

ФИЗИЧЕСКАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И СОСТОЯНИЕ ИММУНОГРАММЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19

Н.В. Котова¹, nadedacot@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0689-3490>
В.А. Зурочка^{2,3}, v_zurochka@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8930-3742>
С.Л. Сашенков¹, sashensl@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6007-1041>
В.А. Колупаев¹, chel.med.fizkult@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1546-7730>
С.В. Клочкова⁴, s.v.k.68@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4266-8426>

¹ Южно-Уральский государственный медицинский университет Минздрава России, Челябинск, Россия

² Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

³ Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

⁴ Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», филиал в г. Челябинске, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: сравнение показателей физической работоспособности и иммунитета у не болевших и перенесших COVID-19. **Материалы и методы.** В апреле – мае 2023 года проведено изучение иммунограммы и уровня физической работоспособности у студентов медицинского университета, перенесших COVID-19 (n = 12) в сравнении с условно неболевшими (n = 16). Измерение показателей кровообращения проводили в состоянии покоя, а также после каждой из нагрузок в тесте PWC₁₇₀, на основании которого осуществляли оценку физической работоспособности. Оценку содержания CD-клеток, фагоцитарной и НСТ-активности нейтрофилов осуществляли посредством проточной цитометрии, а уровень IgA и IgM к COVID-19 – методом иммуноферментного анализа на основе тест-систем SARS-CoV-2. **Результаты.** У юношей, перенесших COVID-19, отмечали значимо более высокий уровень концентрации SARS-CoV-2-IgM и вегетативного индекса Кердо в состоянии покоя, а у перенесших COVID-19 девушек – значимо более высокое содержание SARS-CoV-2-IgA и менее выраженная реакция систолического и среднединамического давления на физическую нагрузку в тесте PWC₁₇₀, чем у неболевших. Подтверждено наличие отрицательной корреляции между фагоцитарной активностью нейтрофилов и уровнем физической работоспособности в тесте PWC₁₇₀. **Заключение.** Перенесенное заболевание COVID-19 вызывает сдвиг некоторых показателей иммунограммы, что сочетается с изменениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы и вегетативного статуса организма.

Ключевые слова: показатели иммунограммы, COVID-19, PWC₁₇₀

Для цитирования: 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. DOI: 10.14529/hsm24s103

Original article

DOI: 10.14529/hsm24s103

POST-PANDEMIC PHYSICAL PERFORMANCE AND IMMUNE STATUS: AN INVESTIGATION INTO STUDENT HEALTH OUTCOMES

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

V.A. Zurochka^{2,3}, v_zurochka@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8930-3742>

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

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

S.V. Klochkova⁴, s.v.k.68@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4266-8426>

¹ South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

² South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

³ Institute of Immunology and Physiology Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

⁴ Russian Air Force Military Educational and Scientific Center "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin", Chelyabinsk branch, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. This study compares the physical performance and immune status of individuals who have not been ill with those who have experienced COVID-19. **Materials and methods.** In April–May 2023, an immunogram and physical performance assessment were conducted among medical university students with a history of COVID-19 (n = 12) in comparison to a control group of conditionally healthy individuals (n = 16). Cardiovascular parameters were measured under resting conditions and following each load in the PWC170 test. The content of CD cells, phagocytic activity, and NBT activity of neutrophils were assessed using flow cytometry, while the levels of IgA and IgM antibodies to SARS-CoV-2 were determined through immunofluorescence analysis. **Results.** The study observed a significantly elevated concentration of SARS-CoV-2-IgM and an increased Kérdö index in a resting state among male subjects with a history of COVID-19. Conversely, female subjects with a history of COVID-19 exhibited a significantly higher content of SARS-CoV-2-IgA and a less pronounced response of systolic and mean arterial pressure to physical load in the PWC170 test compared to those without a history of COVID-19. A negative correlation was confirmed between the phagocytic activity of neutrophils and the level of physical performance as assessed in the PWC170 test. **Conclusion.** The COVID-19 infection induces a shift in certain immunogram indicators, correlating with alterations in the functional state of the cardiovascular system and the vegetative status of the body.

Keywords: immunogram indicators, COVID-19, PWC₁₇₀

For citation: Kotova N.V., Zurochka V.A., Sashenkov S.L., Kolupaev V.A., Klochkova S.V. Post-pandemic physical performance and immune status: an investigation into student health outcomes. *Human. Sport. Medicine*. 2024;24(S1):20–28. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm24s103

Введение. Оценка физической работоспособности и деятельности сердечно-сосудистой системы квалифицированных спортсменов является необходимым условием контроля эффективности спортивной подготовки при высоких физических нагрузках. При этом рост популярности занятий спортом среди начинающих спортсменов, несмотря на существенно более низкие по величине тренировочные воздействия, предполагает применение не менее высоких физических нагрузок относительно их индивидуальных возможностей. Поэтому контроль адекватности применяемых воздействий возможностям организма при проведении занятий по физической культуре

и в ходе спортивной подготовки юных спортсменов является необходимым условием сохранения здоровья занимающихся.

Показано, что у перенесших COVID-19 помимо неврологических расстройств и дисфункций пищеварения часто отмечаются выраженные нарушения двигательной функции и деятельности сердечно-сосудистой системы [1, 6]. Поэтому в практике физкультурно-спортивной деятельности важным аспектом является изучение влияния перенесенной инфекции COVID-19 на уровень двигательной активности, на состояние сердечно-сосудистой и иммунной систем обывателей и юных спортсменов.

Цель работы: сравнить показатели физической работоспособности и иммунограммы у студентов, не болевших и перенесших COVID-19.

Материалы и методы. В апреле–мае 2023 года проведено изучение иммунограммы и уровня физической работоспособности у студентов медицинского университета, перенесших COVID-19 ($n = 12$) в сравнении с условно неболевшими ($n = 16$). К числу перенесших COVID-19 относили студентов, подтвердивших при опросе наличие соответствующего диагноза на основе данных ПЦР-анализа. К разряду условно неболевших – лиц, не имевших с 2020 г. до даты наблюдения листа нетрудоспособности с диагнозом COVID-19 и положительных ПЦР-тестов на COVID-19. Уровень физической работоспособности студентов определяли по данным теста PWC_{170} , результаты которого коррелируют с уровнем максимального потребления кислорода (МПК) и показателями кровообращения [2, 5]. В качестве нагрузки использовали передвижение с заданной скоростью по беговой дорожке с электромеханическим приводом [3] и последующим расчетом $PWC_{170(v, m/s)}$ по скорости бега [2] и переводом в сопоставимые единицы теста на велоэргометре для мужчин и женщин [5]. Определение частоты сердечных сокращений (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).

Определение показателей систолического объема крови (СОК) в состоянии оперативного покоя (sv) осуществляли по формуле Старра:

$$sv = 90,97 + 0,54 \cdot P_{s-d} - 0,57 \cdot P_d - 0,61 \cdot V, \quad (1)$$

где sv – систолический объем крови, мл; P_{s-d} – пульсовое давление, мм рт. ст.; P_d – диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.; V – возраст (полных лет на дату наблюдения), с дальнейшим расчетом значений систолического индекса (Si), минутного объема крови (Q) и сердечного индекса (Si) в состоянии покоя.

По результатам теста PWC_{170} проводили расчет показателей кровообращения по формулам В.Л. Карпмана и соавт. [2, 5]:

$$sv_{\max} = 0,08 \cdot PWC_{170} + 25, \quad (2)$$

$$Q_{\max} = sv_{\max} \cdot hr_2, \quad (3)$$

$$O_{2 \max} = 1,7 \cdot PWC_{170} + 1240. \quad (4)$$

Расчет вегетативного индекса Кердо (ВИК) проводили по формуле

$$ВИК = (1 - P_d/hr) \cdot 100. \quad (5)$$

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 (Нф) и содержания CD-лимфоцитов в крови методом иммунофенотипирования осуществляли с применением проточной цитометрии [4], а определение содержания антител иммуноглобулинов класса А и М (IgA и IgM) в сыворотке крови к вирусу SARS-CoV-2 (COVID-19) – методом иммуноферментного анализа на основе тест-систем SARS-CoV-2-IgA и SARS-CoV-2-IgM (ЗАО «Вектор-Бест») [7].

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

Результаты. Результаты сравнения показателей кровообращения в покое у студентов, не болевших и перенесших COVID-19, представлены в табл. 1. В состоянии покоя показатели ЧСС и артериального давления юношей и девушек, не болевших и переболевших COVID-19, существенно не отличались, тогда как значения ВИК у юношей, перенесших COVID-19, были значимо выше, чем у неболевших, что отражает у них повышенный уровень симпатических влияний на хронотропную функцию миокарда.

Результаты динамики показателей кровообращения под влиянием начальной нагрузки в тесте PWC_{170} у студентов представлены в табл. 2.

Реакция на начальное воздействие в тесте PWC_{170} у юношей и девушек, переболевших и не болевших COVID-19, характеризовалась значимым повышением ЧСС, САД, среднединамического давления (СрД) и ВИК, что связано с усилением симпатических влияний на деятельность сердечно-сосудистой системы под влиянием мышечной деятельности. При этом относительный прирост уровня СрД после первой нагрузки PWC_{170} у переболевших COVID-19 юношей был значимо больше, чем у неболевших, тогда как у переболевших COVID-19 девушек относительный прирост СрД был достоверно меньше, чем у неболевших. В итоге у перенесших COVID-19 девушек под влиянием начальной нагрузки PWC_{170} отмечались значимо более низкие значения СрД как в сравнении с девушками, не болевшими COVID-19, так и по сравнению с переболевшими COVID-19 юношами.

Таблица 1
Table 1

Показатели кровообращения студентов в покое (Me; Q₂₅–Q₇₅)
Blood circulation indicators in students at rest (Me; Q₂₅–Q₇₅)

№ п/п	Показатели Parameter	Юноши Male students $\frac{n_{\text{covid}(+)} = 6}{n_{\text{covid}(-)} = 7}$	Девушки Female students $\frac{n_{\text{covid}(+)} = 6}{n_{\text{covid}(-)} = 9}$	Р Манна – Уитни Mann – Whitney P
1	Частота сердечных сокращений, уд./мин Heart rate, bpm	<u>74; 70–80</u> 73; 64–89	<u>82; 74–86</u> 76; 70–78	> 0,05 > 0,05
2	Систолический объем крови, мл Systolic blood volume, ml	<u>76; 67–88</u> 72; 61–79	<u>65; 62–71</u> 68; 57–74	> 0,05 > 0,05
3	Систолический индекс, мл/м ² Systolic index, ml/m ²	<u>42; 36–46</u> 39; 30–45	<u>41; 38–44</u> 41; 32–43	> 0,05 > 0,05
4	Минутный объем крови, л/мин Cardiac output, l/min	<u>5,72; 4,94–6,56</u> 5,08; 4,48–6,01	<u>5,08; 4,60–5,73</u> 4,57; 3,98–5,16	> 0,05 > 0,05
5	Сердечный индекс, л/мин/м ² Cardiac index, l/min/m ²	<u>3,01; 2,60–3,49</u> 2,62; 1,94–3,65	<u>3,14; 2,84–3,57</u> 2,60; 2,42–3,26	> 0,05 > 0,05
6	Артериальное давление систолическое, мм рт. ст. Systolic blood pressure, mmHg	<u>134; 124–139</u> 131; 125–154	<u>120; 115–130</u> 128; 122–130	> 0,05 > 0,05
7	Артериальное давление диастолическое, мм рт. ст. Diastolic blood pressure, mmHg	<u>64; 57–69</u> 74; 71–75	<u>68; 66–70</u> 72; 66–79	> 0,05 > 0,05
8	Пульсовое давление, мм рт. ст. Pulse pressure, mmHg	<u>66; 47–76</u> 61; 50–80	<u>51; 45–56</u> 53; 45–62	> 0,05 > 0,05
9	Среднединамическое давление, мм рт. ст. Average dynamic pressure, mmHg	<u>82,8; 82,3–92,3</u> 97,7; 89,0–100,7	<u>85,0; 84,7–92,3</u> 87,0; 86,7–95,3	> 0,05 > 0,05
10	Индекс Кердо в покое, усл. ед. Kérdö index at rest, c. u.	<u>12,82; 9,59–24,00*</u> 1,47; –15,63–8,99	<u>13,17; –2,56–24,44</u> –5,71; –12,82–12,2	> 0,05 > 0,05

Примечания. В числителе значения показателей иммунограммы обучающихся, переболевших COVID-19, в знаменателе – обучающихся, не болевших COVID-19; * – значимость различий ($p < 0,05$) между перенесшими COVID-19 и неболевшими.

Note. The numerator contains the data of students with a history of COVID-19, while the denominator contains the data of students without a history of COVID-19; * – differences are significant at $p < 0.05$ between those with and without a history of COVID-19

Таблица 2
Table 2

Показатели кровообращения обучающихся, не болевших и перенесших COVID-19,
после начальной нагрузки в тесте PWC₁₇₀ (Me; Q₂₅–Q₇₅)
Blood circulation indicators in students with and without a history of COVID-19:
post-initial load assessment in the PWC₁₇₀ test (Me; Q₂₅–Q₇₅)

№ п/п	Показатели Parameter	Юноши Male students $\frac{n_{\text{covid}(+)} = 6}{n_{\text{covid}(-)} = 7}$	Девушки Female students $\frac{n_{\text{covid}(+)} = 6}{n_{\text{covid}(-)} = 9}$	Р Манна – Уитни Mann – Whitney P
1	Частота сердечных сокращений, уд./мин Heart rate, bpm	⁺⁺⁺ <u>134; 128–140</u> ⁺⁺⁺ 135; 124–154	⁺⁺⁺ <u>132; 127–140</u> ⁺⁺⁺ 145; 125–154	> 0,05 > 0,05
2	Артериальное давление систолическое, мм рт. ст. Systolic blood pressure, mmHg.	⁺⁺⁺ <u>160; 147–167</u> ⁺⁺ 162; 151–170	⁺⁺ <u>137; 130–146</u> ⁺⁺⁺ 149; 144–160	< 0,05 > 0,05
3	Артериальное давление диастолическое, мм рт. ст. Diastolic blood pressure, mmHg.	⁺ <u>77; 72–81</u> 78; 68–85	<u>68; 65–72*</u> ⁺ 79; 78–81	> 0,05 > 0,05

№ п/п	Показатели Parameter	Юноши Male students	Девушки Female students	Р Манна – Уитни Mann – Whitney P
		$n_{\text{covid}(+)} = 6$ $n_{\text{covid}(-)} = 7$	$n_{\text{covid}(+)} = 6$ $n_{\text{covid}(-)} = 9$	
4	Пульсовое давление, мм рт.ст. Pulse pressure, mmHg.	$^{++}85; 70-86$ 83; 77-85	$^{++}67; 58-73$ $^{++}75; 64-77$	> 0,05 < 0,05
5	Среднединамическое давление, мм рт. ст. Average dynamic pressure, mmHg.	$^{++}103; 100-106$ $^{++}109; 96-113$	$^{+}93; 83-96^*$ $^{+++}103; 98-108$	< 0,05 > 0,05
6	Индекс Кердо, усл. ед. Kérdö index at rest, c. u.	$^{+++}41,98; 38,64-48,57$ $^{+++}45,45; 40,64-49,63$	$^{++}48,33; 45,83-53,54$ $^{+++}45,51; 41,93-53,18$	> 0,05 > 0,05

Примечания. +, ++, +++ – уровень значимости различий ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$ – соответственно) в сравнении с состоянием покоя; остальные обозначения см. табл. 1.

Note. +, ++, +++ – differences are significant at $p < 0.05$; $p < 0.01$; $p < 0.001$, respectively, in comparison to the resting state. The rest is provided as in Table 1.

Результаты сравнения показателей кровообращения под влиянием второй нагрузки в тесте PWC_{170} у студентов представлены в табл. 3.

Приращение скорости передвижения и соответственно мощности работы при выполнении повторной нагрузки в тесте PWC_{170} в группах болевших и не болевших COVID-19 юношей и девушек существенно не отличалось за исключением более низких значений у не болевших COVID-19 девушек. Средний уровень исследуемых показателей системы кровообращения у переболевших и неболевших COVID-19 обучающихся существенно не отличался, за исключением значимо более низкого уровня СрД у перенесших COVID-19 девушек. Динамика исследуемых показателей под влиянием повторной нагрузки, увеличенной в среднем на 24–45 % от исходного уровня, характеризовалась значимым повышением ЧСС и ВИК. При этом у девушек продолжалось существенное повышение исследуемых показателей артериального давления в сравнении с таковыми во время начальной нагрузки, тогда как у не болевших COVID-19 юношей отмечалось лишь дальнейшее значимое повышение ПД, а у переболевших COVID-19 юношей – повышение САД.

Абсолютные значения показателя PWC_{170} у юношей, болевших и не болевших COVID-19, были значимо выше, чем у девушек соответствующих подгрупп ($P < 0,05$ и $P < 0,01$), тогда как относительные значения PWC_{170} на единицу массы тела у юношей и девушек существенно не отличались. Аналогичные в целом тенденции характерны для расчетных

значений СОК, МОК, S_i и C_i , а также МПК при физической нагрузке.

Результаты сравнения показателей иммунограммы у студентов, переболевших и не болевших COVID-19, представлены в табл. 4. Как видно из представленных данных, среди не болевших COVID-19 студентов количество фагоцитирующих Нф в периферической крови у юношей было значимо ниже, чем у девушек, тогда как индекс фагоцитоза, спонтанного и индуцированного НСТ-теста этих клеток у них существенно не различался.

Среди перенесших COVID-19 юношей и девушек не выявлено значимых различий содержания часто исследуемых CD-клеток (Т- и В-лимфоцитов, Т-хелперов, Т-супрессоров, натуральных киллеров, Т-киллеров) с их неболевыми визави. При этом у не болевших COVID-19 девушек отмечалось значимо большее содержание дубль-позитивных $CD_4^+CD_8^+$ -лимфоцитов, чем у неболевших юношей. Напротив, среди переболевших COVID-19 девушек относительное содержание дубль-негативных $CD_4^-CD_8^-$ -лимфоцитов было существенно ниже, чем у юношей.

Кроме того, если у юношей, переболевших COVID-19, содержание IgM SARS-CoV-2 было значительно выше, чем у неболевших, то в группе девушек, переболевших COVID-19, отмечалось существенно более высокое содержание IgA SARS-CoV-2 по сравнению с неболевыми. Результаты корреляционного анализа позволили констатировать наличие статистически значимой отрицательной связи ($r = -0,623$; $P < 0,001$) между относительным уровнем физической работоспособности

Таблица 3
Table 3

Показатели кровообращения обучающихся, не болевших и перенесших COVID-19,
после второй нагрузки в тесте PWC₁₇₀ (Me; Q₂₅–Q₇₅)
Blood circulation indicators in students with and without a history of COVID-19
after the second load in the PWC₁₇₀ test (Me; Q₂₅–Q₇₅)

№ п/п	Показатели Parameter	Юноши Male students $n_{\text{covid}(+)} = 6$ $n_{\text{covid}(-)} = 7$	Девушки Female students $n_{\text{covid}(+)} = 6$ $n_{\text{covid}(-)} = 9$	P Манна – Уитни Mann – Whitney P
1	Приращение скорости передвижения в тесте PWC ₁₇₀ , %	<u>39,4; 33,3–45,6</u> 45,6; 44,9–47,1	<u>35,1; 18,5–47,1</u> 24,1; 23,6–49,3	> 0,05 > 0,05
	Increment of movement speed at m/c PWC ₁₇₀ , m/s	<u>0,78; 0,53–0,86</u> 0,86; 0,86–0,97	<u>0,60; 0,28–0,89</u> 0,36; 0,36–0,92	> 0,05 < 0,05
2	Частота сердечных сокращений, уд./мин Heart rate, bpm	⁺⁺⁺ 160; 157–165 ⁺⁺⁺ 173; 158–178	⁺⁺⁺ 163; 150–170 ⁺⁺⁺ 175; 170–186	> 0,05 > 0,05
3	Систолический объем крови при PWC ₁₇₀ , мл Systolic blood volume at PWC ₁₇₀ , ml	⁺⁺ 111; 94–125 ⁺⁺ 108; 100–137	<u>78; 55–91</u> 67; 65–93	< 0,05 < 0,01
4	Систолический индекс при PWC ₁₇₀ , мл/м ² Systolic index at PWC ₁₇₀ , ml/m ²	⁺⁺ 161,8; 49,2–66,6 ⁺⁺ 54,3; 49,3–73,7	<u>45,4; 35,8–56,6</u> 37,8; 36,3–57,0	> 0,05 > 0,05
5	Минутный объем крови при PWC ₁₇₀ , л/мин Cardiac output at PWC ₁₇₀ , l/min	⁺⁺⁺ 18,86; 15,08–19,60 ⁺⁺⁺ 18,76; 17,93–21,68	⁺⁺ 12,22; 8,46–15,20 ⁺⁺⁺ 12,45; 11,59–16,16	< 0,05 < 0,001
6	Сердечный индекс в тесте PWC ₁₇₀ , л/мин/м ² Cardiac index at PWC ₁₇₀ , l/min/m ²	⁺⁺⁺ 9,82; 8,65–10,93 ⁺⁺⁺ 9,61; 9,07–11,64	⁺⁺⁺ 7,64; 5,38–9,61 ⁺⁺⁺ 6,97; 6,71–9,86	> 0,05 > 0,05
7	Артериальное давление систолическое, мм рт. ст. Systolic blood pressure, mmHg	⁺ 164; 161–173 177; 147–187	⁺ 151; 134–160 ⁺⁺ 174; 164–182	> 0,05 > 0,05
8	Артериальное давление диастолическое, мм рт. ст. Diastolic blood pressure, mmHg	<u>72; 59–85</u> 78; 63–82	<u>66; 65–72</u> 80; 75–86	> 0,05 > 0,05
9	Пульсовое давление, мм рт. ст. Pulse pressure, mmHg.	<u>96; 76–101</u> ⁺ 95; 84–109	⁺ 79; 62–97 ⁺⁺ 93; 79–96	> 0,05 > 0,05
10	Среднединамическое давление, мм рт. ст. Average dynamic pressure, mmHg	<u>105; 101–110</u> 113; 91–114	⁺ 94; 91–105** ⁺⁺ 111; 107–118	> 0,05 > 0,05
11	Индекс Кердо, усл. ед. Kérdö index at rest, c. u.	<u>55,37; 45,86–60,29</u> ⁺⁺⁺ 59,49; 53,93–61,40	⁺⁺ 57,16; 52,14–62,27 ⁺⁺ 54,74; 49,41–58,86	> 0,05 > 0,05
12	PWC ₁₇₀ , кг*м/мин	<u>1072; 866–1248</u> 1035; 946–1403	<u>664; 369–825</u> 529; 506–844	< 0,05 < 0,01
	PWC ₁₇₀ , kg*m/min	<u>16,93; 10,95–18,60</u> 12,50; 11,70–20,63	<u>10,26; 7,08–15,40</u> 8,33; 7,44–14,95	> 0,05 > 0,05
13	Максимальное потребление кислорода, л/мин/кг	<u>3062; 2712–3361</u> 3000; 2849–3625	<u>2369; 1867–2643</u> 2139; 2101–2676	< 0,05 < 0,01
	Maximal oxygen consumption, l/min/kg	<u>49; 32–51</u> 40; 34–53	<u>36; 35–51</u> 34; 32–47	> 0,05 > 0,05

Примечания. ⁺ – уровень значимости различий (p < 0,05) динамики показателей при выполнении теста PWC₁₇₀; остальные обозначения см. табл. 1.

Note. ⁺ – differences are significant at p < 0.05 for the changes in PWC₁₇₀ parameters during the test. The rest is provided as in Table 1.

Значения показателей иммунограммы у обучающихся университета, переболевших и не болевших COVID-19 (Me; Q₂₅–Q₇₅)
Immune status in students with and without a history of COVID-19 (Me; Q₂₅–Q₇₅)

№ п/п	Показатели Parameter	Юноши Male students	Девушки Female students	Р Манна – Уитни Mann – Whitney P
		$n_{\text{covid}(+)} = 6$ $n_{\text{covid}(-)} = 7$	$n_{\text{covid}(+)} = 6$ $n_{\text{covid}(-)} = 9$	
1	Активность фагоцитоза нейтрофилов, % $\times 10^9/\text{л}$	<u>56; 51–77</u> 42; 23–69	<u>52; 50–71</u> 57; 35–64	> 0,05 > 0,05
	Neutrophil phagocytosis, % $\times 10^9/\text{л}$	<u>1,11; 0,77–1,80</u> 0,76; 0,65–1,02	<u>1,82; 1,04–2,03</u> 1,78; 1,47–2,02	> 0,05 <0,02
2	Спонтанный НСТ-тест нейтрофилов, % $\times 10^9/\text{л}$	<u>21; 12–38</u> 23; 11–29	<u>29; 24–35</u> 18; 16–36	> 0,05 > 0,05
	Spontaneous NBT test, % $\times 10^9/\text{л}$	<u>0,65; 0,20–1,28</u> 0,34; 0,17–0,73	<u>0,78; 0,53–1,23</u> 0,87; 0,47–1,05	> 0,05 > 0,05
3	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₉ ⁻ лимфоцитов, % $\times 10^6/\text{л}$	<u>79; 67–80</u> 78; 66–81	<u>77; 73–78</u> 79; 70–80	> 0,05 > 0,05
	CD ₃ ⁺ CD ₁₉ ⁻ lymphocytes, % $\times 10^9/\text{л}$	<u>1697; 1388–1858</u> 1491; 1065–1948	<u>1483; 1222–1551</u> 1448; 1129–1584	> 0,05 > 0,05
4	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁻ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов, % $\times 10^9/\text{л}$	<u>42; 37–47</u> 40; 36–47	<u>41; 37–46</u> 42; 38–43	> 0,05 > 0,05
	CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁻ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % $\times 10^9/\text{л}$	<u>885; 805–1082</u> 716; 571–929	<u>789; 605–904</u> 841; 589–982	> 0,05 > 0,05
5	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁻ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов, % $\times 10^6/\text{л}$	<u>29; 28–29</u> 25; 23–31	<u>30; 27–35</u> 25; 20–31	> 0,05 > 0,05
	CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁻ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % $\times 10^9/\text{л}$	<u>634; 491–703</u> 468; 413–833	<u>516; 491–580</u> 465; 351–617	> 0,05 > 0,05
6	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁻ CD ₈ ⁻ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов, % $\times 10^6/\text{л}$	<u>5,20; 4,00–10,60</u> 7,80; 3,90–10,00	<u>3,45; 1,20–4,30</u> 4,40; 3,50–8,00	> 0,05 > 0,05
	CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁻ CD ₈ ⁻ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % $\times 10^9/\text{л}$	<u>123; 92–230</u> 157; 76–267	<u>60; 24–77</u> 104; 80–165	< 0,05 > 0,05
7	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ лимфоцитов, % $\times 10^6/\text{л}$	<u>0,25; 0,20–0,50</u> 0,20; 0,10–0,30	<u>0,30; 0,30–0,30</u> 0,40; 0,30–0,60	> 0,05 < 0,01
	CD ₃ ⁺ CD ₄ ⁺ CD ₈ ⁺ CD ₄₅ ⁺ lymphocytes, % $\times 10^9/\text{л}$	<u>6,41; 4,68–10,34</u> 5,25; 2,02–5,90	<u>5,73; 5,18–6,12</u> 10,37; 5,60–11,28	> 0,05 < 0,05
8	Содержание CD ₃ ⁻ CD ₁₉ ⁺ лимфоцитов, % $\times 10^6/\text{л}$	<u>12; 9–16</u> 10; 8–11	<u>11; 10–12</u> 11; 8–13	> 0,05 > 0,05
	CD ₃ ⁻ CD ₁₉ ⁺ lymphocytes, % $\times 10^9/\text{л}$	<u>238; 191–349</u> 207; 139–240	<u>197; 169–241</u> 181; 159–235	> 0,05 > 0,05
9	Содержание CD ₃ ⁻ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ лимфоцитов, % $\times 10^6/\text{л}$	<u>8,70; 7,50–13,70</u> 10,80; 6,50–20,50	<u>9,80; 8,70–10,30</u> 12,40; 6,60–15,40	> 0,05 > 0,05
	CD ₃ ⁻ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ lymphocytes, % $\times 10^9/\text{л}$	<u>196; 132–418</u> 207; 117–413	<u>186; 134–202</u> 217; 131–302	> 0,05 > 0,05
10	Содержание CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ лимфоцитов, % $\times 10^6/\text{л}$	<u>1,95; 0,90–3,30</u> 0,60; 0,20–2,00	<u>0,80; 0,30–2,00</u> 1,70; 0,70–3,60	> 0,05 > 0,05
	CD ₃ ⁺ CD ₁₆ ⁺ CD ₅₆ ⁺ lymphocytes, % $\times 10^9/\text{л}$	<u>36,58; 18,60–77,22</u> 24,12; 2,30–40,32	<u>16,80; 5,18–39,22</u> 40,18; 9,80–99,54	> 0,05 > 0,05
11	Содержание IgA SARS-CoV-2, усл. ед. IgA SARS-CoV-2, с. у.	<u>4,97; 2,80–16,06</u> 4,16; 0,84–4,49	<u>7,49; 4,14–19,30*</u> 1,92; 1,58–3,55	> 0,05 > 0,05
12	Содержание IgM SARS-CoV-2, усл. ед. IgM SARS-CoV-2, с. у.	<u>0,58; 0,45–1,20*</u> 0,24; 0,19–0,35	<u>0,45; 0,35–0,53</u> 0,28; 0,23–0,50	> 0,05 > 0,05

Примечания. См. табл. 1.

Note. The data are provided as in Table 1.

в расчете на кг массы тела испытуемых (по данным теста PWC₁₇₀ при передвижении на беговой дорожке) и процентным содержанием фагоцитирующих Нф в крови. Очевидно, в норме низкий уровень поглотительной способности Нф в состоянии покоя связан с высоким потенциальным уровнем механизмов аэробного энергообеспечения мышечной деятельности.

Заключение. В состоянии оперативного покоя у студентов, не болевших и перенесших COVID-19, не выявлено значимых различий исследуемых показателей сердечно-сосудистой системы за исключением существенно более высоких значений ВИК у юношей, переболевших COVID-19. Под влиянием начальной нагрузки субмаксимального двигательного теста PWC₁₇₀ на беговой дорожке у юношей, переболевших COVID-19, прирост СрД был значительно выше (20,3 %) чем у неболевших (11,3%), а среди девушек – значимо ниже (5,7 %), чем у не болевших COVID-19 студенток (13,9%). При повторной нагрузке теста PWC₁₇₀ значения СрД у девушек, переболевших COVID-19, оставались существенно

ниже, чем у неболевших. При этом у них, в отличие от юношей, наблюдалось дальнейшее повышение уровня САД и СрД в сравнении с таковыми при начальной нагрузке.

У юношей, переболевших COVID-19, наблюдался достоверно более высокий уровень концентрации SARS-CoV-2-IgM, а у переболевших COVID-19 девушек – более высокое содержание SARS-CoV-2-IgA в сравнении с неболевыми, тогда как существенных различий исследуемых показателей фагоцитоза Нф и содержания CD-лимфоцитов у не болевших и переболевших COVID-19 студентов не было выявлено. При этом в зависимости от пола обследованных отмечены существенные различия абсолютных показателей активности фагоцитоза Нф, содержания дубль-позитивных и дубль-негативных CD₄CD₈-лимфоцитов. Относительные значения показателя физической работоспособности в тесте PWC₁₇₀ в выборочной совокупности обследованных отрицательно коррелировали с процентным содержанием фагоцитирующих Нф в периферической крови.

Список литературы

1. Динамика клинико-лабораторных показателей при острой дыхательной недостаточности у пациентов с COVID-19 / О.В. Военнов, В.И. Загреков, А.А. Ежевская и др. // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2021. – № 3. – С. 15–22.
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. Колупаев, В.А. Оценка физической работоспособности студентов по данным теста PWC₁₇₀ на беговой дорожке / В.А. Колупаев, Н.В. Котова // Оптимизация учебно-воспитательного процесса в образовательных организациях физической культуры: материалы XXXIII Национ. науч.-метод. конф. – Челябинск: УралГУФК, 2023. – С. 291–294.
4. Проточная цитометрия в биомедицинских исследованиях / А.В. Зурочка, С.В. Хайдуков, И.В. Кудрявцев, В.А. Черешнев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2018. – 720 с.
5. Спортивная медицина / под ред. В.Л. Карпмана. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 304 с.
6. Absolute lymphocyte count is a prognostic marker in Covid-19: A retrospective cohort review / J. Wagner, A. DuPont, S. Larson et al. // International Journal of Laboratory Hematology. – 2020. – Vol. 42. – P. 761–765. DOI: 10.1111/ijlh.13288
7. 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. DOI: 10.3390/vaccines9060627

References

1. Voyennov O.V., Zagrekov V.I., Ezhevskaya A.A. et al. [Dynamics of Clinical and Laboratory Parameters in Acute Respiratory Failure in Patients with COVID-19]. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii* [Bulletin of Anesthesiology and Resuscitation], 2021, no. 3, pp. 15–22. (in Russ.) DOI: 10.21292/2078-5658-2021-18-3-15-22
2. Karpman V.L., Belotserkovskiy Z.B., Gudkov I.A. *Testirovaniye v sportivnoy meditsine* [Testing in Sports Medicine]. Moscow, Physical Culture and Sport Publ., 1988. 208 p.
3. Kolupayev V.A., Kotova N.V. [Assessment of Physical Performance of Students According to the PWC₁₇₀ Test on a Treadmill]. *Optimizatsiya uchebno-vospitatel'nogo protsesssa v obrazovatel'nykh*

organizatsiyakh fizicheskoy kul'tury: materialy 33 natsional'noy nauchno-metodicheskoy konferentsii [Optimization of the Educational Process in Educational Organizations of Physical Culture. Materials of the XXXIII National Scientific and Methodological Conference], 2023, pp. 291–294. (in Russ.)

4. Zurochka A.V., Khaydukov S.V., Kudryavtsev I.V., Chereshnev V.A. *Protochnaya tsitometriya v biomeditsinskikh issledovaniyakh* [Flow Cytometry in Biomedical Research]. Ekaterinburg, UrO RAN Publ., 2018. 720 p.

5. Karpman V.L. (Ed.) *Sportivnaya meditsina* [Sports Medicine]. Moscow, Physical Culture and Sport Publ., 1987. 304 p.

6. Wagner J., DuPont A., Larson S. et al. Absolute Lymphocyte Count is a Prognostic Marker in Covid-19: A Retrospective Cohort Review. *International Journal of Laboratory Hematology*, 2020, vol. 42, pp. 761–765. DOI: 10.1111/ijlh.13288

7. 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 системной патологии, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; 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 имени 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, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», филиал в г. Челябинске, 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 Department of Normal Physiology named after Academician Yu.M. Zakharov, 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, Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, 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 conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 16.10.2023

The article was submitted 16.10.2023