

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КИСЛОРОДТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ КРОВИ И МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ У ЮНОШЕЙ С РАЗНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ УРБАНИЗИРОВАННОГО СЕВЕРА

В.И. Корчин, vikhmgmi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1818-7550>

Е.П. Федорова, dog-elena.fedorova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2311-2318>

Т.Я. Корчина, t.korchina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2000-4928>

А.В. Ратиев, a.ratiev@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5303-2634>

Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск, Россия

Аннотация. Цель: выявить изменения показателей состояния кислородтранспортной системы и метаболической адаптации у юношей-спортсменов и студентов, не занимающихся спортом, проживающих в северном регионе. **Материалы и методы.** Исследование было проведено на базе БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия» и АПОУ ХМАО-Югры «Югорский колледж-интернат олимпийского резерва» г. Ханты-Мансийска, в котором приняли участие 104 юношей в возрасте от 18 до 20 лет. Из них были сформированы 2 группы, а именно: в первую (основную) группу вошли 58 спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта (лыжные гонки, биатлон), контрольную группу составили 46 здоровых студентов медицинского вуза, не имеющих специальной физической подготовки. Выявление толерантности к физической нагрузке участников обеих групп осуществлялось методом тредмил-тестирования с газоанализом на дорожке Н/Р/CosmosVYAIRE (Швейцария) с использованием эргоспирометра Master-Screen CPX Jaeger (Германия). Для реализации гематологического исследования использовали автоматический анализатор Abacus Junior 30 Diatron (США). Биохимические исследования осуществляли с помощью коммерческих наборов (DRG Instruments GmbH, Германия) для выявления общего белка, креатинина, лактатдегидрогеназы, глюкозы, общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ), креатинфосфокиназы (КФК), на комбинированном автоматическом анализаторе Chem Well Combo Awareness Technology Inc. 2910 (США). Для экспресс-анализа уровня лактата в крови использовали тест-полоски фирмы VM-Lactate (Россия), с помощью которых его определяли на портативном биохимическом анализаторе Accutrend Plus фирмы Roche Diagnostics (Германия). **Результаты.** В ходе комплексного исследования было установлено изменение показателей кислородтранспортной системы крови у юношей-спортсменов, а именно: увеличение концентрации гемоглобина, количества эритроцитов, их среднего объема и уровня насыщения гемоглобина ($p = 0,006-0,048$) сравнительно с таковыми у представителей контрольной группы после интенсивной физической нагрузки. Сравнительный анализ биохимических показателей позволил выявить следующие изменения в метаболическом статусе у спортсменов, которые испытывали максимальные физические нагрузки: увеличение уровня лактата, лактатдегидрогеназы, креатинина, креатинфосфокиназы на фоне снижения содержания глюкозы, общего холестерина и триглицеридов при сопоставлении с таковыми у нетренированных юношей. **Заключение.** Анализ полученных данных у юношей с различным уровнем физической подготовленности свидетельствует об адаптационных возможностях физиологических систем организма, подвергающегося интенсивным нагрузкам в условиях Севера.

Ключевые слова: кислородтранспортная система, метаболический статус, утомление, северный регион

Для цитирования: Сравнительная оценка показателей кислородтранспортной системы крови и метаболической адаптации у юношей с разной физической активностью, проживающих на территории урбанизированного Севера / В.И. Корчин, Е.П. Федорова, Т.Я. Корчина, А.В. Ратиев // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 2. С. 41–50. DOI: 10.14529/hsm240205

COMPARATIVE EVALUATION OF BLOOD OXYGEN TRANSPORT SYSTEM INDICATORS AND METABOLIC ADAPTATION IN ADOLESCENTS ENGAGED IN VARIOUS LEVELS OF PHYSICAL ACTIVITY WITHIN URBANIZED NORTHERN REGIONS

V.I. Korchin, vikhmgmi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1818-7550>

E.P. Fedorova, dog-elena.fedorova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2311-2318>

T.Ya. Korchina, t.korchina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2000-4928>

A.V. Ratiev, a.ratiev@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5303-2634>

Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia

Abstract. Aim. This paper aims to identify alterations within the oxygen transport system and metabolic adaptation in young athletes and non-athletes, residing within urbanized northern regions. **Materials and methods.** The research was undertaken at the Khanty-Mansiysk State Medical Academy and the APOU Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra “Yugra Boarding College of the Olympic Reserve”, involving 104 male subjects ranging from 18 to 20 years of age. Participants were assigned to one of the following groups: the main group comprised 58 athletes specializing in cyclic sports (skiing, biathlon), whereas the control group consisted of 46 apparently healthy medical university students lacking physical exercise. Exercise tolerance was assessed through treadmill testing coupled with gas analysis utilizing the H/P/CosmosVYAIRES track (Switzerland) and the Master-Screen CPX Jaeger ergospirometer (Germany). Hematological examinations were performed employing the Diatron Abacus Junior 30 (USA), while biochemical analyses were conducted using commercial kits from DRG Instruments GmbH (Germany) to evaluate various biomarkers including total protein, lactate dehydrogenase, glucose, total cholesterol (TC), triglycerides (TG), creatinine, and creatine phosphokinase (CPhK) on a ChemWell 2910 Combo (Awareness Technology Inc., USA) chemistry analyzer. Lactate levels were analyzed via BM-Lactate (Russia) test strips on a portable biochemical analyzer, Accutrend Plus, from Roche Diagnostics (Germany). **Results.** Through comprehensive examinations, significant changes in the oxygen transport system indicators among young athletes were recorded, notably an elevation in hemoglobin concentration, red blood cell count, mean corpuscular volume, and hemoglobin saturation ($p = 0.006-0.048$) post-intense physical exertion, relative to the control group. Biochemical parameter comparisons demonstrated elevated lactate, lactate dehydrogenase, creatinine, and creatine phosphokinase levels in athletes subjected to maximal physical strain, juxtaposed against reduced glucose, total cholesterol, and triglyceride levels compared to non-athletes. **Conclusion.** The data obtained demonstrates the adaptability of physiological systems in young males under varying degrees of physical fitness, particularly in response to extreme stressors within the northern climate.

Keywords: oxygen transport system, metabolic status, fatigue, northern region

For citation: Korchin V.I., Fedorova E.P., Korchina T.Ya., Ratiev A.V. Comparative evaluation of blood oxygen transport system indicators and metabolic adaptation in adolescents engaged in various levels of physical activity within urbanized Northern regions. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(2):41–50. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240205

Введение. Известно, что интенсивные физические нагрузки у спортсменов, занимающихся лыжными гонками, биатлоном, способствуют выраженным изменениям показателей метаболических процессов и системы крови в организме. С позиций современного подхода к оценке адаптационных возможностей организма после выполнения упражнений с различными нагрузками и в период восстановления, объективными критериями служат гематологические показатели, которые отражают состояние кислородтранспортной

системы. Лабораторный контроль предоставляет возможность выявить у спортсмена на раннем этапе тренировочного процесса уровень его готовности или проявления признаков утомления. Это позволяет тренеру внести коррективы в программу подготовки спортсмена к соревновательным состязаниям и грамотно её реализовать [2, 7, 9]. При реализации оптимальных по объему, интенсивности и направленности физических нагрузок создаются условия для улучшения показателей кислородтранспортной системы крови. В ходе

тренировочного процесса возникает потребность в объективности гематологических показателей, отражающих особенности адапционных реакций у спортсменов тех или иных видов спорта. Динамика этих показателей особенно важна в процессе выполнения аэробных и анаэробных нагрузок, так как позволяет оценить эффективность проведения тренировок, функциональное состояние органов и систем, интерпретировать данные медико-биологического контроля (включая общий анализ крови) для последующего формирования индивидуального заключения о подготовленности данного спортсмена к соревновательным состязаниям [14, 17]. Цель данной работы: выявить изменения показателей состояния кислородтранспортной системы и метаболической адаптации у юношей-спортсменов и студентов, не занимающихся спортом, проживающих в северном регионе.

Материалы и методы. Исследование было проведено в течение 2021–2023 гг. на базе БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия» и АПОУ ХМАО-Югры «Югорский колледж-интернат олимпийского резерва» г. Ханты-Мансийска, в котором приняли участие 104 юношей в возрасте от 18 до 20 лет. Из них были сформированы 2 группы. В первую (основную) группу вошли 58 спортсменов, обучающихся в колледже-интернате и занимающихся циклическими видами спорта (лыжные гонки, биатлон). Обследуемые спортсмены преимущественно имели высокий уровень квалификации (46,6 % – перворазрядники, 37,8 % – кандидаты в мастера спорта, 15,6 % – мастера спорта) и проходили соответствующее обследование в подготовительном периоде тренировочного процесса. Контрольную группу составили 46 здоровых студентов-добровольцев, не имеющих специальной физической подготовки и обучающихся на 1-м курсе Ханты-Мансийской государственной медицинской академии. Объем физической нагрузки в неделю у спортсменов составлял не менее 18–22 часов, а у студентов, занимающихся физкультурой по общей программе медицинского вуза, – 4 часа. Все обследуемые юноши по результатам предварительного углубленного медицинского осмотра не страдали какими-либо заболеваниями и были оценены как практически здоровые. При проведении исследования были соблюдены этические нормы, изложенные в Хельсинской декларации.

Для реализации поставленной цели нами были отобраны те современные методы, которые являлись более информативными и доступными для выполнения данного комплексного обследования, так как это было важно в ходе объективного контроля за состоянием организма юношей, занимающихся спортивной деятельностью. *Выявление толерантности к физической нагрузке* участников обеих групп осуществлялось методом тредмил-тестирования с газоанализом на дорожке H/P/CosmosVYAIRE (Швейцария) с использованием эргоспирометра Master-Screen CPX Jaeger (Германия). Комплексное обследование юношей проводили утром спустя 1–2 часа после завтрака. В качестве обязательного условия было отсутствие какой-либо интенсивной физической нагрузки на протяжении 24 часов. Все обследуемые лица перед тестированием проходили медицинский осмотр для выявления противопоказаний к осуществлению данного исследования. У всех юношей осуществляли забор крови натощак путем венопункции в вакутейнеры фирмы Becton Dickinson International (США) в специализированном кабинете для гематологических и биохимических исследований. Для реализации *гематологического исследования* использовали автоматический анализатор Abacus Junior 30 Diatron (США), позволяющий определять 18 параметров системы крови. *Биохимические исследования* осуществляли с помощью коммерческих наборов (DRG Instruments GmbH, Германия) для выявления общего белка, мочевины, мочевой кислоты, креатинина, лактатдегидрогеназы, глюкозы, общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ), креатинина, креатинфосфокиназы (КФК), аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспаратаминотрансферазы (АСТ) на комбинированном автоматическом анализаторе Chem Well Combo Awareness Technology Inc. 2910 (США). Для экспресс-анализа уровня лактата в крови использовали тест-полоски фирмы BM-Lactate (Россия), с помощью которых его определяли на соответствующем портативном биохимическом анализаторе Accutrend Plus фирмы Roche Diagnostics (Германия). Полученные результаты комплексного обследования подвергали статистической обработке с использованием пакета программ Microsoft Excel и SPSS Statistics 17.0. Для описания количественных данных применяли метод вариационной статистики: вычисление средних арифметических величин

(M) и ошибки средних (m) в случаях нормального распределения. Достоверность различий между средними величинами оценивали с помощью t-критерия Стьюдента в случае нормального распределения и принимали при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Как видно из табл. 1, исследование периферической крови до осуществления физической нагрузки у юношей, занимающихся спортом, позволило выявить, что содержание гемоглобина и форменных элементов находилось ближе к максимальным значениям физиологических показателей, а у обследованных первокурсников медицинского вуза – в диапазоне физиологических величин. После физической нагрузки отмечалось достоверное повышение уровня средних значений гемоглобина у юношей-спортсменов (основная группа) сравнительно с таковыми показателями у представителей контрольной группы (табл. 1, $p = 0,020$). Средняя величина гематокрита по завершении тестируемой нагрузки незначительно увеличилась у обследуемых юношей сравнительно

с таковой в покое, но значимо не отличалась между группами. Наряду с этим наблюдалось изменение клеточного состава системы крови: количество эритроцитов у спортсменов через сутки после проведения тредмил-теста достоверно изменилось при сопоставлении с аналогичным показателем у юношей контрольной группы (см. табл. 1, $p = 0,023$).

Преобразования были также свойственны и среднему объему эритроцитов, значения которого превышали (на 8,4 %) у юношей, регулярно занимающихся спортом, и были достоверными по отношению к таковым среди обследуемых лиц контрольной группы (см. табл. 1).

Сравнительный анализ состояния показателей системы крови позволил выявить тенденцию к превышению уровня насыщения эритроцитов гемоглобином у спортсменов ($362,7 \pm 12,5$ против $328,2 \pm 11,3$ г/л в контроле, см. табл. 1, $p = 0,048$). Уровень этих показателей отображает вероятность участия аэробного механизма в энергообеспечении деятельности мышц, способствует повышению

Таблица 1
Table 1

Гематологические показатели у обследованных групп юношей до и после физической нагрузки (M ± m)
Hematological parameters of study participants before and after physical exercise (M ± m)

Показатель / Parameter	Физиологически оптимальные значения Reference values	Группа / Group		P
		I (основная) I (main) n = 58	II (контроль) II (control) n = 46	
В покое (до физической нагрузки) / At rest (before physical exercise)				
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	130–160	146,8 ± 11,9	141,6 ± 9,8	0,758
Гематокрит, % / Hematocrit, %	39–49	46,08 ± 1,20	44,19 ± 2,65	0,338
Эритроциты, 10 ¹² /л / Erythrocytes, 10 ¹² /l	4,3–5,5	5,2 ± 0,5	4,6 ± 0,4	0,577
Средний объем эритроцитов (фл) Mean corpuscular volume (fl)	80–100	88,9 ± 4,25	87,0 ± 3,8	0,746
Уровень насыщения эритроцитов гемоглобином, г/л Hemoglobin saturation, g/l	300–370	333,6 ± 31,2	320,1 ± 27,2	0,752
Лейкоциты, 10 ⁹ /л / Leukocytes, 10 ⁹ /l	4,0–9,0	6,8 ± 0,5	5,6 ± 0,4	0,074
Тромбоциты, 10 ⁹ /л / Platelets, 10 ⁹ /l	180–320	257,9 ± 22,7	239,6 ± 21,2	0,505
После физической нагрузки «до отказа» / After exercise to failure				
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	–	158,5 ± 3,2	145,7 ± 2,6	0,020
Гематокрит, % / Hematocrit, %	–	48,4 ± 3,40	45,3 ± 3,25	0,106
Эритроциты, 10 ¹² /л / Erythrocytes, 10 ¹² /l	–	5,7 ± 0,31	4,8 ± 0,22	0,023
Средний объем эритроцитов (фл) Mean corpuscular volume (fl)	–	96,8 ± 2,42	89,3 ± 1,34	0,013
Уровень насыщения эритроцитов гемоглобином, г/л Hemoglobin saturation, g/l	–	362,7 ± 12,5	328,2 ± 11,3	0,048
Лейкоциты, 10 ⁹ /л / Leukocytes, 10 ⁹ /l	–	7,2 ± 0,82	6,4 ± 0,65	0,464
Тромбоциты, 10 ⁹ /л / Platelets, 10 ⁹ /l	–	269,4 ± 23,8	258,7 ± 22,6	0,493

мощности и продолжительности выполняемой работы, то есть специфические изменения в периферическом отделе эритрона обусловлены активизацией приспособительных механизмов в организме спортсменов в ответ на действие нагрузочного теста [1, 5, 6, 11].

Результаты анализа позволили выявить, что в большей степени физическая нагрузка оказывает воздействие на содержание гемоглобина, количество, средний объём эритроцитов и уровень их насыщения гемоглобином, в меньшей степени – на трансформацию количества лейкоцитов и тромбоцитов в периферической крови. Наиболее реагирующим звеном системы крови являются эритроциты, количество которых после физической нагрузки увеличилось на 9,6 % и превысило максимально допустимый физиологический уровень, в то время как концентрация лейкоцитов и тромбоцитов не выходила за пределы границ оптимальных значений. Выраженный эритроцитоз, увеличение среднего объема эритроцитов и повышение концентрации гемоглобина в крови свидетельствуют о формировании в организме спортсменов адекватных механизмов адаптации и служат морфологическим маркером ответной реакции периферической крови на физическую нагрузку [7, 8, 10, 14, 17]. Выявленные значимые сдвиги в системе крови у спортсменов детерминированы метаболическими изменениями в организме, которые взаимосвязаны с различными видами физической нагрузки, прежде всего с её направленностью в процессе тренировочного цикла подготовки.

В последние годы в исследованиях для выявления уровня подготовки спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта, широко используют набор различных биохимических параметров. Отбор биохимических тестов обусловлен своеобразием того или иного вида спорта и выражает адаптивные реакции организма, испытывающего влияние различных по объёму, интенсивности и направленности физических нагрузок [3, 4, 8, 12, 14]. Они позволяют оценить динамику процессов метаболической адаптации спортсменов к чрезмерным тренировочным нагрузкам, что, несомненно, является важным в ходе их спортивной подготовки [13–15, 19]. Анализ биохимического тестирования способностей спортсменов переносить физические нагрузки основан на обнаружении изменений соответствующих показателей, отражающих активи-

зацию механизмов энергообеспечения мышечной системы [16, 20]. Использование биохимических маркеров позволяет получить информацию о состоянии функциональных систем организма как в условиях воздействия на него физических нагрузок, так и в период восстановления [8, 10, 12, 18]. Подобный контроль дает возможность оценить как индивидуальную переносимость нагрузок, так и предотвратить развитие чрезмерного напряжения заинтересованных систем в организме [12]. Анализ ряда показателей метаболического статуса, обусловленных специфическими изменениями в организме юношей с различным уровнем физического развития до и после физической нагрузки (тредмил-тест), представлен на табл. 2. Существенного различия в концентрации лактата у обследованных юношей обеих групп до начала тестовой нагрузки не наблюдалось.

После нее наблюдалось возрастание уровня лактата у всех юношей, причем наибольший прирост (в 6,2 раза) отмечен в основной группе, и он значимо *отличался* от такового в группе студентов-медиков (см. табл. 2, $p = 0,023$). Уровень внутриклеточного энзима лактатдегидрогеназы у юношей, не занимающихся спортом, после физической нагрузки увеличивался на 12,2 %, в то время как у спортсменов увеличивался на 67,3 % сравнительно с состоянием покоя и значимо отличался между представителями обеих групп (см. табл. 2, $p = 0,026$). Определение конечного продукта белкового метаболизма – креатинина – показало, что его содержание увеличилось после интенсивной физической нагрузки у спортсменов на 40,1 %, в то время как у нетренированных юношей – на 10,8 %, что указывало на формирование функциональной адаптации после продолжительных тренировок, сопровождающихся влиянием физических нагрузок. Анализ данных показателей свидетельствует о том, что воздействие физической нагрузки, по-видимому, влечет за собой возрастание напряжения скелетной мускулатуры, о чем свидетельствует показатель общей КФК, активность которой превышала после интенсивной мышечной нагрузки на 64,1 % таковую, свойственную лицам, незанимающимся спортом. Заслуживает внимания тот факт, что превышение в крови общей КФК у спортсменов даже в период отсутствия нагрузки можно рассматривать как своеобразную особенность энергообеспечения в условиях Севера. Опре-

деление концентрации общего белка в крови позволило выявить его незначительное повышение на 9,2 % у спортсменов и на 7,4 % – у юношей контрольной группы после завершения мышечной нагрузки (см. табл. 2). Наряду с оценкой состояния белкового обмена и его метаболитов исследовали состояние углеводно-липидного обмена. Уровень энергетического субстрата – глюкозы – в крови у спортсменов после интенсивной физической нагрузки снижался на 13,5 % по сравнению с аналогичным показателем в покое и достоверно отличался от такового у представителей контрольной группы, которым было даже свойственно его повышение (см. табл. 2, $p = 0,009$). Данные изменения свидетельствуют о том, что кратковременная максимальная нагрузка вызывала снижение концентрации глюкозы в крови у спортсменов, вероятно, вследствие интенсивного использования глюкозы тка-

нями организма, в то время как у нетренированных юношей обусловлено усиленным распадом гликогена печени. Показатели липидного обмена также претерпевали специфические изменения у обследуемых лиц, а именно: уровень общего холестерина (ОХС) и триглицеридов (ТГ) у спортсменов после интенсивной нагрузки снизился на 21,3 и 24,5 % соответственно при сопоставлении с таковыми показателями в состоянии покоя и значимо отличался от аналогичных показателей у юношей, не занимающихся спортом (см. табл. 2, $p = 0,018–0,020$). Не исключено, что подобное явление связано с усилением активности мышечной и жировой липопротеидлипазы. В контрольной группе наблюдалась совершенно противоположная картина: содержание ОХС и ТГ после стандартной нагрузки возрастало на 13,8 и 17,7 % соответственно.

Таблица 2
Table 2

Биохимические показатели метаболической адаптации у обследованных групп юношей до и после физической нагрузки ($M \pm m$)
Biochemical parameters of study participants before and after physical exercise ($M \pm m$)

Показатель / Parameter	Физиологически оптимальные значения Reference values	Группа / Group		P
		I (основная) I (main) n = 58	II (контроль) II (control) n = 46	
До физической нагрузки / Before physical exercise				
Лактат, ммоль/л / Lactate, mmol/l	0,5–2,2	1,52 ± 0,2	1,86 ± 0,7	0,535
Лактатдегидрогеназа, Ед/л Lactate dehydrogenase, IU/l	140–276	154,3 ± 7,2	175,1 ± 9,8	0,104
Креатинин, мкмоль/л Creatinine, μmol/l	62–106	95,8 ± 6,1	79,2 ± 4,8	0,042
Креатинфосфокиназа, Ед/л Creatine phosphokinase, IU/l	24–195	172,8 ± 14,9	112,3 ± 9,6	0,002
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	64–83	74,80 ± 6,58	67,5 ± 5,05	0,401
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	3,3–5,7	4,88 ± 0,38	4,94 ± 0,41	0,885
ОХС, ммоль/л Total cholesterol, mmol/l	2,5–5,3	4,95 ± 0,48	4,26 ± 0,34	0,267
ТГ, ммоль/л / TG, mmol/l	0,43–1,68	1,52 ± 0,16	1,35 ± 0,13	0,428
После физической нагрузки / After physical exercise to failure				
Лактат, ммоль/л / Lactate, mmol/l	–	9,39 ± 0,72	4,18 ± 0,57	0,007
Лактатдегидрогеназа, Ед/л Lactate dehydrogenase, IU/l	–	258,2 ± 21,6	196,5 ± 14,2	0,026
Креатинин, мкмоль/л Creatinine, μmol/l	–	134,7 ± 11,9	87,8 ± 9,6	0,004
Креатинфосфокиназа, Ед/л Creatine phosphokinase, IU/l	–	248,9 ± 18,7	139,7 ± 16,3	0,008
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	–	81,70 ± 5,92	72,51 ± 5,86	0,279
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	–	4,07 ± 0,39	5,64 ± 0,44	0,009
ОХС, ммоль/л Total cholesterol, mmol/l	–	4,08 ± 0,14	4,85 ± 0,28	0,020
ТГ, ммоль/л / TG, mmol/l	–	1,22 ± 0,09	1,59 ± 0,12	0,018

Заключение. По результатам нашего исследования следует сделать вывод о том, что у юношей-спортсменов, тренирующихся в природно-климатических условиях северного региона, наблюдаются адаптивные морфофункциональные изменения, а именно: воз-

растают кислородтранспортные возможности системы крови, происходит перестройка физиологических систем, принимающих участие в энергообеспечении организма при тестируемых нагрузках, что может способствовать повышению физической работоспособности.

Список литературы

1. Бахарева, А.С. Показатели эритроцитарного звена системы крови лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода / А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2023. – Т. 23, № 51. – С. 26–32.
2. Быков, Е.В. Построение тренировочного процесса на основе совершенствования методов контроля функционального состояния и учета генетических факторов: моногр. / Е.В. Быков, О.И. Коломиец, Н.Г. Зинурова и др.; под ред. Е.В. Быкова. – Челябинск: Урал. академия, 2018. – 130 с.
3. Головин, М.С. Физиологические и биохимические показатели, характеризующие физическую работоспособность при нагрузочном тестировании на тредбане и велоэргометре / М.С. Головин, Р.И. Айзман // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 14–21.
4. Гришина, Ж.В. Референтные интервалы биохимических показателей крови у юных спортсменов / Ж.В. Гришина, С.О. Ключников, В.С. Феценко // *Рос. вестник перинатологии и педиатрии.* – 2022. – Т. 67, № 4. – С. 60–68.
5. Добровольский, О.Б. Биохимические и гематологические критерии управления тренировочным процессом в спорте / О.Б. Добровольский, А.Ю. Сиденков, И.А. Лазарева // *Спортивная медицина: наука и практика.* – 2014. – № 4. – С. 24–31.
6. Исаева, Е.Е. Оценка компонентов кислородтранспортной системы и вклада гормонального звена в обеспечение физической выносливости у спортсменов различных видов спорта / Е.Е. Исаева, Г.С. Тупиневич, А.З. Даутова, В.Г. Шамратова // *Наука и спорт: современные тенденции.* – 2023. – Т. 11, № 3. – С. 22–29.
7. Киш, А.А. Оценка функционального состояния высококвалифицированных спортсменов с учетом основных параметров крови / А.А. Киш, Е.В. Голобородько // *Медицина. Социология. Философия. Приклад. исследования.* – 2021. – № 6. – С. 30–35.
8. Научные принципы применения биомаркеров в медико-экологических исследованиях (обзор литературы) / Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, В.П. Чащин, А.Б. Гудков // *Экология человека.* – 2019. – № 9. – С. 4–14.
9. Нехвядович, А.И. Особенности изменения показателей эритроцитарного звена гемограмы под влиянием тренировочного процесса и разовой нагрузки у спортсменов в биатлоне / А.И. Нехвядович, Н.В. Кочерина, Г.Ю. Никулина // *Современные проблемы физической культуры, спорта и молодежи: материалы V Регион. науч. конф. молодых ученых / под ред. А.Ф. Сыроватской, 2019.* – С. 270–273.
10. Раджаббадиев, Р.М. Биохимические маркеры адаптации высококвалифицированных спортсменов к различным физическим нагрузкам / Р.М. Раджаббадиев // *Наука и спорт: современ. тенденции.* – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 81–91.
11. Рутковский, А.В. Сезонная динамика эндокринной регуляции скорости обмена веществ, показателей кислородтранспортной системы крови и физической работоспособности у спортсменов Среднего Приобья, специализирующихся в циклических зимних видах спорта / А.В. Рутковский, Ан.П. Койносов, А.Е. Губина // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 41–50.
12. Рыбина, И.Л. Особенности биохимической адаптации к нагрузкам различной направленности биатлонистов высокой квалификации / И.Л. Рыбина, Е.А. Ширковец // *Вестник спортивной науки.* – 2015. – № 3. – С. 28–33.
13. Степанова, Е.М. Некоторые биохимические показатели крови высококвалифицированных спортсменов г. Магадана / Е.М. Степанова, Е.А. Луговая // *Человек. Спорт. медицина.* – 2022. – Т. 22, № 4. – С. 44–50.

14. Физиолого-биохимические механизмы обеспечения спортивной деятельности зимних циклических видов спорта / Е.Р. Бойко, Т.П. Логинова, Н.Г. Варламова и др. – Сыктывкар, 2019. – 256 с.
15. Чиркин, А.А. Зависимость биохимических маркеров здоровья от возраста и пола при занятиях спортом в пубертатном периоде / А.А. Чиркин, М.С. Алтани, Н.А. Степанова и др. // *Лаборатор. диагностика. Вост. Европа.* – 2019. – Т. 8, № 3. – С. 420–429.
16. Assessment of Changes in Physiological Markers in Different Body Fluids at Rest and after Exercise / A. Jesuthasan, A. Ali, J.K. Lee, K. Rutherford-Markwick // *Nutrients.* – 2022. – Vol. 21, No. 14. – P. 4685.
17. Blood-Based Biomarkers for Managing Workload in Athletes: Considerations and Recommendations for Evidence-Based Use of Established Biomarkers / N. Haller, M. Behringer, T. Reichel et al. // *Sports Medicine.* – 2023. – Vol. 53, No. 7. – P. 1315–1333.
18. Laboratory medicine: health evaluation in elite athletes / B. Lombardo, V. Izzo, D. Terracciano et al. // *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine.* – 2019. – Vol. 57, No. 10. – P. 1450–1473.
19. Lee, E.C. Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes / E.C. Lee, M.S. Fragala, S.A. Kavouras // *Journal of Strength and Conditioning Research.* – 2017. – Vol. 31, No. 10. – P. 2920–2937.
20. Relationship between biomarkers of muscle damage and redox status in response to a weight lifting training session: Effect of time-of-day / A. Ammar, H. Chtourou, O. Hammouda et al. // *Physiology International.* – 2016. – Vol. 103. – P. 243–261.

References

1. Bakhareva A.S., Shibkova D.Z. Indicators of the Erythrocyte Component of the Blood System of Cross-country Skiers at the Stages of the Preparatory Period. *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23, no. S1, pp. 26–32. (in Russ.)
2. Bykov E.V., Kolomiets N.G., Zinurova N.G. et al. *Postroyeniye trenirovochnogo protsessa na osnove sovershenstvovaniya metodov kontrolya funktsional'nogo sostoyaniya i ucheta geneticheskikh faktorov: monografiya* [Construction of the Training Process Based on Improving Methods of Monitoring the Functional State and Taking into Account Genetic Factors]. Chelyabinsk, Ural Academy Publ., 2018. 130 p.
3. Golovin M.S., Aizman R.I. Physiological and Biochemical Indicators Characterizing Physical Performance During Stress Testing on a Treadmill and Bicycle Ergometer. *Human. Sport. Medicine*, 2022, vol. 22, no. 1, pp. 14–21. (in Russ.)
4. Grishina Zh.V., Klyuchnikov S.O., Feshchenko V.S. [Reference Intervals of Biochemical Blood Parameters in Young Athletes]. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii* [Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics], 2022, vol. 67, no. 4, pp. 60–68. (in Russ.) DOI: 10.21508/1027-4065-2022-67-4-60-68
5. Dobrovolsky O.B., Sidenkov A.Yu., Lazareva I.A. [Biochemical and Hematological Criteria for Managing the Training Process in Sports]. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* [Sports Medicine. Science and Practice], 2014, no. 4, pp. 24–31. (in Russ.)
6. Isaeva E.E., Tupinevich G.S., Dautova A.Z., Shamratova V.G. [Assessment of the Components of the Oxygen Transport System and the Contribution of the Hormonal Link to Provision of Physical Endurance in Athletes of Various Sports]. *Nauka i sport: sovremennye tendentsii* [Science and Sport. Current Trends], 2023, vol. 11, no. 3, pp. 22–29. (in Russ.) DOI: 10.36028/2308-8826-2023-11-3-22-29
7. Kish A.A., Goloborodko E.V. [Assessment of the Functional State of Highly Qualified Athletes Taking into Account the Main Blood Parameters]. *Meditsina. Sotsiologiya. Filosofiya. Prikladnyye issledovaniya* [Medicine. Sociology. Philosophy. Applied Research], 2021, no. 6, pp. 30–35. (in Russ.)
8. Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A., Chaschin V.P., Gudkov A.B. [Scientific Principles of the Use of Biomarkers in Medical and Environmental Research (Literature Review)]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2019, no. 9, pp. 4–14. (in Russ.) DOI: 10.33396/1728-0869-2019-9-4-14
9. Nekhvyadovich A.I., Kocherina N.V., Nikulina G.Yu. [Features of Changes in the Indicators of the Erythrocyte Component of the Hemogram Under the Influence of the Training Process and One-time Load in Biathlon Athletes]. *Sovremennyye problemy fizicheskoy kul'tury, sporta i molodezhi. Materialy*

V Regional'noy nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh [Modern Problems of Physical Culture, Sports and Youth. Materials of the V Regional Scientific Conference of Young Scientists], 2019, pp. 270–273. (in Russ.)

10. Radzhabkadiy R.M. [Biochemical Markers of Adaptation of Highly Qualified Athletes to Various Physical Activities]. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsi* [Science and Sport. Current Trends], 2019, vol. 7, no. 2, pp. 81–91. (in Russ.)

11. Rutkovskiy A.V., Koynosov An.P., Gubina A.E. Seasonal Dynamics of Endocrine Regulation of Metabolic Rate, Blood Oxygen Transport System and Physical Performance of Middle Ob Region Athletes from Cyclic Winter Sports. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 3, pp. 41–50. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm200305

12. Rybina I.L., Shirkovets E.A. [Features of Biochemical Adaptation to Loads of Various Directions in Highly Qualified Biathletes]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2015, no. 3, pp. 28–33. (in Russ.)

13. Stepanova E.M., Lugovaya E.A. Some Biochemical Blood Parameters of Highly Qualified Athletes in Magadan. *Human. Sport. Medicine*, 2022, vol. 22, no. 4, pp. 44–50. (in Russ.)

14. Boyko E.R., Loginova T.P., Varlamova N.G. et al. *Fiziologo-biokhimicheskiye mekhanizmy obespecheniya sportivnoy deyatel'nosti zimnikh tsiklicheskiykh vidov sporta* [Physiological and Biochemical Mechanisms for Ensuring Sports Activities in Winter Cyclic Sports]. Syktyvkar, 2019. 256 p.

15. Chirkin A.A., Altani M.S., Stepanova N.A., Chirkina A.A. [Dependence of Biochemical Markers of Health on Age and Gender when Playing Sports in Puberty]. *Laboratornaya diagnostika. Vostochnaya Yevropa* [Laboratory Diagnostics. Eastern Europe], 2019, vol. 8, no. 3, pp. 420–429. (in Russ.)

16. Jesuthasan A., Ali A., Lee J.K., Rutherford-Markwick K. Assessment of Changes in Physiological Markers in Different Body Fluids at Rest and after Exercise. *Nutrients*, 2022, vol. 21, no. 14, p. 4685. DOI: 10.3390/nu14214685

17. Haller N., Behringer M., Reichel T. et al. Blood-Based Biomarkers for Managing Workload in Athletes: Considerations and Recommendations for Evidence-Based Use of Established Biomarkers. *Sports Medicine*, 2023, vol. 53, no. 7, pp. 1315–1333. DOI: 10.1007/s40279-023-01836-x

18. Lombardo B., Izzo V., Terracciano D. et al. Laboratory Medicine: Health Evaluation in Elite Athletes. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 2019, vol. 57, no. 10, pp. 450–473. DOI: 10.1515/ccm-2018-1107

19. Lee E.C., Fragala M.S., Kavouras S.A. Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2017, vol. 31, no. 10, pp. 2920–2937. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002122

20. Ammar A., Chtourou H., Hammouda O. et al. Relationship between Biomarkers of Muscle Damage and Redox Status in Response to a Weight Lifting Training Session: Effect of Time-of-day. *Physiology International*, 2016, vol. 103, pp. 243–261. DOI: 10.1556/036.103.2016.2.11

Информация об авторах

Корчин Владимир Иванович, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры физиологии и спортивной медицины, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск, Россия.

Федорова Елена Петровна, аспирант кафедры физиологии и спортивной медицины, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск, Россия.

Корчина Татьяна Яковлевна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры общей и факультетской хирургии, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск, Россия.

Ратиев Алексей Васильевич, аспирант кафедры физиологии и спортивной медицины, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, Ханты-Мансийск, Россия.

Information about the authors

Vladimir I. Korchin, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Physiology and Sports Medicine, Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia.

Elena P. Fedorova, Postgraduate Student, Department of Physiology and Sports Medicine, Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia.

Tatyana Ya. Korchina, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of General and Faculty Surgery, Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia.

Alexey V. Ratiev, Postgraduate Student, Department of Physiology and Sports Medicine, Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, 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 30.12.2023

The article was submitted 30.12.2023