

Особенности динамики эритроцитарных показателей в зависимости от уровня физической активности в юношеском возрасте

Саранчина Ю.В.*[†], Тюкпиеков М.Б., Матвеева Е.В.

ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», Абакан, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучение динамики эритроцитарных показателей у студентов 2-го и 3-го курса с разным уровнем физической активности.

Материалы и методы: материалом послужила венозная кровь 56 студентов: 29 девушек и 27 юношей в возрасте от 18 до 22 лет. С помощью анкетирования все обследуемые были разделены на 3 группы в зависимости от уровня физической тренированности (УФТ). Определяли следующие параметры: количество и средний объем эритроцитов, концентрацию гемоглобина, гематокрит, среднее содержание и концентрацию гемоглобина в эритроците, ширину распределения эритроцитов по объему.

Результаты: у студентов с высоким УФТ наибольшие значения показателей наблюдались по уровню гемоглобина, количеству эритроцитов и гематокриту. Со средним УФТ наибольшие значения регистрировались по показателям среднего объема эритроцитов, среднего содержания и концентрации гемоглобина в эритроците и размеров эритроцитов. На 2-м курсе преобладали высокие значения гемоглобина, количества эритроцитов и гематокрита при высоком УФТ и показателей среднего объема эритроцитов, среднего содержания гемоглобина в эритроците и ширины распределения эритроцитов по объему при среднем УФТ. На 3-м курсе у юношей наблюдалось повышение значений показателей гемоглобина, эритроцитов и гематокрита, среднего содержания гемоглобина в эритроцитах при низком УФТ и повышение среднего объема эритроцитов и ширины распределения эритроцитов по объему при среднем уровне. Статистически значимые различия были обнаружены между девушками 2-го и 3-го курса по показателю ширины распределения эритроцитов по объему при среднем УФТ.

Заключение: с повышением УФТ происходит повышение эритроцитарных показателей, что обусловлено адаптацией организма к физической нагрузке. У студентов 2-го и 3-го курса изменение эритроцитарных показателей с разным уровнем физической активности носили разнонаправленный характер. Динамика эритроцитарных показателей зависит от уровня физической нагрузки, пола и курса обучения.

Ключевые слова: эритроциты, гемоглобин, эритропоэз, физическая активность, юноши, девушки

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Саранчина Ю.В., Тюкпиеков М.Б., Матвеева Е.В. Особенности динамики эритроцитарных показателей в зависимости от уровня физической активности в юношеском возрасте. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2022;12(4):67–76. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.4.5>

Поступила в редакцию: 17.01.2022

Принята к публикации: 13.10.2022

Online first: 25.12.2022

Опубликована: 01.02.2023

*Автор, ответственный за переписку

Features of the dynamics of erythrocyte parameters depending on the level of physical activity in adolescence

Yuliya V. Saranchina^{*}, Mihail B. Tyukpiekov, Elizaveta V. Matveeva

Katanov Khakass State University, Abakan, Russia

ABSTRACT

The object of the study: to study the dynamics of erythrocyte parameters in 2nd and 3rd year students with different levels of physical activity.

Materials and methods: the venous blood of 56 students served as the material: 29 girls and 27 boys aged 18 to 22 years. With the help of a questionnaire, all the subjects were divided into 3 groups depending on the level of physical fitness (LPF). The red blood cells (RBC) and mean corpuscular volume (MCV), the concentration of hemoglobin (HGB), hematocrit (HCT), the mean cell hemoglobin (MCH), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), the red cell distribution of width (RDW) were determined.

Results: the highest values of indicators HGB, RBC and HCT were observed in students with high LPF. The highest values were recorded of the MCV, MCH, MCHC and RDW With an average LPF. High values of HGB, RBC and HCT with high LPF and indicators of the MCV, MCHC and RDW with average LPF prevailed in the 2nd year. Young men had an increase in the values of HGB, RBC, HCT, MCH with low LPF and an increase in MCV and RDW at an average level in the 3rd year. Statistically significant differences were found between the 2nd and 3rd year girls in terms of RDW with an average LPF.

Conclusion: with an increase in LPF, there is an increase in erythrocyte parameters. The dynamics of erythrocyte parameters depends on the level of physical activity, gender and the course of study.

Keywords: red blood cells, hemoglobin, erythropoiesis, physical activity, boys, girls

Conflict of interest: the authors declare that there is no conflict of interest.

For citation: Saranchina Yu.V., Tyukpiekov M.B., Matveeva E.V. Features of the dynamics of erythrocyte parameters depending on the level of physical activity in adolescence. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2022;12(4):67–76. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2022.4.5>

Received: 17 January 2022

Accepted: 13 October 2022

Online first: 25 December 2022

Published: 1 February 2023

*Corresponding author

1. Введение

Студенты представляют собой категорию населения, находящуюся в группе риска по развитию различных заболеваний [1–3]. Так как при обучении в вузе перед ними стоит непростая задача — адаптация к изменившимся условиям жизни в связи с появлением повышенных умственных и психоэмоциональных нагрузок. Кроме того, в условиях неблагоприятной эпидемиологической обстановки, которая привела к появлению возможности дистанционного обучения, уровень малоподвижного образа жизни увеличился. Однако заболеваемость развивается не у всех студентов, а в основном у тех, которые пренебрегает принципами здорового образа жизни [4]. В ходе напряженной учебной деятельности происходит ослабление защитных сил организма студентов [5].

Известно, что одним из принципов успешной работоспособности человека является чередование умственной и физической активности. А систематическая умеренная физическая нагрузка способствует улучшению работы всего организма и повышению его резистентности. Для адаптации к воздействию любого стрессового фактора в организме происходит активация защитно-компенсаторных процессов, которые проявляются как на клеточном, органном, так и на системном уровнях. Прежде всего в основе формирования адаптивных механизмов организма задействованы нервная, эндокринная и сердечно-сосудистая системы. Особое место в реализации адаптивных механизмов к физической нагрузке отводится системе эритроцитов [6–8], так как именно эритроциты обеспечивают транспорт кислорода и питательных веществ работающим мышцам, а также отток продуктов обмена из них [9–11]. С одной стороны, интенсивные физические нагрузки могут привести к изменению реологических свойств крови и дальнейшему развитию нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы. С другой стороны, умеренные систематические физические нагрузки, наоборот, способствуют повышению резистентности системы эритроцитов к окислительному стрессу и соответственно организма в целом [11, 12].

Особый интерес для изучения представляют эритроцитарные индексы у студентов, у которых вследствие систематических умственных и психоэмоциональных нагрузок организм испытывает напряжение компенсаторно-приспособительных процессов, протекающее на фоне снижения физической нагрузки. В связи с чем целью данного исследования является изучение динамики эритроцитарных показателей у студентов 2-го и 3-го курса специальности «лечебное дело» с разным уровнем физической активности.

2. Материалы и методы исследования

Материалом для исследования послужила венозная кровь, взятая однократно у студентов 2-го и 3-го курса специальности «лечебное дело». Всего было обследовано 56 человек: 29 девушек и 27 юношей. Из них 27 человек 2-го курса (медиана возраста составила 19,0 года) и 29 человек 3-го курса (медиана возраста составила 20,0 года). Все обследуемые дали согласие на проведение исследования и подписали информированное согласие. Для формирования групп были разработаны следующие критерии: согласие принять участие в исследовании; отсутствие заболеваний системы крови (анемия); отсутствие спортивного разряда; отсутствие сердечно-сосудистых заболеваний; возраст от 18 до 22 лет; отсутствие вредных привычек (курение, употребление алкоголя более 5 мг/мл в сутки). Критериями исключения были следующие: отсутствие желания участвовать в исследовании; наличие заболеваний системы крови; наличие спортивного разряда; наличие сердечно-сосудистых заболеваний; наличие вредных привычек; возраст, не соответствующий диапазону от 18 до 22 лет.

Оценку уровня физической активности проводили методом анкетирования с помощью самостоятельно разработанной анкеты. Анкета включала вопросы, направленные на выявление двигательной активности респондента. Интерпретацию результатов анкетирования проводили по следующей шкале: 18–15 баллов — высокий уровень физической активности (систематические

занятия спортом в секциях или тренажерных залах), 14–8 баллов — средний уровень (активный образ жизни, но без систематических занятий спортом), 7–0 баллов — низкий уровень (малоподвижный образ жизни, гиподинамия). По количеству баллов, набранных в результате анкетирования, респонденты были разделены на 3 соответствующие группы по уровню физической активности.

Забор крови проводили по общепринятой методике в объеме 5 мл в вакутейнер с этилендиаминтетрауксусной кислотой [13]. Подсчет эритроцитарных показателей осуществляли с помощью автоматического гематологического анализатора MindrayBC-3200 (Китай). Непосредственно перед проведением анализа пробирки с кровью переворачивали для равномерного распределения форменных элементов. При помощи гематологического анализатора были определены следующие эритроцитарные показатели: количество эритроцитов (RBC-Red Blood Cells, $\times 10^{12}/л$); концентрация гемоглобина, (HGB — Hemoglobin, г/л); гематокрит (HCT — Hematocrit, %); средний объем эритроцитов (MCV — Mean Cell Volume, fL); среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH — Mean Cell Hemoglobin, pg); средняя концентрация гемоглобина в эритроците (MCHC — Mean Cell Hemoglobin Concentration, g/L); ширина распределения эритроцитов по объему (RDW-CV — Red Cell Distribution Width, %).

Обработку результатов проводили с помощью пакетов программ Statistica 8.0 и Microsoft Excel. Нормальность распределения проверяли с помощью критерия Колмогорова — Смирнова. Результаты представлены в виде медианы и квартилей [Me (Q1; Q3)]. Для определения уровня статистической значимости различий между группами использовали непараметрические критерии: Манна — Уитни для сравнения двух независимых выборок и критерий Краскела — Уоллиса для сравнения трех и более независимых выборок. Критерий χ^2 Пирсона использовали для сравнения частот. Для расчета коэффициента корреляции использовали непараметрический критерий Кендалла для сравнения качественных и количественных показателей. Статистически значимыми считали различия с уровнем статистической значимости $p \leq 0,05$.

3. Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки эритроцитарных показателей было необходимо распределить студентов по уровню физической тренированности. Благодаря анкетированию обследуемых студентов удалось разделить на 3 группы с высокой, средней и низкой физической активностью. Оказалось, что на втором курсе у студентов не выявлены половые различия в уровнях физической активности. В обеих группах доминировал средний уровень (53,85 и 57,14%) (табл. 1).

Таблица 1

Результаты распределения обследуемых студентов на группы в зависимости от уровня физической активности

Table 1

The results of the distribution of the surveyed students into groups depending on the level of physical activity

Группы обследуемых студентов		Уровень физической активности	Количество обследуемых студентов, абс. (%)
Курс	Пол		
2-й	юноши (n = 13)	высокий	4 (30,77)
		средний	7 (53,85)
		низкий	2 (15,38)
	девушки (n = 14)	высокий	4 (28,57)
		средний	8 (57,14)
		низкий	2 (14,29)
3-й	юноши (n = 14)	высокий	1 (25,00)
		средний	1 (25,00)
		низкий	2 (50,00)
	девушки (n = 15)	высокий	8 (53,33)
		средний	2 (13,33)
		низкий	5 (33,33)
Уровень статистической значимости (p)		p1	0,985
		p2	0,593
		p3	0,045
		p4	0,344

Примечание: p — уровень статистической значимости различий, рассчитанный по критерию χ^2 Пирсона, p1 — между юношами и девушками 2-го курса; p2 — между юношами и девушками 3-го курса; p3 — между девушками 2-го и 3-го курса; p4 — между юношами 2-го и 3-го курса. Жирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

Note: p — is the level of statistical significance of differences calculated by Pearson's chi-squared criterion, p1 — is between boys and girls of the 2nd year; p2 — is between boys and girls of the 3rd year; p3 — is between girls of the 2nd and 3rd year; p4 — is between boys of the 2nd and 3rd year. Statistically significant differences are highlighted in bold.

В группе юношей 3-го курса чаще встречался низкий, а у девушек — высокий уровень физической подготовки (табл. 1). Также установлено, что на 2-м курсе чаще встречались девушки со средним уровнем тренированности, а на 3-м курсе — с высоким ($p_3 = 0,045$).

Анализ результатов определения эритроцитарных показателей в зависимости от уровня физической нагрузки показал, что статистически значимых различий нет (табл. 2).

Однако выявлена тенденция к изменению показателей, которая заключается в следующем. Установлено,

что при высоком уровне физической тренированности наибольшие значения показателей наблюдались по уровню гемоглобина, количеству эритроцитов и гематокриту. У обследуемых со средним уровнем физической подготовки наибольшие значения регистрировались по показателям среднего объема эритроцитов, среднего содержания гемоглобина в эритроците, средней концентрации гемоглобина в эритроците и размеров эритроцитов (табл. 2). Подобные результаты были получены в других исследованиях [14]. При этом данные закономерности были выражены у студентов на 2-м

Таблица 2

Результаты определения эритроцитарных показателей в зависимости от уровня физической активности

Table 2

Results of determination of erythrocyte parameters depending on the level of physical activity

Группы обследованных студентов		Уровень физической активности	Эритроцитарные показатели						
Курс	Пол		HGB, г/л	RBC, $\times 10^{12}/л$	HCT, %	MCV, фл	MCH, pg	MCHC, g/L	RDW-CV, %
2-й	юноши (n = 13)	высокий	172,0 (172,0; 172,0)	5,4 (5,4; 5,4)	49,3 (49,3; 49,3)	91,5 (91,5; 91,5)	31,9 (31,9; 31,9)	348,0 (348,0; 348,0)	11,5 (11,5; 11,5)
		средний	149,0 (149,0; 149,0)	4,4 (4,4; 4,4)	43,3 (43,3; 43,3)	98,9 (98,9; 98,9)	34,0 (34,0; 34,0)	344,0 (344,0; 344,0)	12,8 (12,8; 12,8)
		низкий	149,5 (149,0; 150,0)	4,7 (4,7; 4,7)	41,9 (41,0; 42,8)	88,3 (87,0; 89,5)	31,1 (31,0; 31,1)	349,0 (348,0; 350,0)	12,1 (12,0; 12,1)
	p_1		0,924	0,949	0,865	0,702	0,627	0,459	0,884
	девушки (n = 14)	высокий	141,0 (125,5; 147,0)	4,6 (4,3; 4,7)	41,5 (39,1; 43,1)	88,9 (78,2; 91,1)	30,9 (29,5; 32,3)	341,5 (332,5; 349,5)	12,2 (11,6; 12,8)
		средний	137,5 (130,0; 145,0)	4,2 (3,9; 4,4)	38,9 (38,1; 39,7)	93,5 (90,7; 96,3)	33,0 (32,8; 33,1)	353,0 (341,0; 365,0)	13,4 (13,2; 13,5)
		низкий	131,0 (126,0; 133,0)	4,4 (4,4; 4,5)	37,7 (37,2; 38,5)	87,7 (84,9; 92,0)	30,2 (29,4; 31,6)	345,0 (344,0; 347,0)	12,0 (11,9; 12,2)
p_2		0,311	0,960	0,741	0,978	0,508	0,323	0,720	
3-й	юноши (n = 14)	высокий	154,5 (147,0; 164,0)	4,6 (4,4; 4,9)	42,6 (39,4; 45,6)	89,9 (88,9; 93,6)	33,1 (31,5; 35,3)	367,5 (351,5; 380,0)	12,4 (12,0; 13,0)
		средний	155,0 (153,0; 159,0)	4,8 (4,7; 5,0)	44,4 (41,2; 45,0)	92,0 (90,2; 94,0)	32,0 (31,2; 33,5)	355,0 (346,0; 362,0)	12,3 (11,9; 13,2)
		низкий	162,5 (144,0; 181,0)	4,8 (4,4; 5,3)	44,1 (39,9; 48,2)	91,3 (90,8; 91,8)	33,6 (33,1; 34,0)	367,5 (360,0; 375,0)	12,3 (11,7; 12,9)
	p_3		0,325	0,259	0,259	0,259	0,259	0,325	0,259
	девушки (n = 15)	высокий	143,5 (140,0; 151,5)	4,5 (4,4; 4,7)	40,1 (38,4; 41,6)	88,6 (85,3; 91,2)	31,9 (31,4; 32,7)	364,0 (357,5; 371,0)	12,1 (11,5; 12,4)
		средний	137,5 (133,5; 144,5)	4,5 (4,2; 4,7)	39,1 (38,5; 40,0)	88,6 (86,0; 90,7)	31,4 (30,3; 32,2)	354,0 (346,0; 361,0)	12,2 (11,9; 12,5)
		низкий	145,0 (136,0; 154,0)	4,5 (4,4; 4,5)	39,7 (39,0; 40,4)	89,0 (88,6; 89,4)	32,4 (30,8; 33,9)	364,5 (348,0; 381,0)	11,9 (11,7; 12,1)
p_4		0,498	0,365	0,202	0,357	0,305	0,516	0,126	

Примечание: p — уровень статистической значимости различий, рассчитанный по критерию Краскела — Уоллиса, RBC — количество эритроцитов, HGB — концентрация гемоглобина, HCT — гематокрит, MCV — средний объем эритроцитов, MCH — среднее содержание гемоглобина в эритроците, MCHC — средняя концентрация гемоглобина в эритроците, RDW-CV — ширина распределения эритроцитов по объему.

Note: p — is the level of statistical significance of differences calculated according to the Kraskel — Wallis criterion, RBC — is the number of red blood cells, HGB — is the concentration of hemoglobin, HCT — is hematocrit, MCV — is the average volume of red blood cells, MCH — is the average hemoglobin content in the erythrocyte, MCHC — is the average concentration of hemoglobin in the erythrocyte, RDW-CV — is the width of the distribution of red blood cells by volume.

курсе. Полученные результаты подтверждают факт, что при высоком уровне тренированности происходит увеличение объема циркулирующей крови (за счет высоких уровней альдостерона [15, 16] и вазопрессина [17], включающихся в работу при усиленном потоотделении и повышении осмотического давления плазмы при физической нагрузке) [8], а также усиление эритропоэза,

проявляющегося в увеличении количества эритроцитов и гемоглобина в результате повышенной потребности мышц в кислороде [14, 18]. То есть при интенсивной физической нагрузке динамика эритроцитарных показателей проявляется на системном уровне. Однако повышенное количество эритроцитов может привести к повышению вязкости крови и, следовательно, нагрузке

Таблица 3

Результаты определения эритроцитарных показателей в зависимости от уровня физической активности между 2-ми и 3-ми курсами

Table 3

Results of determination of erythrocyte parameters depending on the level of physical activity between the 2nd and 3rd courses

группы обследованных студентов		Уровень физ. активности	Эритроцитарные показатели						
Пол	Курс		HGB, г/л	RBC, $\times 10^{12}/л$	HCT, %	MCV, fL	MCH, pg	MCHC, g/L	RDW-CV, %
юноши	2-й (n = 13)	высокий	172,0 (172,0; 172,0)	5,4 (5,4; 5,4)	49,3 (49,3; 49,3)	91,5 (91,5; 91,5)	31,9 (31,9; 31,9)	348,0 (348,0; 348,0)	11,5 (11,5; 11,5)
		средний	149,0 (149,0; 149,0)	4,4 (4,4; 4,4)	43,3 (43,3; 43,3)	98,9 (98,9; 98,9)	34,0 (34,0; 34,0)	344,0 (344,0; 344,0)	12,8 (12,8; 12,8)
		низкий	149,5 (149,0; 150,0)	4,7 (4,7; 4,7)	41,9 (41,0; 42,8)	88,3 (87,0; 89,5)	31,1 (31,0; 31,1)	349,0 (348,0; 350,0)	12,1 (12,0; 12,1)
	3-й (n = 14)	высокий	154,5 (147,0; 164,0)	4,6 (4,4; 4,9)	42,6 (39,4; 45,6)	89,9 (88,9; 93,6)	33,1 (31,5; 35,3)	367,5 (351,5; 380,0)	12,4 (12,0; 13,0)
		средний	155,0 (153,0; 159,0)	4,8 (4,7; 5,0)	44,4 (41,2; 45,0)	92,0 (90,2; 94,0)	32,0 (31,2; 33,5)	355,0 (346,0; 362,0)	12,3 (11,9; 13,2)
		низкий	162,5 (144,0; 181,0)	4,8 (4,4; 5,3)	44,1 (39,9; 48,2)	91,3 (90,8; 91,8)	33,6 (33,1; 34,0)	367,5 (360,0; 375,0)	12,3 (11,7; 12,9)
<i>p3</i>			1,000	1,000	1,000	0,333	0,333	0,333	1,000
девушки	2-й (n = 14)	высокий	141,0 (125,5; 147,0)	4,6 (4,3; 4,7)	41,5 (39,1; 43,1)	88,9 (78,2; 91,1)	30,9 (29,5; 32,3)	341,5 (332,5; 349,5)	12,2 (11,6; 12,8)
		средний	137,5 (130,0; 145,0)	4,2 (3,9; 4,4)	38,9 (38,1; 39,7)	93,5 (90,7; 96,3)	33,0 (32,8; 33,1)	353,0 (341,0; 365,0)	13,4 (13,2; 13,5)
		низкий	131,0 (126,0; 133,0)	4,4 (4,4; 4,5)	37,7 (37,2; 38,5)	87,7 (84,9; 92,0)	30,2 (29,4; 31,6)	345,0 (344,0; 347,0)	12,0 (11,9; 12,2)
	3-й (n = 15)	высокий	143,5 (140,0; 151,5)	4,5 (4,4; 4,7)	40,1 (38,4; 41,6)	88,6 (85,3; 91,2)	31,9 (31,4; 32,7)	364,0 (357,5; 371,0)	12,1 (11,5; 12,4)
		средний	137,5 (133,5; 144,5)	4,5 (4,2; 4,7)	39,1 (38,5; 40,0)	88,6 (86,0; 90,7)	31,4 (30,3; 32,2)	354,0 (346,0; 361,0)	12,2 (11,9; 12,5)
		низкий	145,0 (136,0; 154,0)	4,5 (4,4; 4,5)	39,7 (39,0; 40,4)	89,0 (88,6; 89,4)	32,4 (30,8; 33,9)	364,5 (348,0; 381,0)	11,9 (11,7; 12,1)
<i>p4</i>			0,461	0,933	0,461	0,933	0,283	0,008	0,808
<i>p5</i>			0,889	0,267	0,889	0,178	0,044	0,889	0,044
<i>p6</i>			0,190	0,571	0,190	0,857	0,381	0,190	0,857

Примечание: *p* — уровень статистической значимости различий, рассчитанный по критерию Манна — Уитни: *p3* — между юношами 2-го и 3-го курса с низким уровнем физической активности; *p4* — между девушками 2-го и 3-го курса с высоким уровнем физической активности; *p5* — между девушками 2-го и 3-го курса со средним уровнем физической активности; *p6* — между девушками 2-го и 3-го курса с низким уровнем физической активности RBC — количество эритроцитов, HGB — концентрация гемоглобина, HCT — гематокрит, MCV — средний объем эритроцитов, MCH — среднее содержание гемоглобина в эритроците, MCHC — средняя концентрация гемоглобина в эритроците, RDW — ширина распределения эритроцитов по объему. Жирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

Note: *p* — is the level of statistical significance of differences calculated according to the Mann — Whitney criterion: *p3* — between 2nd and 3rd year boys with a low level of physical activity; *p4* — between 2nd and 3rd year girls with a high level of physical activity; *p5* — between 2nd and 3rd year girls with an average level of physical activity; *p6* — between 2nd and 3rd year girls with a low level of physical activity, RBC — the number of red blood cells, HGB — the concentration of hemoglobin, HCT — hematocrit, MCV — the average volume of red blood cells, MCH — the average hemoglobin content in the erythrocyte, MCHC — the average concentration of hemoglobin in the erythrocyte, RDW — the width of the distribution of red blood cells by volume. Statistically significant differences are highlighted in bold.

на сердечно-сосудистую систему. Но этого не происходит в силу снижения гематокрита при разбавлении крови увеличившимся объемом [11, 12, 19].

При средней физической нагрузке также идет усиление процессов образования эритроцитов, что находит отражение в повышении показателей объема эритроцитов, степени насыщения ими гемоглобина и появлении большого количества эритроцитов с разным размером (микроцитов и макроцитов). Повышение объема эритроцитов отражает изменение функционального состояния мембраны, что, вероятно, связано с усилением их функциональных свойств [14]. То есть при среднем уровне физической активности происходят изменения на клеточном уровне, которые можно обнаружить только по эритроцитарным индексам. Таким образом, можно предположить, что средний уровень физических нагрузок более благоприятно сказывается на формировании защитно-адаптивных реакций организма.

Также отмечено, что при низком уровне физической активности наибольшие значения показателей наблюдались у уровня гемоглобина, среднего содержания гемоглобина в эритроците, средней концентрации гемоглобина в эритроците и размеров эритроцитов. Данная закономерность была характерна для студентов 3-го курса. Возможно, для адекватного обеспечения функционирования организма наблюдается повышение насыщения гемоглобином эритроцитов, а не увеличение их количества, что и проявляется на системном уровне.

Далее было проведено сравнение эритроцитарных показателей между двумя курсами в зависимости от уровня физической активности (табл. 3).

Было установлено, что между эритроцитарными показателями у юношей на 2-м и 3-м курсе статистически значимых различий нет, но есть тенденции. На 2-м курсе преобладают высокие значения таких показателей, как содержание гемоглобина, количество эритроцитов и гематокрита при высоком уровне физической активности и показателей среднего объема эритроцитов, среднего содержания гемоглобина в эритроците и ширины распределения эритроцитов по объему при среднем уровне физической активности. На 3-м курсе у юношей наблюдается повышение значений показателей гемоглобина, эритроцитов и гематокрита, среднего содержания гемоглобина в эритроцитах при низком уровне физической тренированности и повышение среднего объема эритроцитов и ширины распределения эритроцитов по объему при среднем уровне (табл. 3). Вероятно, это может быть обусловлено тем, что на втором курсе с высоким уровнем тренированности происходит продуктивный тип эритропоэза, а в случае с юношами 3-го курса повышение эритроцитарных индексов при низком уровне физической тренированности может быть связано с перераспределительной гемоконцентрацией, вызванной индивидуальными особенностями организма.

У девушек на 2-м курсе, так же как и у юношей 2-го курса, наибольшие значения достигали такие

показатели, как содержание гемоглобина, эритроцитов и гематокрита при высоком уровне физической активности. У девушек со средним уровнем физической активности доминировали значения показателей среднего объема эритроцитов, среднего содержания и концентрации гемоглобина в эритроците и ширины распределения эритроцитов по объему. У девушек 3-го курса при высокой тренированности доминировали уровень гематокрита и среднего объема эритроцитов, при средней — ширина распределения эритроцитов по объему, при низкой — гемоглобин, среднее содержание и концентрация гемоглобина в эритроците. Статистически значимые различия были обнаружены между девушками 2-го и 3-го курса по показателю ширины распределения эритроцитов по объему при среднем уровне физической активности ($p = 0,044$) (табл. 3). То есть по повышению данного показателя можно говорить о более выраженном анизоцитозе эритроцитов в данной группе (сдвигу эритроцитов по размеру в сторону появления микро- и макроформ). Этот факт свидетельствует об интенсивных процессах эритропоэза при физической нагрузке у девушек 2-го курса, которое также отражается в повышенных показателях среднего объема эритроцитов, среднего содержания и концентрации гемоглобина в эритроцитах.

В результате анализа данных по определению эритроцитарных индексов у обследуемых с разным уровнем физической активности было установлено, что наиболее выраженные половые различия наблюдались у студентов 2-го курса, а именно со средним уровнем физической активности (табл. 4).

У юношей по сравнению с девушками статистически значимо выше были такие показатели, как уровень гемоглобина, количество эритроцитов, гематокрит и средний объем эритроцитов. Половые различия объясняются стимулирующим влиянием тестостерона на эритропоэз [20]. Поэтому в целом и на 2-м и 3-м курсах эритроцитарные индексы выше у юношей, чем у девушек. Данная закономерность наиболее выражена при среднем уровне физической тренированности.

На следующем этапе работы был проведен корреляционный анализ для выявления связи между эритроцитарными показателями, физической активностью, полом и курсом. Результаты представлены в таблице 5.

По нашим данным статистически значимой зависимости между уровнем физической активности и эритроцитарными показателями установлено не было. Однако согласно литературным данным [8, 15, 16], при повышении физической активности происходит рост эритроцитарных показателей, что связано с возросшей потребностью мышц в активной работе и повышении активности метаболических процессов. Оказалось, что год обучения влияет на эритроцитарные показатели крови. Так, статистически значимые обратные связи были установлены для таких показателей, как уровень гемоглобина и средняя концентрация гемоглобина в эритроците.

Таблица 4

Результаты определения эритроцитарных показателей в зависимости от уровня физической активности между юношами и девушками

Table 4

Results of determination of erythrocyte indices depending on the level of physical activity between boys and girls

Группы обследованных студентов		Уровень физ. активности	Эритроцитарные показатели						
Курс	Пол		HGB, г/л	RBC, $\times 10^{12}/л$	HCT, %	MCV, fL	MCH, pg	MCHC, g/L	RDW-CV, %
2-й	юноши (n = 13)	высокий	172,0 (172,0; 172,0)	5,4 (5,4; 5,4)	49,3 (49,3; 49,3)	91,5 (91,5; 91,5)	31,9 (31,9; 31,9)	348,0 (348,0; 348,0)	11,5 (11,5; 11,5)
		средний	149,0 (149,0; 149,0)	4,4 (4,4; 4,4)	43,3 (43,3; 43,3)	98,9 (98,9; 98,9)	34,0 (34,0; 34,0)	344,0 (344,0; 344,0)	12,8 (12,8; 12,8)
		низкий	149,5 (149,0; 150,0)	4,7 (4,7; 4,7)	41,9 (41,0; 42,8)	88,3 (87,0; 89,5)	31,1 (31,0; 31,1)	349,0 (348,0; 350,0)	12,1 (12,0; 12,1)
	девушки (n = 14)	высокий	141,0 (125,5; 147,0)	4,6 (4,3; 4,7)	41,5 (39,1; 43,1)	88,9 (78,2; 91,1)	30,9 (29,5; 32,3)	341,5 (332,5; 349,5)	12,2 (11,6; 12,8)
		средний	137,5 (130,0; 145,0)	4,2 (3,9; 4,4)	38,9 (38,1; 39,7)	93,5 (90,7; 96,3)	33,0 (32,8; 33,1)	353,0 (341,0; 365,0)	13,4 (13,2; 13,5)
		низкий	131,0 (126,0; 133,0)	4,4 (4,4; 4,5)	37,7 (37,2; 38,5)	87,7 (84,9; 92,0)	30,2 (29,4; 31,6)	345,0 (344,0; 347,0)	12,0 (11,9; 12,2)
<i>p</i> 1		0,343	0,343	0,686	0,686	0,686	1,000	0,343	
<i>p</i> 2		0,001	0,029	0,004	0,040	0,152	0,955	0,536	
<i>p</i> 3		0,667	1,000	0,667	0,333	0,667	1,000	0,667	
3	Юноши (n = 14)	высокий	154,5 (147,0; 164,0)	4,6 (4,4; 4,9)	42,6 (39,4; 45,6)	89,9 (88,9; 93,6)	33,1 (31,5; 35,3)	367,5 (351,5; 380,0)	12,4 (12,0; 13,0)
		средний	155,0 (153,0; 159,0)	4,8 (4,7; 5,0)	44,4 (41,2; 45,0)	92,0 (90,2; 94,0)	32,0 (31,2; 33,5)	355,0 (346,0; 362,0)	12,3 (11,9; 13,2)
		низкий	162,5 (144,0; 181,0)	4,8 (4,4; 5,3)	44,1 (39,9; 48,2)	91,3 (90,8; 91,8)	33,6 (33,1; 34,0)	367,5 (360,0; 375,0)	12,3 (11,7; 12,9)
	Девушки (n = 15)	высокий	143,5 (140,0; 151,5)	4,5 (4,4; 4,7)	40,1 (38,4; 41,6)	88,6 (85,3; 91,2)	31,9 (31,4; 32,7)	364,0 (357,5; 371,0)	12,1 (11,5; 12,4)
		средний	137,5 (133,5; 144,5)	4,5 (4,2; 4,7)	39,1 (38,5; 40,0)	88,6 (86,0; 90,7)	31,4 (30,3; 32,2)	354,0 (346,0; 361,0)	12,2 (11,9; 12,5)
		низкий	145,0 (136,0; 154,0)	4,5 (4,4; 4,5)	39,7 (39,0; 40,4)	89,0 (88,6; 89,4)	32,4 (30,8; 33,9)	364,5 (348,0; 381,0)	11,9 (11,7; 12,1)
<i>p</i> 6		0,095	0,381	0,095	1,000	0,857	0,381	0,857	

Примечание: *p* — уровень статистической значимости различий, рассчитанный по критерию Манна — Уитни: *p*1 — между юношами и девушками 2-го курса с высоким уровнем физической активности; *p*2 — между юношами и девушками 2 курса со средним уровнем физической активности; *p*3 — между юношами и девушками 2 курса с низким уровнем физической активности; *p*6 — между юношами и девушками 3-го курса с низким уровнем физической активности, RBC — количество эритроцитов, HGB — концентрация гемоглобина, HCT — гематокрит, MCV — средний объем эритроцитов, MCH — среднее содержание гемоглобина в эритроците, MCHC — средняя концентрация гемоглобина в эритроците, RDW — ширина распределения эритроцитов по объему. Жирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

Note: *p* — is the level of statistical significance of differences calculated according to the Mann — Whitney criterion: *p*1 — between 2nd year boys and girls with a high level of physical activity; *p*2 — between 2nd year boys and girls with an average level of physical activity; *p*3 — between 2nd year boys and girls with a low level of physical activity; *p*6 — between boys and girls of the 3rd year with a low level of physical activity, RBC — the number of red blood cells, HGB — the concentration of hemoglobin, HCT — hematocrit, MCV — the average volume of red blood cells, MCH — the average hemoglobin content in the erythrocyte, MCHC — the average concentration of hemoglobin in the erythrocyte, RDW — the width of the distribution of red blood cells by volume. Statistically significant differences are highlighted in bold.

Следовательно, при увеличении года обучения происходит снижение эритроцитарных показателей. Данный факт, вероятно, обусловлен снижением физической активности студентов на старших курсах в связи с повышенной учебной нагрузкой и проведением большого количества времени в сидячем положении. Доказано, что адаптация организма к гиподинамии происходит

через торможение эритропоэза [14, 21] и, как следствие, сопровождается микрореологическими дисфункциями, способствующими формированию гипоксии в тканях, что ухудшает течение анаболических процессов во всем организме и ослабляет его общую жизнеспособность [21]. Также была выявлена взаимосвязь между эритроцитарными показателями и полом. Данные результаты

Таблица 5

Результаты определения коэффициента корреляции между эритроцитарными показателями и физической активности

Table 5

Results of determining the correlation coefficient between erythrocyte parameters and physical activity

Показатели		HGB, г/л	RBC × 10 ¹²	HCT, %	MCV, fL	MCH, pg	MCHC, g/L	RDW-CV, %
Физическая активность	<i>r</i>	0,094	0,05	0,154	-0,061	0,031	-0,038	0,04
	<i>p</i>	0,356	0,623	0,131	0,552	0,761	0,707	0,696
Курс	<i>r</i>	-0,304	-0,150	-0,087	-0,070	-0,185	-0,446	0,004
	<i>p</i>	0,003	0,143	0,340	0,490	0,069	0,001	0,967
Пол	<i>r</i>	0,550	0,387	0,324	0,304	0,265	0,182	0,089
	<i>p</i>	0,001	0,001	0,001	0,003	0,009	0,073	0,384

Примечание: *r* — коэффициент корреляции, *p* — статистическая значимость по критерию Кендалла, RBC — количество эритроцитов, HGB — концентрация гемоглобина, HCT — гематокрит, MCV — средний объем эритроцитов, MCH — среднее содержание гемоглобина в эритроците, MCHC — средняя концентрация гемоглобина в эритроците, RDW — ширина распределения эритроцитов по объему. Жирным шрифтом выделены статистически значимые различия.

Note: *r* — is the correlation coefficient, *p* — is the statistical significance according to the Kendall criterion, RBC is the number of red blood cells, HGB is the concentration of hemoglobin, HCT is the hematocrit, MCV is the average volume of red blood cells, MCH is the average hemoglobin content in the erythrocyte, MCHC is the average concentration of hemoglobin in the erythrocyte, RDW is the width of the distribution of red blood cells by volume. Statistically significant differences are highlighted in bold.

подтверждаются многочисленными исследованиями и обусловлены гормональными особенностями организмов разного пола [20].

4. Заключение

Таким образом, проведенное исследование показало, что эритроцитарные показатели — это динамическая система организма, которая реагирует на любые функциональные изменения и может служить не только показателем адаптации к адекватным факторам внешней и внутренней среды, но и патологических состояний. Кроме физической нагрузки на эритроцитарные показатели также оказывают влияние курс обучения и пол.

Вклад авторов:

Саранчина Юлия Владимировна — концепция и дизайн исследования, интерпретация данных, написание текста статьи, критический пересмотр в части значимого интеллектуального содержания.

Тюкпиеков Михаил Борисович — сбор, анализ и интерпретация данных, написание текста.

Матвеева Елизавета Викторовна — сбор, анализ и интерпретация данных.

Выявлено, что при высоком уровне тренированности происходит формирование механизмов долговременной адаптации к физической нагрузке, которое проявляется в повышении эритроцитарных индексов. Согласно полученным результатам, у студентов 2-го курса механизмы адаптации к физической нагрузке идут эффективно. А у студентов 3-го курса в связи с малоподвижным образом жизни показатели эритроцитарного гомеостаза не меняются или меняются под действием других причин, не связанных с физической активностью. Поэтому для студентов старших курсов с целью профилактики патологических состояний рекомендуется умеренная физическая активность.

Authors' contribution:

Yuliya V. Saranchina — the concept and design of the study, interpretation of data, writing the text of the article, critical revision in terms of meaningful intellectual content.

Mihail B. Tyukpiekov — data collection, analysis and interpretation, text writing.

Elizaveta V. Matveeva — data collection, analysis and interpretation.

Литература

1. Красноруцкая О.Н., Зуйкова А.А., Петрова Т.Н. Актуальные проблемы здоровья студентов медицинского ВУЗа и пути их решения. Вестник новых медицинских технологий. 2013;XX(2):453–456.
2. Popel' S.L., Pyatnychuk G.A., Pyatnichuk D.V., Maystruv V.V., Verboviy V.P., Zemskaya N.A., et al. Functional systems of students' organism depending on physical fitness to physical load.

References

1. Krasnoruckaya O.N., Zujkova A.A., Petrova T.N. Actual health problems of medical university students and ways to solve them. Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologii = Journal of New Medical Technologies, eEdition. 2013;XX(2):453–456 (In Russ.).
2. Popel' S.L., Pyatnychuk G.A., Pyatnichuk D.V., Maystruv V.V., Verboviy V.P., Zemskaya N.A., et al. Functional systems of students' organization depending on physical fitness to physical

Physical Education of Students. 2017;21(6):302–309. <https://doi.org/10.15561/20755279.2017.0607>

3. Жукова Т.В., Горбачева Н.А., Харагургиева И.М., Белик С.Н., Кононенко Н.А., Сбыковская Л.В. Здоровье студентов как прогностическая модель здоровья нации. Здоровье населения и среда обитания — ЗНиСО. 2018;(4):36–41. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-301-4-36-41>

4. Меерманова И.Б., Койгельдинова Ш.С., Ибраев С.А. Состояние здоровья студентов, обучающихся в высших учебных заведениях. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017;(2):193–197.

5. Цатурян Л.Д., Андросова Д.А. Уровень здоровья студентов в современных условиях. Вестник Ставропольского государственного университета. 2011;(74):63–69.

6. Трошкина Н.А., Циркин В.И., Дворянский С.А. Эритроцит: Строение и функции его мембраны. Вятский медицинский вестник. 2007;(2-3):32–40.

7. Александров Н. П. Изменения в системе красной крови человека (эритроны) при адаптации к новым условиям. Земский врач. 2010;(1):23–27.

8. Дроздов Д.Н., Кравцов А.В. Влияние физической нагрузки на показатели периферической крови человека. Вестник МДПУ імя І. П. Шамякіна. 2015;(1):23–28.

9. Бушуева Н.А., Воробьева Н.А. Характеристика системы гемостаза при физических нагрузках. Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия Медико-биологические науки. 2015;(2):62–70.

10. Михайлов П.В., Муравьев А.В., Остроумов Р.С., Муравьев А.А. Возрастные особенности свойств крови у тренированных и нетренированных лиц. Безопасность здоровья человека. 2016;(1):16–29.

11. Голубева М.Г. Влияние физической нагрузки на функциональное состояние мембран эритроцитов. Спортивная медицина: наука и практика. 2020;10(2):55–64. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2020.2.55>

12. Даутова А.З., Исаева Е.Е., Шамратова В.Г. Связи адренореактивности эритроцитов с их количественными и качественными характеристиками как способ оценки реологических свойств крови у лиц с разным уровнем двигательной активности. Спортивная медицина: наука и практика. 2021;11(3):5–11. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.1>

13. Егорова Е.Н., Пустовалова Р.А., Горшкова М.А. Клинико-диагностическое значение эритроцитарных индексов, определяемых автоматическими гематологическими анализаторами. Верхневолжский медицинский журнал. 2014;12(3):34–41.

14. Балгимбеков Ш.А., Ташенова Г.К. Особенности гематологических показателей у студентов с разным уровнем двигательной активности в условиях современного образования. Вестник Пермского университета. Серия биология. 2014;(2):57–60. <https://readera.org/147204678>

15. Зверев Я.Ф., Брюханов В.М. Современные представления о механизмах почечного действия альдостерона. Нефрология. 2001;5(4):9–16. <https://doi.org/10.24884/1561-6274-2001-5-4-9-16>

16. Ватутин Н.Т., Шевелёк А.Н., Кравченко И.Н. Уровень альдостерона крови у пациентов с различными формами фи-

load. Physical Education of Students. 2017;21(6):302–309. <https://doi.org/10.15561/20755279.2017.0607>

3. Zhukova T.V., Gorbacheva N.A., Haragurgieva I.M., Belik S.N., Kononenko N.A., Sbykovskaya L.V. Student health as a prognostic model of national health. Public Health and Life Environment — PH&LE. 2018;(4):36–41 (In Russ.). <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2018-301-4-36-41>

4. Meermanova I.B., Kojgel'dinova S.H.S., Ibraev S.A. The state of health of students studying in higher educational institutions. Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2017;(2):193–197 (In Russ.).

5. Caturyan L.D., Androsova D.A. The level of health of students in modern conditions. Vestnik Stavropol'skogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Stavropol State University]. 2011;(74):63–69 (In Russ.).

6. Troshkina N.A., Cirkin V.I., Dvoryanskii S.A. Erythrocyte: Structure and functions of its membrane. Vyatskii meditsinskii vestnik = Medical Newsletter of Vyatka. 2007;(2-3):32–40 (In Russ.).

7. Aleksandrov N.P. Changes in the human red blood system (erythron) during adaptation to new conditions. Zemskii vrach [Zemsky doctor]. 2010;(1):23–27 (In Russ.).

8. Drozdov D.N., Kravcov A.V. The effect of physical activity on human peripheral blood parameters. Vestnik Mazyrskaga Dzyarzhaynaga Pedagogichnaga Ūniversiteta im. I.P. Shamyakina = Vestnik of Muzur State Pedagogical University named after I.P. Shamyakin. 2015;(1):23–28 (In Russ.).

9. Bushueva N.A., Vorob'eva N.A. Characteristics of the hemostasis system during physical exertion. Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya Mediko-biologicheskie nauki = Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Medical and Biological Sciences series. 2015;(2):62–70 (In Russ.).

10. Mihaylov P.V., Murav'ev A.V., Ostroumov R.S., Murav'ev A.A. Age-related features of blood properties in trained and untrained individuals. Bezopasnost' zdorov'ya cheloveka = Security of Human Health. 2016;(1):16–29 (In Russ.).

11. Golubeva M.G. The effect of physical activity on the functional state of erythrocyte membranes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports medicine: research and practice. 2020;10(2):55–64 (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2020.2.55>

12. Dautova A.Z., Isaeva E.E., Shamratova V.G. Connections of adrenoactivity of erythrocytes with their quantitative and qualitative characteristics as a way to assess the rheological properties of blood in individuals with different levels of motor activity. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports medicine: research and practice. 2021;11(3):5–11 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.1>

13. Egorova E.N. Pustovalova R.A., Gorshkova M.A. Clinical and diagnostic value of erythrocyte indices determined by automatic hematological analyzers. Verkhnevolzhskii meditsinskii zhurnal = Upper Volga Medical Journal. 2014;12(3):34–41 (In Russ.).

14. Balgimbekov Sh.A., Tashenova G.K. Features of hematological indicators in students with different levels of motor activity in the conditions of modern education. Vestnik Permskogo universiteta. Seriya biologiya = Bulletin of Perm University. Biology. 2014;(2):57–60 (In Russ.). <https://readera.org/147204678>

15. Zverev Ya.F., Bryuhanov V.M. Modern ideas about the mechanisms of renal action of aldosterone. Nephrologiya = Nephrology. 2001;5(4):9–16 (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/1561-6274-2001-5-4-9-16>

16. Vatutin N.T., Shevelyok A.N., Kravchenko I.N. Blood aldosterone level in patients with various forms of atrial fibrilla-

брилляции предсердий. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2016;15(1):40–44. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2016-1-40-44>

17. **Наточин Ю.В.** Вазопрессин: механизм действия и клиническая физиология. Проблемы эндокринологии. 2003;49(2):43–50. <https://doi.org/10.14341/probl11534>

18. **Шамратова В.Г., Усманова С.Р.** Биохимические и физиологические механизмы влияния курения на кислородный статус организма юношей с различным уровнем физической активности. Вестник Башкирского университета. 2013;18(4):1050–1052.

19. **Parks R.B., Hetzel S.J., Brooks M.A.** Iron Deficiency and Anemia among Collegiate Athletes: A Retrospective Chart Review. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2017;49(8):1711–1715. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001259>

20. **Моррисон В.В., Чеснокова Н.П., Невважай Т.А., Понукалина Е.В., Бизенкова М.Н.** Лекция 1. Общая характеристика типовых реакций красной крови на действие патогенных факторов. Этиология и патогенез эритроцитозов. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015;(6-1):149–152.

21. **Маль Г.С., Ястребов В.С., Миронова Д.Ю.** Физиологическая реакция агрегации эритроцитов при прекращении длительной гиподинамии. Тенденции развития науки и образования. 2019;(47-5):57–60. <https://doi.org/10.18411/lj-02-2019-103>

tion. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika = Cardiovascular therapy and prevention.* 2016;15(1):40–44 (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2016-1-40-44>

17. **Natochin Yu.V.** Vasopressin: mechanism of action and clinical physiology. *Problemy endokrinologii = Problems of Endocrinology.* 2003;49(2):43–50 (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/probl11534>

18. **Shamratova V. G., Usmanova S. R.** Biochemical and physiological mechanisms of the influence of smoking on the oxygen status of the body of young men with different levels of physical activity. *Vestnik Bashkirskogo universiteta = Bulletin of Bashkir University.* 2013;18(4):1050–1052 (In Russ.).

19. **Parks R.B., Hetzel S.J., Brooks M.A.** Iron Deficiency and Anemia among Collegiate Athletes: A Retrospective Chart Review. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2017;49(8):1711–1715. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001259>

20. **Morrison V.V., Chesnokova N.P., Nevvazhaj T.A., Ponukalina E.V., Bizenkova M.N.** Lecture 1. General characteristics of typical reactions of red blood to the action of pathogenic factors. Etiology and pathogenesis of erythrocytosis. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy [International Journal of Applied and Fundamental Research].* 2015;(6-1):149–152 (In Russ.).

21. **Mal' G.S., Yastrebov V.S., Mironova D.Yu.** Physiological reaction of erythrocyte aggregation at the termination of prolonged inactivity. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya [Trends in the development of science and education].* 2019;(47-5):57–60 (In Russ.). <https://doi.org/10.18411/lj-02-2019-103>

Информация об авторах:

Саранчина Юлия Владимировна*, к.б.н., доцент кафедры фундаментальной медицины и гигиены ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», Россия, Республика Хакасия, 655017, г. Абакан, ул. Ленина, д. 92. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2697-7317> (july.saran4ina2010@yandex.ru)

Тюкпиеков Михаил Борисович, студент 6-го курса специальности «лечебное дело» ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», Россия, Республика Хакасия, 655017, г. Абакан, ул. Ленина, д. 92 (miha.26011999@gmail.com)

Матвеева Елизавета Викторовна, студентка 4-го курса специальности «лечебное дело» ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», Россия, Республика Хакасия, 655017, г. Абакан, ул. Ленина, д. 92 (Calista00@mail.ru)

Information about the authors:

Yulia V. Saranchina*, Ph.D. (Biology), Associate Professor of the Department of Fundamental Medicine and Hygiene, N.F. Katanov Khakass State University, 92 Lenin str., Abakan, 655017, Republic of Khakassia, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2697-7317> (july.saran4ina2010@yandex.ru)

Mikhail B. Tyukpiekov, a 6th-year student of the specialty “Medical Science” of the N.F. Katanov Khakass State University, 92 Lenin str., Abakan, 655017, Republic of Khakassia, Russia (miha.26011999@gmail.com)

Elizaveta V. Matveeva, 4th year student of the specialty “Medical Science” of the N.F. Katanov Khakass State University, 92 Lenin str., Abakan, 655017, Republic of Khakassia, Russia (Calista00@mail.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author