/hsm26s105

DYNAMICS OF IMMUNE PROFILES IN MALE AND FEMALE STUDENTS DURING THE LYMPHOCYTIC PHASE OF MYOGENIC LEUKOCYTOSIS

N.V. Kotova¹, nadedacot@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0689-3490>

V.A. Zurochka², v_zurochka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8930-3742>

S.L. Sashenkov¹, sashensl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6007-1041>

V.A. Kolupaev¹, chel.med.fizkult@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1546-7730>

S.V. Klochkova³, s.v.k.68@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4266-8426>

¹ South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

² Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

³ Branch of the Military Educational and Scientific Centre of the Air Force

“N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy”, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. This study aims to compare immune profiles during the lymphocytic phase of myogenic leukocytosis in young males and females with different levels of physical activity. **Materials and methods.** This study involved university students in years 1–4, aged 18–22 years, with different levels of routine physical activity. Changes in their immune profiles were investigated during low- and moderate-intensity muscle work. The study design included assessments of hemodynamic parameters and physical performance, while immune status was evaluated using appropriate methods, followed by statistical analysis of the data. **Results.** Immune profiling was performed using flow cytometry and enzyme-linked immunosorbent assay on samples obtained at rest and after exercise in males and females aged 18–22 years with different levels of routine physical activity. Treadmill running at a target HR of 120–140 bpm, with speed set at the first stage based on resting HR, was used as the muscle work to induce myogenic leukocytosis. The speed during repeated exercise was determined based on the HR measured during the initial load. At rest, males from the preparatory department had higher levels of double-positive T lymphocytes than athletes, which likely reflects secondary immunodeficiency that limits their routine physical activity. Males and females with different levels of routine physical activity demonstrated no significant differences in the levels of double-negative T cells. During the development of myogenic leukocytosis, male athletes demonstrated increased NBT activity of neutrophils after the second stage of exercise, while in females this parameter did not change significantly. The NBT-negative to NBT-positive neutrophil ratio in the spontaneous NBT test decreased significantly after exercise in females from preparatory and main departments. **Conclusion.** In male students, decreases in T helper cell levels after exercise were accompanied by decreases in T suppressor cell levels, with no significant change in the helper-suppressor cell ratio. In female students, stable T suppressor cell levels during exercise led to a reduced helper-suppressor cell ratio – after low-intensity initial exercise in the main group and only after repeated moderate-intensity exercise in female athletes.

Keywords: myogenic leukocytosis, immune profile, physical activity

For citation: Kotova N.V., Zurochka V.A., Sashenkov S.L., Kolupaev V.A., Klochkova S.V. Dynamics of immune profiles in male and female students during the lymphocytic phase of myogenic leukocytosis. *Human. Sport. Medicine.* 2026;26(S1):40–48. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm26s105

Введение. Различный уровень физической подготовленности и функциональных возможностей организма при проведении групповых занятий по физической подготовке обуславливает разный уровень физиологической нагрузки. Принято считать, что уровень физических нагрузок во время занятия объективно является адекватным состоянию функциональных возможностей занимающихся при проявлении лимфоцитарной фазы мио-

генного лейкоцитоза [3]. Вместе с тем количественные и временные характеристики миогенного лейкоцитоза у обучающихся с разным состоянием функциональных возможностей организма остаются дискуссионными [4].

Цель работы: сравнить состояние показателей иммунограммы при развитии лимфоцитарной фазы миогенного лейкоцитоза у юношей и девушек с разным уровнем двигательной активности.

Материалы и методы. У обучающихся 1–4-х курсов 18–22 лет с разным уровнем повседневной двигательной активности проведено исследование динамики показателей иммунограммы в процессе мышечной работы малой и средней мощности. Дизайн исследования показателей кровообращения и физической работоспособности, а также методы

оценки показателей иммунного статуса обучающихся и статистической обработки результатов представлены ранее в работе [5].

Результаты. У юношей с разным уровнем повседневной двигательной активности средние значения показателей иммунограммы в состоянии оперативного покоя представлены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Уровень показателей иммунограммы в покое у юношей (Me; Q₂₅–Q₇₅)
Immune parameters at rest in young males (Me; Q₂₅–Q₇₅)

№ п/п	Исследуемые характеристики Parameter	Уровень двигательной активности Physical activity level		
		низкий / low n = 3	базовый / moderate n = 11	высокий / high n = 6
1	Активность фагоцитоза нейтрофилов Neutrophil phagocytosis activity, % × 10 ⁹ /л (× 10 ⁹ /L)	79; 65–87	55; 46–64*	54; 50–60*
		1,79; 1,63–2,50	1,20; 0,82–1,90	1,50; 1,20–1,80
2	Спонтанный НСТ-тест нейтрофилов Spontaneous NBT-test (neutrophils), % × 10 ⁹ /л (× 10 ⁹ /L)	17; 12–60	22; 16–30	28; 18–36
		0,35; 0,33–1,70	0,56; 0,38–0,80	0,90; 0,40–1,20
3	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₉ ⁺ лимфоцитов CD ₃ ⁺ CD ₁₉ ⁺ lymphocytes, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	84,1; 58,2–88,7	79,5; 71,8–81,4	75,8; 74,2–76,1
		1591; 1150–1598	1632; 1274–1935	1495; 1316–1636
4	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	46; 39–57	46; 40–51	42; 40–44
		832; 767–1069	1019; 702–1273	860; 687–929
5	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	24; 16–27	25; 21–30	26; 25–28
		460; 308–494	548; 437–636	534; 466–580
6	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	3,4; 2,5–12,8	4,5; 2,3–7,0	6,7; 6,4–6,8
		67; 47–231	101; 49–120	131; 118–142
7	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	0,8; 0,4–2,3	0,4; 0,0–0,6	0,3; 0,2–0,3*
		15,1; 7,9–41,4	6,9; 0,0–14,0	4,6; 4,0–5,2*
8	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₉ ⁺ лимфоцитов CD ₃ ⁺ CD ₁₉ ⁺ lymphocytes, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	9,2; 4,8–22,2	8,3; 6,1–11,7	10,9; 9,1–12,2
		174; 87–439	170; 139–250	228; 158–254
9	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ клеток CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ cell, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	4,4; 3,1–14,1	11,7; 7,9–13,7	11,9; 9,2–15,7
		79; 59–279	245; 158–317	217; 190–272
10	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ клеток CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ cell, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	2,3; 1,2–2,7	1,6; 0,9–2,6	2,5; 1,6–3,6
		41; 23–53	30; 17–64	52; 26–93
11	Содержание IgA SARS-CoV-2, усл. ед. IgA SARS-CoV-2, arb. units.	3,1; 1,7–12,3	8,2; 5,6–15,7	3,6; 2,5–5,9
12	Содержание IgM SARS-CoV-2, усл. ед. IgM SARS-CoV-2, arb. units.	0,25; 0,09–0,50	0,38; 0,20–0,40	0,30; 0,20–0,40

Примечания: * – значимость различий P < 0,05 по критерию Манна – Уитни с обучающимися с низким уровнем двигательной активности; + – значимость различий P < 0,05 по критерию Манна – Уитни с обучающимися базового двигательного уровня.

Note: * – significant differences at P < 0.05 (Mann – Whitney U test) compared to students with low physical activity levels; + – significant differences at P < 0.05 (Mann – Whitney U test) compared to students with moderate physical activity levels.

Как видно из представленных данных, в покое уровень исследуемых показателей иммунограммы у юношей основного и спортивного отделений не имел значимых различий. У юношей подготовительного отделения относительное содержание фагоцитирующих Нф было существенно выше, а количество лейкоцитов, не проявлявших поглотительной способности, значимо ниже ($P < 0,05$), чем у спортсменов и юношей основного отделения. Очевидно, более высокий уровень активности фагоцитоза Нф у юношей с низким уровнем повседневной двигательной активности обусловлен более низким уровнем содержания кортизола в состоянии покоя, что достаточно обстоятельно отражено в ранее проведенных исследованиях [2, 4].

Помимо того, у юношей подготовительного отделения в покое отмечалось более высокое содержание дубль-позитивных Т-лимфоцитов, в сравнении с таковым у спортсменов. Как было показано А.А. Актановой и соавт. (2025), в группе мужчин увеличение содержания дубль-позитивных $CD_4^+CD_8^+$ -лимфоцитов отмечалось у лиц с вторичным иммунодефицитом, провоцируемым некоторыми вирусными инфекциями, а также у половины обследованного контингента – при наличии в анамнезе у них атопических заболеваний [1]. Вероятно, высокое содержание дубль-позитивных клеток у юношей ПО отражает наличие у них вторичного иммунодефицита, ограничивающего у них уровень повседневной двигательной активности.

Результаты сравнения показателей иммунограммы девушек с разным уровнем повседневной двигательной активности представлены в табл. 2.

Из данных табл. 2 видно, что в состоянии покоя у девушек СО отмечался значительно более низкий уровень количества циркулирующих Т-хелперов и достоверно более высокое содержание В-лимфоцитов, чем у студенток ОО. Показатели иммунограммы у девушек ПО характеризовались более низким содержанием IgM SARS-CoV-2, а также количества циркулирующих Нф, не способных к поглощению, в сравнении с таковыми у девушек основного и спортивного отделений.

Изменения показателей лейкограммы под влиянием дозированной физической нагрузки во всех исследуемых группах характеризовались умеренно выраженным лейкоцитозом за

счет повышения относительного и абсолютного содержания лимфоцитов и абсолютного содержания Нф. В отличие от единообразной динамики содержания лейкоцитов под влиянием дозированной мышечной деятельности изменения показателя лимфоцитарно-гранулоцитарного индекса у испытуемых исследуемых групп имели определенные различия. Так, у юношей и девушек ОО наблюдалось статистически значимое повышение лимфоцитарно-гранулоцитарного индекса после каждой ступени нагрузки. Аналогичная динамика этого индекса отмечалась у девушек СО. У юношей СО значимых изменений баланса содержания лимфоцитов и сегментоядерных Нф не наблюдалось. Кроме того, у юношей и девушек ПО, несмотря на достоверное повышение количества лимфоцитов в крови при мышечной работе, статистически значимых изменений лимфоцитарно-гранулоцитарного индекса не отмечено. Уровень относительного и абсолютного содержания эозинофилов и палочкоядерных Нф у испытуемых исследуемых групп также не имел значимых колебаний. Можно полагать, что отмеченные изменения показателей лейкограммы у обучающихся под влиянием физической нагрузки характеризуют развитие лимфоцитарной фазы миогенного лейкоцитоза.

Хорошо известно, что под влиянием умеренных аэробных физических нагрузок наряду с увеличением количества лимфоцитов в крови, мобилизация которых связана с воздействием адреналина, отмечаются изменения соотношений Т- и В-лимфоцитов, Т-хелперов и Т-супрессоров, а также Th1- и Th2-лимфоцитов ввиду разной экспрессии и плотности β_2 -адренорецепторов на мембране этих клеток [2].

Результаты сравнения динамики содержания Т-лимфоцитов под влиянием дозированных физических нагрузок у обучающихся основного, подготовительного и спортивного отделений представлены на рис. 1.

Под влиянием дозированных нагрузок относительное содержание Т-лимфоцитов и Т-хелперов (рис. 2) у юношей и девушек основного и спортивного отделений существенно снижалось, а у обучающихся ПО – достоверно не изменялось. Вместе с тем лимфоцитоз, инициированный физической нагрузкой, приводил к существенному повышению в крови абсолютного содержания Т-лимфоцитов и

Таблица 2
Table 2

Уровень показателей иммунограммы в покое у девушек (Me; Q₂₅–Q₇₅)
Immune parameters at rest in young females (Me; Q₂₅–Q₇₅)

№ п/п	Исследуемые характеристики Parameter	Уровень двигательной активности Physical activity level		
		низкий / low n = 8	базовый / moderate n = 6	высокий / high n = 8
1	Активность фагоцитоза нейтрофилов Neutrophil phagocytosis activity, % × 10 ⁹ /л (× 10 ⁹ /L)	73; 62–82	60; 46–64	63; 55–68
		2,49; 1,77–3,58	1,87; 1,23–2,06	2,14; 1,84–2,65
2	Спонтанный НСТ-тест нейтрофилов Spontaneous NBT-test (neutrophils), % × 10 ⁹ /л (× 10 ⁹ /L)	23; 18–41	21; 16–23	25; 7–30
		0,83; 0,49–1,30	0,59; 0,37–0,94	0,85; 0,33–1,06
3	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₉ ⁺ лимфоцитов CD ₃ ⁺ CD ₁₉ ⁺ lymphocytes, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	82,0; 74,4–87,1	80,1; 72,4–84,6	73,9; 73,3–77,1
		1668; 1338–1887	1802; 1500–2132	1230; 1072–1577
4	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	51; 46–53	47; 44–50	39; 36–48*
		1093; 784–1184	1067; 912–1403	712; 562–860* ⁺
5	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	25; 23–26	25; 24–26	25; 22–29
		486; 392–548	550; 503–665	38; 364–560
6	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	4,3; 2,9–5,8	3,7; 1,7–6,3	8,8; 4,7–10,6
		83; 51–128	93; 43–131	153; 66–229
7	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	1,6; 1,0–3,2	1,2; 0,6–1,2	0,7; 0,5–1,6
		28,7; 15,9–76,3	24,9; 8,4–29,2	17,0; 7,0–25,5
8	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₉ ⁺ лимфоцитов CD ₃ ⁺ CD ₁₉ ⁺ lymphocytes, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	8,1; 6,6–12,6	6,7; 6,2–7,7	11,4; 8,9–15,9 ⁺
		171; 148–193	154; 135–168	196; 140–318
9	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ клеток CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ cell, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	6,5; 3,8–11,6	10,7; 10,3–16,7	11,3; 8,2–15,1
		134; 89–214	284; 251–346	187; 165–249
10	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ клеток CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ cell, % × 10 ⁶ /л (× 10 ⁶ /L)	3,4; 1,3–5,1	1,6; 1,5–5,8	2,5; 1,1–3,3
		71; 27–108	42; 31–82	49; 14–68
11	Содержание IgA SARS-CoV-2, усл. ед. IgA SARS-CoV-2, arb. units.	1,5; 0,9–4,4	3,4; 0,7–8,9	5,9; 3,2–12,4
12	Содержание IgM SARS-CoV-2, усл. ед. IgM SARS-CoV-2, arb. units.	0,15; 0,11–0,30	0,44; 0,39–0,74*	0,40; 0,40–0,60*

Примечания: см. табл. 1.

Note: see Table 1.

Т-хелперов у обучающихся ОО и ПО, а также у девушек-спортсменок. При этом у юношей-спортсменов количество этих клеток в циркуляции значительно не изменялось.

Результаты сравнения динамики содержания CD₃⁺CD₁₉⁺-лимфоцитов у обучающихся основного, подготовительного и спортивного отделений под влиянием дозированных физических нагрузок представлены на рис. 3.

У юношей исследуемых групп, как видно из рис. 3, в процессе мышечной деятельности не отмечалось существенных изменений относительного содержания В-лимфоцитов, тогда как у девушек СО и ПО после 2-й ступени нагрузки наблюдалось значимое снижение процентного содержания этих клеток. Лимфоцитоз, наблюдавшийся при физической нагрузке, у девушек ОО и СО обуславливал

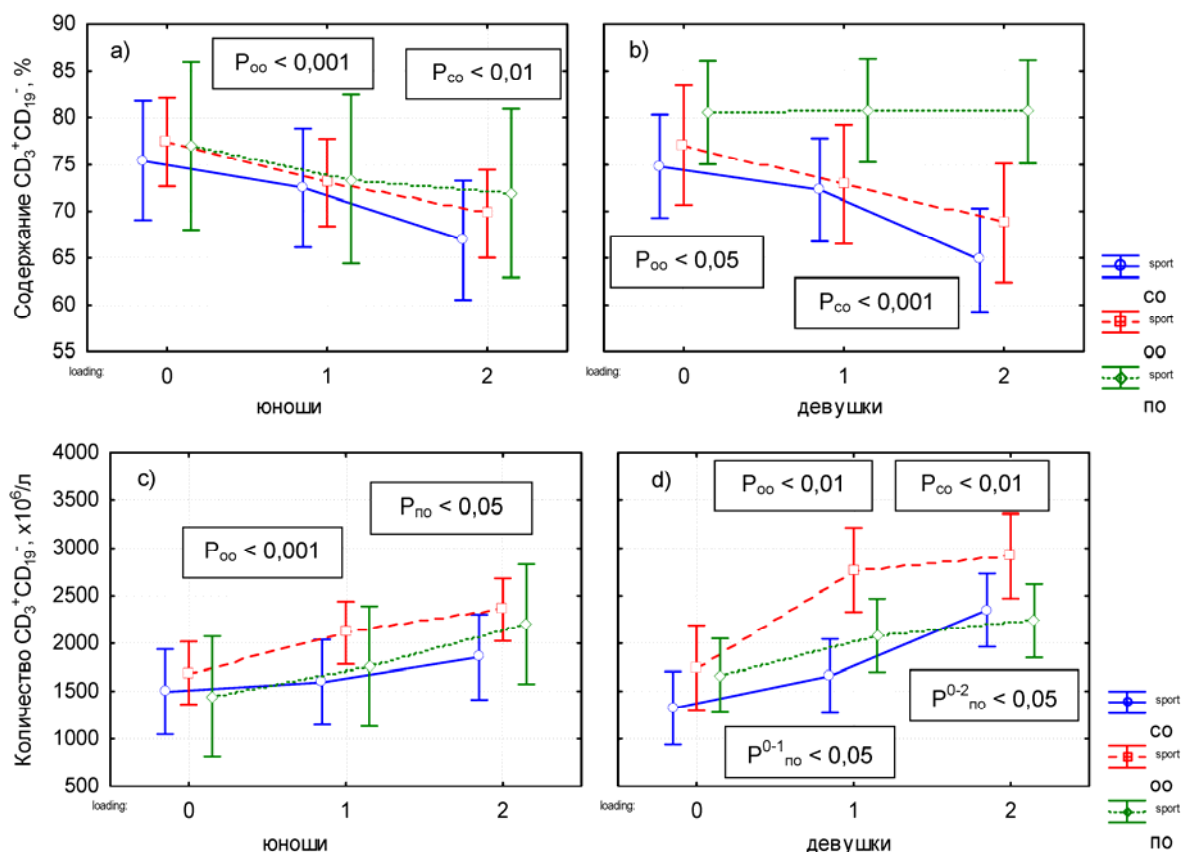


Рис. 1. Динамика содержания Т-лимфоцитов у юношей (а; с) и девушек (б; д) основного, подготовительного и спортивного отделения в процессе выполнения дозированных физических нагрузок
Fig. 1. Dynamics of T-lymphocyte levels in males (a; c) and females (b; d) from the main, preparatory, and athletic groups during graded physical exercise

увеличение количества этих клеток по сравнению с исходным уровнем в покое, а у девушек ПО – обеспечивал лишь поддержание исходного уровня этих клеток, компенсируя снижение их процентного содержания.

Условные обозначения на рис. 1–3: –□– – результаты обучающихся основного отделения; –◇– – результаты обучающихся подготовительного отделения; –○– – результаты обучающихся спортивного отделения; P_{oo} < 0,0...; P_{no} < 0,0...; P_{co} < 0,0... – уровень значимости различий по критерию Фридмана динамики показателей обучающихся основного, подготовительного и спортивного отделений, соответственно; P⁰⁻¹ < 0,0...; P⁰⁻² < 0,0...; P¹⁻² < 0,0... – уровень значимости различий показателей в состоянии покоя и после 1-й ступени нагрузки (⁰⁻¹), в покое и после 2-й ступени

нагрузки (⁰⁻²), после 1-й и после 2-й ступени нагрузки (¹⁻²) соответственно, по критерию Вилкоксона для обучающихся основного (oo), подготовительного (no) и спортивного (co) отделений.

Note to Fig. 1–3: –□– – results of students from the main group; –◇– – results of students from the preparatory group; –○– – results of students from the athletic group; P_{oo} < 0,0...; P_{no} < 0,0...; P_{co} < 0,0... – significance levels for changes over time for students from the main, preparatory, and athletic groups, respectively (Friedman test); P⁰⁻¹ < 0,0...; P⁰⁻² < 0,0...; P¹⁻² < 0,0... – significance levels for pairwise comparisons between baseline and first exercise stage (⁰⁻¹), baseline and second exercise stage (⁰⁻²), and first and second exercise stages (¹⁻²), shown separately for the main (oo), preparatory (no), and athletic (co) groups (Wilcoxon test).

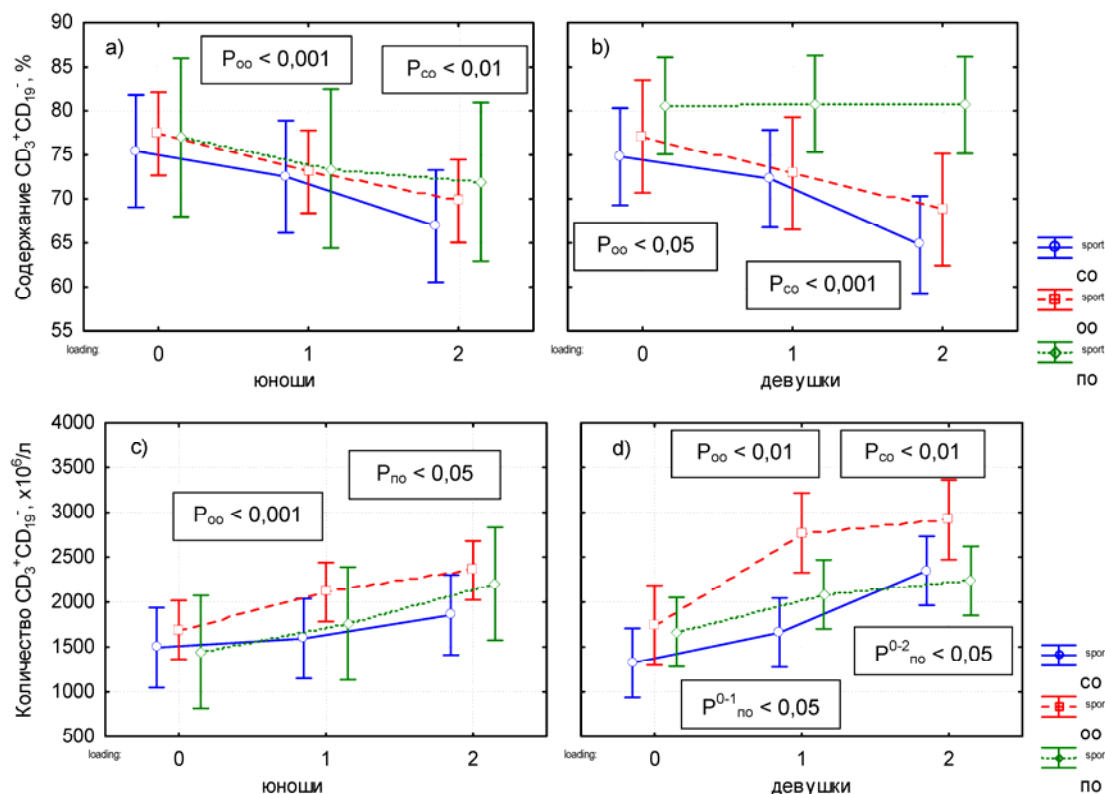


Рис. 2. Динамика содержания $CD_4^+CD_8^-$ -лимфоцитов у юношей (а; с) и девушек (б; д) основного, подготовительного и спортивного отделения в процессе выполнения дозированных физических нагрузок
Fig. 2. Dynamics of $CD_4^+CD_8^-$ -lymphocyte levels in males (а; с) and females (б; д) from the main, preparatory, and athletic groups during graded physical exercise

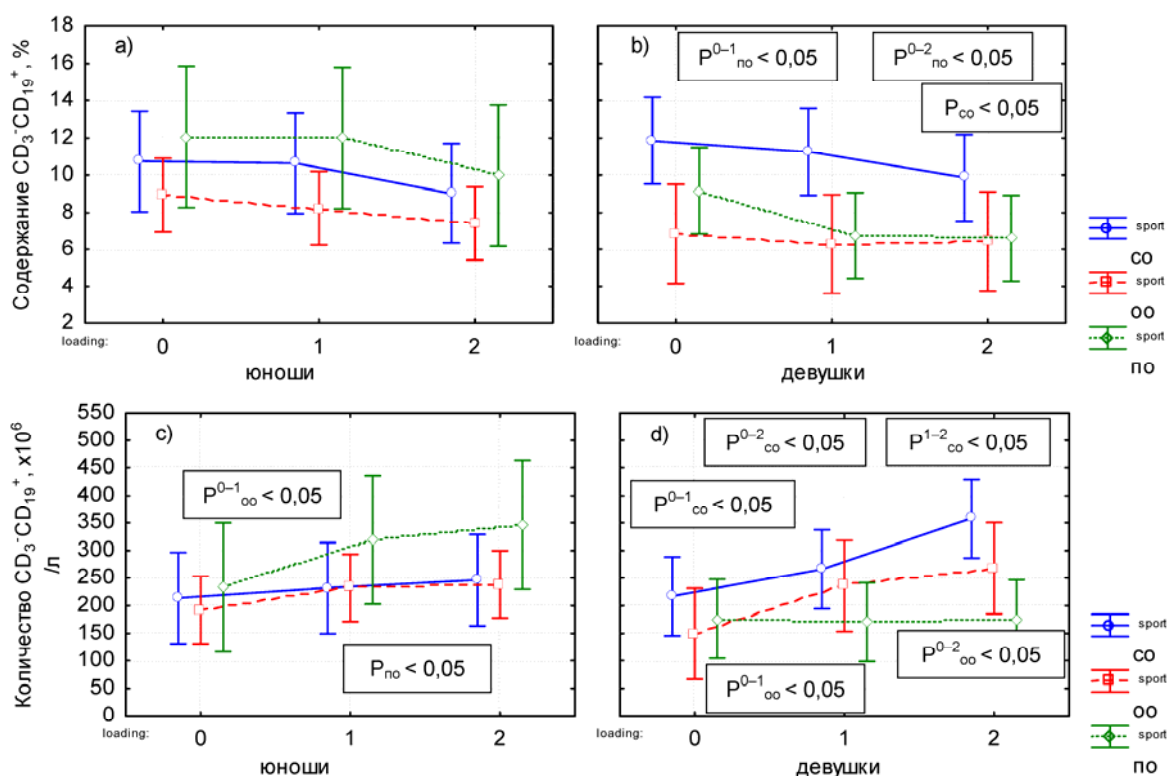


Рис. 3. Динамика содержания В-лимфоцитов в процессе мышечной деятельности у юношей (а; с) и девушек (б; д) с разным уровнем повседневной двигательной активности
Fig. 3. Dynamics of B-lymphocyte levels in males (а; с) and females (б; д) with different levels of routine physical activity during physical exercise

Заключение. В связи с разным уровнем повседневной двигательной активности у юношей и девушек основного, подготовительного и спортивного отделений имеют место значимые отличия состояния механизмов неспецифической резистентности и иммунитета. В частности, у юношей ПО в состоянии покоя это проявляется в определенном снижении количества не проявлявших поглотительной способности Нф и увеличении базального уровня фагоцитарной активности этих клеток. У девушек ПО наряду со снижением количества не способных к фагоцитозу Нф отмечалось существенно более низкое содержание IgM SARS-CoV-2. При этом у девушек СО в состоянии покоя отмечалось значимое снижение относительного и абсолютного содержания Т-хелперов.

Под влиянием двухступенчатой дозированной физической нагрузки лимфоцитоз у обучающихся основного и подготовительного отделений, а также у девушек спортивного отделения сопровождался существенным повы-

шением в крови абсолютного содержания Т-лимфоцитов и Т-хелперов, компенсируя значимое снижение относительного содержания этих клеток. Отмеченные изменения содержания Т-лимфоцитов и Т-хелперов у юношей сопровождались аналогичной динамикой содержания Т-супрессоров, что обуславливало у них отсутствие значимых колебаний среднего уровня хелперно-супрессорного индекса под влиянием дозированной физической нагрузки. Стабильный уровень относительного содержания Т-супрессоров во время физической нагрузки у девушек исследуемых групп в совокупности с развившимся лимфоцитозом индуцировал значимое повышение количества $CD_4^+CD_8^-$ в крови у обучающихся ОО и ПО после начальной нагрузки, а у спортсменов – после повторной нагрузки. В итоге это приводило к снижению уровня хелперно-супрессорного индекса у девушек ОО уже после малой нагрузки, у девушек СО – только после нагрузки средней величины, а у девушек ПО уровень этого индекса существенно не изменялся.

Список литературы

1. Анализ субпопуляций $CD_4^+CD_8^+$ дубль-позитивных Т-лимфоцитов периферической крови пациентов со вторичными иммунодефицитами / А.А. Актанова, О.С. Боева, Е.О. Скрибачева и др. // *Рос. иммунол. журнал.* – 2025. – Т. 28, № 2. – С. 181–189. DOI: 10.46235/1028-7221-17036-AOS
2. Афанасьева, И.А. Уровень кортизола и фагоцитарная активность лейкоцитов у спортсменов при высоких физических нагрузках / И.А. Афанасьева // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта.* – 2009. – № 1 (47). – С. 6–10.
3. Гаркави, Л.Х. Адаптационные реакции и резистентность организма / Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакина, М.А. Уколова. – 3-е изд., доп. – Ростов на/Д: Изд-во Ростов. ун-та, 1990. – 223 с.
4. Состояние системы иммунитета человека и животных при физических нагрузках различного генеза / С.А. Калинин, С.М. Шульгина, Е.Н. Антропова и др. // *Иммунология.* – 2019. – Т. 40, № 3. – С. 72–82. DOI: 10.24411/0206-4952-2019-13008
5. Физическая работоспособность и состояние иммунограммы обучающихся, перенесших COVID-19 / Н.В. Котова, В.А. Зурочка, С.Л. Сашенков и др. // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2024. – Т. 24, № S1. – С. 20–28.

References

1. Aktanova A.A., Boeva O.S., Skribacheva E.O. et al. [Analysis of Subpopulations of $CD_4^+CD_8^+$ Double-positive T-lymphocytes in the Peripheral Blood of Patients with Secondary Immunodeficiencies]. *Rossiyskiy immunologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Immunology], 2025, vol. 28, no. 2, pp. 181–189. (in Russ.) DOI: 10.46235/1028-7221-17036-AOS
2. Afanasyeva I.A. [Cortisol Level and Phagocytic Activity of Leukocytes in Athletes Under High Physical Exertion]. *Ucheny'e zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University], 2009, no. 1 (47), pp. 6–10. (in Russ.)
3. Garkavi L.Kh., Kvakina E.B., Ukolova M.A. *Adaptacionnie reakcii i rezistentnost' organizma* [Adaptation Reactions and Resistance of the Organism], 3rd ed. Rostov na Donu, Rostov University Publ., 1990. 223 p.
4. Kalinin S.A., Shulgina S.M., Antropova E.N. et al. [The State of the Immune System of Humans and Animals During Physical Activity of Various Origins]. *Immunologiya* [Immunology], 2019, vol. 40, no. 3, pp. 72–82. (in Russ.) DOI: 10.24411/0206-4952-2019-13008

5. Kotova N.V., Zurochka V.A., Sashenkov S.L. et al. Physical Performance and the State of the Immunogram of Students who have Had COVID-19. *Human. Sport. Medicine*, 2024, vol. 24, no. S1, pp. 20–28. (in Russ.)

Информация об авторах

Котова Надежда Викторовна, старший преподаватель кафедры физической культуры, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Зурочка Владимир Александрович, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунопатофизиологии, Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Сашенков Сергей Львович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии им. акад. Ю.М. Захарова, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Колупаев Виталий Анатольевич, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой физической культуры, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Клочкова Светлана Викторовна, кандидат медицинских наук, филиал Военного учебно-научного центра ВВС «Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Челябинск, Россия.

Information about the authors

Nadezhda V. Kotova, Senior Lecturer, Department of Physical Education, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Vladimir A. Zurochka, Doctor of Medical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Immunopathophysiology, Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia.

Sergey L. Sashenkov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Yu.M. Zakharov Department of Normal Physiology, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Vitaly A. Kolupaev, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical Education, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Svetlana V. Klochkova, Candidate of Medical Sciences, Branch of the Military Educational and Scientific Centre of the Air Force “N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy”, Chelyabinsk, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 21.12.2025

The article was submitted 21.12.2025