

ДИНАМИКА ИММУНОГРАММЫ И КРОВООБРАЩЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ У ОБУЧАЮЩИХСЯ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Н.В. Котова¹, nadedacot@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0689-3490>
В.А. Зурочка^{2,3}, 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. Клочкова⁴, s.v.k.68@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4266-8426>

¹ Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия

² Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

³ Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

⁴ Филиал Военного учебно-научного центра ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: сравнение динамики показателей иммунограммы при развитии лимфоцитарной фазы миогенного лейкоцитоза у студенток с разным уровнем двигательной активности. **Материалы и методы.** Исследованы показатели физической работоспособности, кровообращения и иммунограммы в покое у студенток 18–22 лет, занимающихся легкой атлетикой 3–4 раза в неделю по 2 ч, у студенток, занимающихся физической культурой во время учебных занятий по 2 ч в неделю, а также у студенток с низким уровнем физической подготовленности и со щадящим режимом двигательной активности. Проведено сравнение динамики показателей иммунограммы у студенток подготовительного и спортивного отделений после каждой из двух 15-минутных физических нагрузок в виде бега в легком в среднем темпе. Оценку содержания CD-клеток, фагоцитарной и НСТ-активности нейтрофилов осуществляли посредством проточной цитометрии, а уровень IgA и IgM – методом иммуноферментного анализа. **Результаты.** В покое у спортсменок отмечался пониженный уровень фагоцитоза и НСТ-активности Нф и пониженное содержание CD₃⁺ и CD₄⁺. Уровень физической работоспособности обследуемых положительно коррелировал с содержанием IgA в крови. У спортсменок во время лимфоцитарной фазы отмечалось увеличение содержания CD₃⁺CD₁₆⁺CD₅₆⁺ и дубль негативных CD₄⁺CD₈⁺ лимфоцитов, а у студенток подготовительного отделения – снижение относительного содержания CD₃⁺CD₁₆⁺CD₅₆⁺ лимфоцитов и повышение содержания CD₄⁺CD₈⁺ клеток. **Заключение.** Таким образом, лимфоцитарная фаза миогенного лейкоцитоза у спортсменок с избытком компенсировала снижение процентного содержания CD₃⁺ и CD₄⁺ лимфоцитов и обеспечивала существенное повышение абсолютного содержания CD₄⁺CD₈⁺ и CD₃⁺CD₁₆⁺CD₅₆⁺ клеток. У слабо подготовленных лимфоцитоз обеспечивал поддержание уровня CD₃⁺CD₁₆⁺CD₅₆⁺ и высокое содержание CD₄⁺CD₈⁺ и CD₄⁺CD₈⁺ лимфоцитов.

Ключевые слова: кровообращение, лимфоцитарная фаза миогенного лейкоцитоза, показатели иммунограммы, физическая нагрузка

Для цитирования: Динамика иммунограммы и кровообращения под влиянием физической нагрузки у обучающихся с разным уровнем двигательной активности / Н.В. Котова, В.А. Зурочка, С.Л. Сашенков и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2025. Т. 25, № 1. С. 50–58. DOI: 10.14529/hsm250107

**DYNAMICS OF IMMUNOLOGICAL AND HEMODYNAMIC PARAMETERS
IN RESPONSE TO EXERCISE IN STUDENTS WITH DIFFERENT LEVELS
OF PHYSICAL ACTIVITY****N.V. Kotova**¹, nadedacot@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0689-3490>**V.A. Zurochka**^{2,3}, v_zurochka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8930-3742>**S.L. Sashenkov**¹, sashensl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6007-1041>**V.A. Kolupaev**¹, chel.med.fizkult@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1546-7730>**S.V. Klochkova**⁴, s.v.k.68@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4266-8426>¹ South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia² South Ural State University, Chelyabinsk, Russia³ Institute of Immunology and Physiology, Ekaterinburg, Russia⁴ Branch of the Military Educational and Scientific Center of the Air Force

"N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin Air Force Academy", Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. The aim of this study was to compare the dynamics of immunogram indicators during the lymphocytic phase of leukocytosis in female students with different levels of physical activity. **Materials and methods.** The study involved female students aged 18–22 years, divided into the following groups based on their physical activity levels: athletes engaged in athletics 3–4 times per week for 2 hours each training session; students engaged in physical education classes for 2 hours per week; and students with low physical fitness and limited motor activity. Parameters of physical performance, blood circulation, and immune profile were assessed at rest. A comparative analysis of immune profiles between groups was performed following two 15-minute trials of moderate-paced running. Flow cytometry was employed to evaluate CD cell populations, phagocytic activity, and NBT activity, while enzyme immunoassay was used to evaluate serum levels of IgA and IgM. **Results.** At rest, athletes exhibited reduced levels of phagocytosis and NBT activity, as well as decreased concentrations of CD₃⁺ and CD₄⁺. A positive correlation was observed between physical performance and serum IgA levels. During the lymphocytic phase, athletes demonstrated an increase in CD₃⁺CD₁₆⁺CD₅₆⁺ and double-negative CD₄[−]CD₈[−] lymphocytes, whereas students from the preparatory department demonstrated a decline in the relative proportion of CD₃⁺CD₁₆⁺CD₅₆⁺ lymphocytes and an increase in CD₄[−]CD₈⁺ lymphocytes. **Conclusion.** Thus, the findings indicate that the lymphocytic phase of leukocytosis in athletes effectively compensated for the reduced percentage of CD₃⁺ and CD₄⁺ lymphocytes, resulting in a significant increase in the absolute counts of CD₄[−]CD₈[−] and CD₃⁺CD₁₆⁺CD₅₆⁺ cells. Among less physically prepared individuals, lymphocytosis maintained CD₃⁺CD₁₆⁺CD₅₆⁺ levels and was associated with elevated proportions of CD₄⁺CD₈[−] and CD₄[−]CD₈⁺ lymphocytes.

Keywords: blood circulation, lymphocytic phase, leukocytosis, immune profile, muscle load

For citation: Kotova N.V., Zurochka V.A., Sashenkov S.L., Kolupaev V.A., Klochkova S.V. Dynamics of immunological and hemodynamic parameters in response to exercise in students with different levels of physical activity. *Human. Sport. Medicine.* 2025;25(1):50–58. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm250107

Введение. Одинаковая дозировка физических упражнений во время групповых занятий по физической подготовке для самих занимающихся обуславливает разный уровень физической нагрузки в зависимости от их физической подготовленности и состояния функциональных возможностей организма. Проявление лимфоцитарной фазы миогенного лейкоцитоза с его выраженным позитивным эффектом является одним из признанных объективных критериев адекватности физических нагрузок вне зависимости от возможностей организма [1]. Вместе с тем особенности про-

явления лимфоцитарной фазы миогенного лейкоцитоза у занимающихся разной физической подготовленности и с разным уровнем двигательной активности остаются дискуссионными.

Цель работы: сравнение динамики показателей иммунограммы при развитии лимфоцитарной фазы миогенного лейкоцитоза у студентов с разным уровнем двигательной активности.

Материалы и методы. Проведено исследование иммунограммы и показателей кровообращения у обучающихся медицинского

университета 18–22 лет с разным уровнем двигательной активности: у студенток спортивного отделения, занимающихся легкой атлетикой 3–4 раза в неделю по 1,5–2,0 ч ($n = 10$), у студенток основного отделения, занимающихся физическими упражнениями на учебных занятиях по физической культуре 1 раз в неделю и 1–2 раза в неделю самостоятельно по желанию ($n = 5$), а также у студенток подготовительного отделения с низким уровнем физической подготовленности и со щадящим режимом двигательной активности во время учебных занятий ($n = 15$). Уровень физической работоспособности обучающихся определяли по данным теста PWC_{170} , где в качестве воздействия применяли передвижение с заданной скоростью по беговой дорожке с электро-механическим приводом с расчетом PWC_{170} по скорости бега [2] и переводом в сопоставимые единицы теста на велоэргометре для мужчин и женщин [4]. Определение скорости передвижения на 1-й ступени нагрузки при задаваемой частоте сердечных сокращений (ЧСС) 120–140 уд./мин осуществляли на основании ранее рассчитанного уравнения прогнозируемой скорости, исходя из значений ЧСС в состоянии оперативного покоя и длины стопы в обуви. Для испытуемых спортивного отделения при значениях ЧСС ниже требуемого диапазона корректировку ее уровня в начале 1-й ступени нагрузки осуществляли за счет повышения скорости передвижения. Определение скорости передвижения на 2-й ступени нагрузки осуществляли исходя из реакции ЧСС во время предыдущей ступени. Определение ЧСС осуществляли посредством датчика сердечного ритма Polar H10 Heart Rate Sensor (Малайзия), а систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД) – по стандартной методике автоматическим тонометром OMRON M2 Classic (HEM-7117-RU, Япония – Китай). Методика расчета исследуемых показателей кровообращения и физической работоспособности подробно была описана нами ранее [5].

На втором этапе исследования осуществляли сравнение динамики показателей иммунограммы у студенток подготовительного ($n = 8$) и спортивного ($n = 4$) отделений на первой–второй минуте сразу после 15-минутного передвижения по беговой дорожке в разминочном темпе, а затем после 15-минутного передвижения в среднем темпе. Определение показателей иммунограммы осуществляли на

базе клинико-диагностической лаборатории ООО «ДокторЛаб» (лицензия № Л041-01024-74/00316445 от 27.09.2017). Оценку фагоцитоза и НСТ-теста нейтрофилов и содержания CD-лимфоцитов в крови методом иммунофенотипирования осуществляли с применением проточной цитометрии [3], а содержания иммуноглобулинов класса А и М (IgA и IgM) в крови – методом иммуноферментного анализа (тест-системы ЗАО «Вектор-Бест») [6].

Для статистической обработки результатов использовали пакеты прикладных программ Excel и Statistica.

Результаты. Результаты сравнения показателей кровообращения в состоянии оперативного покоя у студенток обследованных групп не выявили статистически значимых различий за исключением существенно более высоких ($P < 0,05$) значений ЧСС у обучающихся подготовительного отделения как по сравнению с обучающимися основной группы, так и по сравнению с сокурсницами, занимающимися легкой атлетикой, и значимо более низких значений систолического индекса у них в сравнении со спортсменками. Вероятно, повышенный уровень ЧСС у представителей этой группы есть следствие циклической негативной тенденции: сниженный уровень физической подготовленности и общей выносливости инициирует предпочтение чрезмерно щадящего двигательного режима, который, в свою очередь, не обеспечивает должного развития двигательных способностей и обеспечивающих их вегетативных систем в соответствии с возрастной динамикой телосложения и ведет к усилению роли менее экономного хронотропного механизма в деятельности системы кровообращения. Результаты сравнения показателей кровообращения под влиянием повторной дозированной нагрузки у студенток с разным уровнем двигательной активности представлены в табл. 1.

При выполнении второй ступени нагрузки приращение скорости передвижения и соответственно мощности работы в группах девушек основного и подготовительного отделений существенно не отличалось, а в группе спортивного отделения было значительно выше и в среднем составляло 50 % от скорости первой ступени нагрузки. При этом средний уровень ЧСС и артериального давления у обучающихся сравниваемых групп под влиянием разной по величине и мощности выполненной механической работы существенно

Таблица 1
Table 1

Показатели кровообращения после дозированной нагрузки у студенток с разным уровнем двигательной активности (Me; Q₂₅-Q₇₅)
Hemodynamic parameters following standardized exercise in female students with different levels of physical activity (Me; Q₂₅-Q₇₅)

№	Показатели / Parameter	Уровень двигательной активности / Level of physical activity			P _{K-W}
		шалящий / moderate n = 15	основной / standard n = 5	спортивный / athletic n = 10	
1	Приращение скорости передвижения в тесте PWC ₁₇₀ , % Increase in movement speed in the PWC ₁₇₀ test, % м·с ⁻¹ / м·с ⁻¹	16,7; 16,7-18,5 0,28; 0,25-0,31	23,6; 14,3-24,1 0,36; 0,28-0,36	50,0; 49,2-50,0***++ 1,11; 0,92-1,11***++	< 0,001 < 0,001
2	Частота сердечных сокращений, уд.·мин ⁻¹ / Heart beat, bpm	176; 150-180	175; 170-184	174; 167-192	-
4	Систолический индекс, мл·м ⁻² / Systolic index, ml·m ⁻²	36; 32-37	38; 36-42	58,5; 49-72**+	< 0,005
6	Сердечный индекс, л·мин ⁻¹ ·м ⁻² / Heart index, l·min ⁻¹ ·m ⁻²	5,8; 5,5-6,0	6,7; 6,4-7,3*	10,1; 9,4-11,9**+	< 0,001
7	Общее периферическое сопротивление сосудов, дин·с·см ⁻⁵ Total peripheral vascular resistance, din·s·cm ⁻⁵	655; 632-746	676; 521-704	493; 451-549**	< 0,005
8	Удельное периферическое сопротивление сосудов, усл. ед. Specific peripheral vascular resistance, с. у.	14,4; 12,2-16,0	15,2; 11,5-15,7	9,7; 8,6-12,1**	< 0,01
9	Артериальное давление систолическое, мм рт. ст. Systolic blood pressure, mmHg	158; 145-165	170; 144-173	166,5; 160-177	-
10	Артериальное давление диастолическое, мм рт. ст. Diastolic blood pressure, mmHg	78; 74-81	72; 71-80	72; 65-92	-
11	Пульсовое давление, мм рт. ст. / Pulse pressure, mmHg	79; 68-83	93; 77-96	88; 74-97	-
12	Среднединамическое давление, мм рт. ст. Average dynamic pressure, mmHg	105; 102-110	104; 93-111	108; 95-116	-
13	Индекс Кердо, усл. ед. / Kerdo index at rest, с. у.	54; 50-57	58; 57-62	61; 42-64	-
14	PWC ₁₇₀ , кг·мин ⁻¹ / kGm·min ⁻¹ кг·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹ / kGm·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	407; 359-498 6,94; 6,06-7,77	529; 466-601* 8,33; 7,44-9,21	849; 749-983***+ 15,4; 11,5-21,1***+	< 0,001 < 0,005
15	Максимальное потребление O ₂ / Maximum oxygen consumption, мл·мин ⁻¹ / ml·min ⁻¹ л·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹ / l·min ⁻¹ ·kg ⁻¹	1931; 1851-2087 32,4; 28,4-35,8	2139; 2033-2261* 33,7; 32,4-34,7	2684; 2513-2912***+ 48,8; 36,2-65,4***+	< 0,001 < 0,005

Примечания: P_{K-W} – значимость различий между показателями у студенток с разным уровнем двигательной активности по критерию Краскела – Уоллиса; *, **, *** – уровень значимости различий (P < 0,05; P < 0,01 и P < 0,001 – соответственно) по критерию Манна – Уитни по сравнению с обучающимися подготовительного отделения со шалящим уровнем двигательной активности; +, ++, +++ – уровень значимости различий (P < 0,05; P < 0,01 и P < 0,001 – соответственно) по критерию Манна – Уитни по сравнению с обучающимися основного отделения.

Note: P_{K-W} denotes the significance of differences between indicators in students with different levels of physical activity, Kruskal – Wallis test; *, **, *** indicate levels of statistical significance (P < 0,05; P < 0,01; and P < 0,001, respectively), Mann – Whitney U test when comparing students with standard and moderate levels of physical activity; +, ++, +++ indicate levels of statistical significance (P < 0,05; P < 0,01; and P < 0,001, respectively), Mann–Whitney U test when comparing with students from the main department.

не отличался, отражая сопоставимый внутренний уровень физической нагрузки в отношении испытуемых с разным уровнем повседневной двигательной активности. Подтверждением тому косвенно может служить сопоставимый уровень симпатикотонии в отношении миокарда по данным вегетативного индекса Кердо. При этом возможность выполнения большей по величине и мощности механической работы девушками спортивного отделения, очевидно, связана с высокой инотропной активностью миокарда, усилением вазодилататорных эффектов от интенсивно образующихся при мышечной работе метаболитов и более эффективных механизмов доставки кислорода.

Результаты сравнения показателей иммунограммы девушек с разным уровнем повседневной двигательной активности представлены в табл. 2. Предварительно следует отметить, что показатели лейкограммы девушек сравниваемых групп не выходили за пределы референсных значений для практически здоровых лиц и не имели между собой достоверных различий. Как видно из представленных данных, у спортсменок фагоцитарная и спонтанная НСТ-активность Нф была значительно ниже, чем у студенток подготовительного отделения. Кроме того, у спортсменок отмечался более низкий уровень содержания CD_3^+ и CD_4^+ наряду с более высоким содержанием $CD_3^-CD_{19}^+$ клеток и дубль-негативных $CD_4^-CD_8^-$ лимфоцитов.

Представленные данные показателей иммунограммы сравниваемых групп в состоянии покоя отражают известное влияние двигательной активности на состояние защитных механизмов, состоящее в допустимом снижении текущей напряженности при сохранении функциональных возможностей неспецифической резистентности и иммунореактивности.

Расчет коэффициентов корреляции выявил отрицательные связи между содержанием фагоцитирующих Нф в крови и относительным уровнем физической работоспособности испытуемых ($r = -0,541$; $P < 0,002$), а также между величиной последнего и содержанием Т-хелперов, ТНК- и дубль-позитивных $CD_4^+CD_8^+$ лимфоцитов. Особо следует отметить наличие положительной связи между уровнем физической работоспособности

девушек и содержанием у них IgA в сыворотке крови ($r = 0,413$; $P < 0,05$).

Далее представлены результаты срочных изменений под влиянием физической нагрузки показателей иммунограммы девушек с повышенным и с низким уровнем повседневной двигательной активности (табл. 3).

Динамика показателей лейкограммы под влиянием дозированной физической нагрузки в обеих исследуемых группах характеризовалась выраженным лейкоцитозом (до $11,0-13,0 \times 10^9/л$) за счет относительного и абсолютного лимфоцитоза и повышения абсолютного содержания Нф в циркуляции. При этом значения лимфоцитарно-гранулоцитарного индекса у девушек обеих групп в среднем увеличивались на 30 % от исходных. Подобные изменения лейкограммы под влиянием физической нагрузки отражают развитие лимфоцитарной фазы миогенного лейкоцитоза.

Как видно из табл. 3, в состоянии оперативного покоя содержание $CD_4^+CD_8^-$ лимфоцитов и соответственно уровень хелперно-супрессорного индекса у девушек из подготовительного отделения были значительно выше, чем у спортсменок. При этом содержание недифференцированных дубль-негативных $CD_4^-CD_8^-$ клеток у последних было достоверно выше, чем у физически слабо подготовленных студенток.

В лимфоцитарную фазу миогенного лейкоцитоза под влиянием дозированной физической нагрузки у спортсменок наблюдалось значимое снижение относительного содержания Т- и В-лимфоцитов, а также Т-хелперов. При этом за счет лимфоцитоза существенного снижения абсолютного содержания этих клеток не отмечалось. Кроме того, в лимфоцитарную фазу у спортсменок отмечалось достоверное увеличение абсолютного и относительного содержания $CD_3^-CD_{16}^+CD_{56}^+$ и дубль-негативных $CD_4^-CD_8^-$ лимфоцитов наряду со снижением спонтанной НСТ-активности Нф. У студенток подготовительного отделения под влиянием физической нагрузки во время лимфоцитарной фазы миогенного лейкоцитоза отмечалось существенное снижение относительного содержания $CD_3^-CD_{19}^+$ и $CD_3^+CD_{16}^+CD_{56}^+$ лимфоцитов. При этом у них отмечалось значимое повышение относительного и абсолютного содержания $CD_4^-CD_8^+$ клеток.

Таблица 2
Table 2

Значения показателей иммунограммы в покое у студенток с разным уровнем двигательной активности (Me; Q₂₅–Q₇₅)
Immune profiles at rest in female students with different levels of physical activity (Me; Q₂₅–Q₇₅)

№	Показатель / Parameter	Уровень двигательной активности / Level of physical activity		P _{K-W}
		шалящий / moderate n = 15	основной / standard n = 5	
1	Активность фагоцитоза нейтрофилов / Phagocytic activity, % ×10 ⁹ /л / ×10 ⁹ /l	70; 57–78 2,07; 1,82–3,40	62; 53–62 1,72; 1,58–1,77	< 0,05
2	Спонтанный НСТ-тест нейтрофилов / Spontaneous NBT-test, % ×10 ⁹ /л / ×10 ⁹ /l	30; 23–36 0,95; 0,53–1,26	18; 13–36 0,37; 0,33–1,49	–
3	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₉ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ ⁺ CD ₁₉ ⁺ lymphocytes, % ×10 ⁹ /л / ×10 ⁹ /l	77,3; 70,1–82,5 1551; 1082–1928	81,1; 79,4–82,2 1703; 1685–1900	–
4	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % ×10 ⁹ /л / ×10 ⁹ /l	44; 41–49 843; 578–1205	46; 37–46 1024; 841–1104	–
5	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % ×10 ⁶ /л / ×10 ⁶ /l	25; 22–28 491; 404–644	31; 25–40 575; 569–910	–
6	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % ×10 ⁶ /л / ×10 ⁶ /l	5,0; 3,5–7,7 97; 52–143	5,3; 1,8–6,3 131; 33–165	–
7	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % ×10 ⁶ /л / ×10 ⁶ /l	0,8; 0,3–2,0 11,3; 6,0–51,2	0,5; 0,3–1,2 15,6; 6,1–24,9	–
8	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₉ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ ⁺ CD ₁₉ ⁺ lymphocytes, % ×10 ⁹ /л / ×10 ⁹ /l	10,5; 7,5–12,5 178; 159–209	6,9; 5,6–7,7 168; 159–174	< 0,05
9	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ lymphocytes, % ×10 ⁹ /л / ×10 ⁹ /l	9,6; 3,7–11,1 136; 55–217	8,7; 5,6–10,3 177; 104–251	–
10	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ lymphocytes, % ×10 ⁶ /л / ×10 ⁶ /l	3,5; 1,1–6,1 69; 23–126	0,8; 0,5–6,1 19; 10–111	–
11	Содержание IgA SARS-CoV-2, усл. ед. / IgA SARS-CoV-2, с. и.	2,6; 1,5–8,1	0,7; 0,3–1,6	–
12	Содержание IgM SARS-CoV-2, усл. ед. / IgM SARS-CoV-2, с. и.	0,31; 0,12–0,53	0,50; 0,43–0,74	–

Примечания: см. табл. 1.
Note: see Table 1.

Динамика показателей иммунограммы у студенток
под влиянием дозированной физической нагрузки (Me; Q₂₅–Q₇₅)
Dynamics of immune parameters in female students under exercise conditions (Me; Q₂₅–Q₇₅)

№ п/ п	Показатели Parameter	Значения показателей Values		P _F
		до нагрузки Pre-exercise	после нагрузки Post-exercise	
1	Активность фагоцитоза нейтрофилов, % Phagocytic activity, %	<u>66,5; 60,0–70,5</u> 73,0; 64,0–82,5	<u>57,5; 54,0–60,5</u> 72,5; 65,5–82,0*	– –
2	Содержание фагоцитирующих клеток, ×10 ⁹ /л Phagocytic cells, ×10 ⁹ /l	<u>2,65; 2,13–3,10</u> 3,08; 2,03–3,58	<u>2,90; 2,41–3,43</u> 3,57; 2,24–4,34	– –
3	Фагоцитарное число нейтрофилов, усл. ед. Phagocytic index of neutrophils, с. u.	<u>2,90; 2,80–4,25</u> 5,05; 4,40–6,55	<u>3,05; 2,50–3,55</u> 4,35; 3,90–4,65*	– –
4	Спонтанный НСТ-тест нейтрофилов, % Spontaneous NBT-test, %	<u>7,0; 6,5–18,0</u> 23,5; 15,0–38,5	<u>24,0; 13,5–33,5</u> 29,5; 22,5–30,5	< 0,05 –
5	Индукцированный НСТ-тест нейтрофилов, % Stimulated NBT-test, %	<u>68,5; 64,0–75,5</u> 71,5; 60,0–81,0	<u>77,0; 70,5–81,5</u> 75,5; 55,5–83,0	– –
6	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₉ [–] лимфоцитов, % Content of CD ₃ ⁺ CD ₁₉ [–] lymphocytes, %	<u>73,4; 71,6–76,7</u> 81,2; 73,7–87,1	<u>67,4; 61,4–72,4</u> 77,0; 69,3–88,5*	< 0,05 –
7	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ [–] CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ [–] CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, %	<u>36,5; 31,8–39,0</u> 48,8; 44,7–51,1**	<u>28,4; 23,6–30,9</u> 46,7; 37,1–55,0*	< 0,05 –
8	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ [–] CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ ⁺ CD ₄ [–] CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, %	<u>25,6; 23,4–29,1</u> 24,5; 22,9–25,4	<u>26,6; 24,5–27,1</u> 25,5; 24,3–28,4	– < 0,05
9	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ [–] CD ₈ [–] CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ ⁺ CD ₄ [–] CD ₈ [–] CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, %	<u>10,6; 9,6–13,0</u> 5,7; 4,2–6,7**	<u>13,0; 10,7–15,3</u> 3,6; 1,9–6,9*	< 0,05 –
10	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, %	<u>1,0; 0,7–1,5</u> 1,6; 1,2–3,1	<u>0,7; 0,3–1,3</u> 1,2; 1,0–1,8	– –
11	Содержание CD ₃ [–] CD ₁₉ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ [–] CD ₁₉ ⁺ lymphocytes, %	<u>13,4; 10,2–15,8</u> 7,6; 6,3–12,6	<u>11,6; 9,5–12,6</u> 5,3; 3,9–8,0*	< 0,05 < 0,01
12	Содержание CD ₃ [–] CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ [–] CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ lymphocytes, %	<u>8,1; 5,8–9,7</u> 5,6; 3,8–10,3	<u>16,5; 12,9–19,2</u> 12,3; 5,0–18,9	< 0,05 –
13	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ лимфоцитов, % Content of CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ lymphocytes, %	<u>3,1; 2,5–3,2</u> 3,8; 2,0–6,6	<u>5,0; 2,6–6,3</u> 2,5; 0,8–4,6	– < 0,05
14	Хелперно-супрессорный индекс, усл. ед. Helper/suppressor ratio, с. u.	<u>1,45; 1,10–1,65</u> 1,93; 1,76–2,08**	<u>1,15; 0,90–1,25</u> 1,68; 1,42–2,24*	< 0,05 –

Примечания: в числителе – значения в группе спортивного отделения (n_c = 4), в знаменателе – значения студенток подготовительного отделения (n_p = 8); * ** – уровень значимости различий (P < 0,05 и P < 0,01 – соответственно) по критерию Манна – Уитни у студенток с разным уровнем двигательной активности; P_F – значимость различий показателей до и после дозированной физической нагрузки по критерию Фридмана.

Note: in the numerator, values represent the group from the sports department (n_s = 4), while the denominator reflects values from students in the preparatory department (n_p = 8); *, ** – denote levels of statistical significance (P < 0.05 and P < 0.01, respectively), Mann – Whitney U test when comparing students with different levels of physical activity; P_F levels of statistical significance before and after physical activity, Friedman test.

Заключение. Таким образом, у студенток с разным повседневным уровнем двигательной активности имеют место не только существенные различия показателей физической подготовленности и уровня физической работоспособности, напрямую связанные с тем или иным механизмом регуляции крово-

обращения, но и выраженные отличия уровня активности механизмов неспецифической резистентности и иммунитета. В частности, это проявляется в некотором снижении базального уровня поглотительной и НСТ-активности Нф у спортсменок в состоянии оперативного покоя, а также в пониженном

содержании $CD_3^+CD_{19}^-$ и $CD_4^+CD_8^-$ лимфоцитов – ключевых мессенджеров межклеточного взаимодействия в процессе реализации гуморального или клеточного иммунного ответа.

Под влиянием двух 15-минутных физических нагрузок, связанных с передвижением по беговой дорожке со скоростью, соответствующей уровню физической подготовленности и функциональным возможностям системы кровообращения испытуемых, у спортсменок и студенток подготовительного отделения отмечалось выраженное проявление характер-

ных признаков лимфоцитарной фазы миогенного лейкоцитоза. Однако, несмотря на явное сходство динамики показателей лейкограммы у девушек исследуемых групп, лимфоцитоз у спортсменок с избытком компенсировал значимое снижение относительного содержания CD_3^+ и CD_4^+ лимфоцитов и существенное повышение абсолютного содержания $CD_4^-CD_8^-$ и $CD_3^-CD_{16}^+CD_{56}^+$ клеток. У слабо подготовленных студенток лимфоцитоз обеспечивал значимое повышение абсолютного содержания $CD_4^+CD_8^-$ и $CD_4^-CD_8^+$ и поддержание уровня $CD_3^+CD_{16}^+CD_{56}^+$ лимфоцитов.

Список литературы

1. 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.
2. Карпман, В.Л. *Тестирование в спортивной медицине* / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
3. *Проточная цитометрия в биомедицинских исследованиях* / А.В. Зурочка, С.В. Хайдуков, И.В. Кудрявцев, В.А. Черешнев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2018. – 720 с.
4. *Спортивная медицина* / под ред. В.Л. Карпмана. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 304 с.
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. – <https://hsm.susu.ru/hsm/article/view/2401/864>.
6. *Seroprevalence of SARS-CoV-2 Antibodies in Symptomatic Individuals Is Higher than in Persons Who Are at Increased Risk Exposure: The Results of the Single-Center, Prospective, Cross-Sectional Study* / A. Zurochka, M. Dobrinina, V. Zurochka et al. // *Vaccines*. – 2021. – Vol. 9. – P. 627. – <https://doi.org/10.3390/vaccines9060627>

References

1. Garkavi L.Kh., Kvakina E.B., Ukolova M.A. *Adaptatsionnyye reaktzii i rezistentnost' organizma* [Adaptation Reactions and Resistance of the Organism]. 3rd ed. Rostov-na-Donu, Rostov University Publ., 1990. 223 p.
2. Karpman V.L., Belotserkovsky Z.B., Gudkov I.A. *Testirovaniye v sportivnoy meditsine* [Testing in Sports Medicine]. Moscow, Physical Education and Sport Publ., 1988. 208 p.
3. Zurochka A.V., Khaidukov S.V., Kudryavtsev I.V., Chereshev V.A. *Protochnaya tsitometriya v biomeditsinskikh issledovaniyakh* [Flow Cytometry in Biomedical Research]. Ekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2018. 720 p.
4. Karpman V.L. *Sportivnaya meditsina* [Sports Medicine]. Moscow, Physical Education and Sport Publ., 1987. 304 p.
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.)
6. Zurochka A., Dobrinina M., Zurochka V. et al. Seroprevalence of SARS-CoV-2 Antibodies in Symptomatic Individuals Is Higher than in Persons Who Are at Increased Risk Exposure: The Results of the Single-Center, Prospective, Cross-Sectional Study. *Vaccines*, 2021, vol. 9, p. 627. DOI: 10.3390/vaccines9060627

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 иммунобиотехнологии Российско-китайского центра, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; старший научный сотрудник лаборатории иммунопатофизиологии, Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия.

Сашенков Сергей Львович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии им. академика 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. профессора 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 Immunobiotechnology, Russian-Chinese Center, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; Senior Researcher, Laboratory of Immunopathophysiology, Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, 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 Center of the Air Force “N.E. Zhukovsky and Yu.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 12.11.2024

The article was submitted 12.11.2024