



Сравнительный анализ эритроцитов, витаминов В₁₂ и В₉, железа в крови у мужчин, работающих в различных климатических поясах

Р.С. Рахманов¹, Д.А. Нарутдинов², Е.С. Богомолова¹, С.А. Разгулин¹, Д.В. Непряхин¹, Л.Л. Зайцев³

¹ ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1, г. Нижний Новгород, 603950, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, ул. Партизана Железняка, д. 1, г. Красноярск, 660022, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, 3500063, Российская Федерация

Резюме

Введение. Изменению постоянства гематологических показателей способствуют, в т. ч. дефицит витаминов и минеральных веществ.

Цель: сравнительный анализ эритроцитов, содержания витаминов В₁₂, В₉, железа в крови у мужчин, работающих в различных климатических поясах.

Материал и методы. В июне–июле 2022–2023 гг. проведена оценка в крови показателей, характеризующих эритроциты, содержание витаминов В₁₂, В₉ и железа у здоровых мужчин-военнослужащих в Арктике (№ 1, *n* = 51), в Субарктике (№ 2, *n* = 54) и умеренном (№ 3, *n* = 58) климатическом поясе, а также оценка характера питания.

Результаты. В Арктике, Субарктике и умеренном поясе в летний период года снижены эритроциты у 39,4; 14,8 и 10,3 % (20, 8 и 6 чел.), гематокрит – у 19,6; 9,3 и 10,3 % (10, 5 и 6 чел.), средняя концентрация Hb в эритроците – у 21; 16,7 и 27,6 % (12, 9 и 16 чел.); увеличены средний объем эритроцита у 17,8; 13,0 и 10,3 % (9, 7 и 6 чел.), содержание гемоглобина в эритроците – у 11,8; 22,2 и 24,1 % (6, 12 и 14 чел.). В Субарктике и умеренном поясе, кроме того, снижен гемоглобин у 7,4 и 10,3 % (4 и 6 чел.). Низкая обеспеченность организма витаминами В₁₂ – у 100,0; 73,6 и 67,2 % (51, 40 и 39 чел.) и В₉ – у 89,8; 81,2 и 44,8 % (46, 44 и 26 чел.). Признаки анемии в Арктике и Субарктике формировались на фоне дефицитов витаминов В₁₂ и фолиевой кислоты, в умеренном поясе вероятны как монодефициты, так и сочетанный дефицит цианокобаламина и фолиевой кислоты. МСНС и MCV до 100 фл. не исключают регенераторную фазу железодефицитной анемии.

Выводы. В Арктике необходима оптимизация рациона питания продуктами с повышенным содержанием биологически активных веществ растительного происхождения, в Субарктике и умеренном поясе – повышение знаний в области индивидуальной профилактики поливитаминными препаратами. В Арктике и Субарктике при диспансеризации определять витамины В₁₂, В₉, в умеренном – при выявлении отклонений в показателях, характеризующих эритроциты.

Ключевые слова: Арктика, Субарктика, умеренный пояс, мужчины, характеристика эритроцитов, витамины В₁₂ и В₉, железо, признаки анемий.

Для цитирования: Рахманов Р.С., Нарутдинов Д.А., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Непряхин Д.В., Зайцев Л.Л. Сравнительный анализ эритроцитов, витаминов В₁₂ и В₉, железа в крови у мужчин, работающих в различных климатических поясах // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 6. С. 73–80. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-6-73-80

Comparative Analysis of Red Blood Cells and Blood Levels of Iron and Vitamins В₁₂ and В₉ in Men Working in Different Climate Zones

Rofail S. Rakhmanov,¹ Denis A. Narutdinov,² Elena S. Bogomolova,¹ Sergei A. Razgulin,¹ Dmitry V. Nepryakhin,¹ Leonard L. Zaytsev³

¹ Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

² Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voino-Yasensky, 1 Partizan Zheleznyak Street, Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation

³ Kuban State Medical University, 4 Mitrofan Sedin Street, Krasnodar, 3500063, Russian Federation

Summary

Introduction: Vitamin and mineral deficiencies, inter alia, cause changes in hematological parameters.

Objective: To compare characteristics of red blood cells and blood levels of iron and vitamins В₁₂ and В₉ in men working in different climate zones.

Material and methods: In June–July of the years 2022 and 2023, we assessed nutritional patterns and blood parameters characterizing red blood cells and the levels of iron, vitamins В₁₂ and В₉ in healthy male military personnel residing in the Arctic (Group 1, *n* = 51), Subarctic (Group 2, *n* = 54), and temperate (Group 3, *n* = 58) climate zones.

Results: In the summertime, we established a decreased red blood cell count in 39.4 %, 14.8 %, and 10.3 % of the subjects (20, 8, and 6 men), hematocrit – in 19.6 %, 9.3 %, and 10.3 % (10, 5 and 6 men), and mean corpuscular hemoglobin concentration – in 21.6 %, 16.7 %, and 27.6 % (12, 9, and 16 men), but an increased mean corpuscular volume in 17.8 %, 13.0 %, and 10.3 % (9, 7, and 6 men) and corpuscular hemoglobin – in 11.8 %, 22.2 %, and 24.1 % (6, 12, and 14 men) in the Arctic, Subarctic and temperate zones, respectively. Besides, in the Subarctic and temperate zones, lower hemoglobin was measured in 7.4 % and 10.3 % of the examined (4 and 6 men). We observed vitamin В₁₂ deficiency in 100.0 %, 73.6 %, and 67.2 % (51, 40, and 39 men) and vitamin В₉ deficiency – in 89.8 %, 81.2 %, and 44.8 % (46, 44, and 26 men) of the subjects serving in the Arctic, Subarctic and temperate zones, respectively. Signs of anemia in the Arctic and Subarctic residents developed against the background of vitamin В₁₂ and folic acid deficiency; in the temperate zone, both single and combined cyanocobalamin and folic acid deficiencies were likely. The mean corpuscular hemoglobin concentration and mean corpuscular volume up to 100 fL did not exclude the regenerative phase of iron deficiency anemia.

Conclusion: In the Arctic, it is important to improve the diet by adding foods with a high content of bioactive substances of plant origin; in the Subarctic and temperate zones, it is necessary to raise awareness of personal prevention of deficiencies using multivitamin and multimineral supplements. Blood levels of vitamins B₁₂ and B₉ should be measured during preventive medical examinations in residents of the Arctic and Subarctic zones, as well as in those residing in the temperate zone and having abnormal red blood cell characteristics.

Keywords: Arctic, Subarctic, temperate zone, men, red blood cell characteristics, vitamins B₉ and B₁₂, iron, signs of anemia.

Cite as: Rakhmanov RS, Narutdinov DA, Bogomolova ES, Razgulin SA, Nepryakhin DV, Zaytsev LL. Comparative analysis of red blood cells and blood levels of iron and vitamins B₁₂ and B₉ in men working in different climate zones. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(6):73–80. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-6-73-80

Введение. Функции человека зависят от высокого уровня постоянства физико-химических параметров жидкостей внутренней среды. Однако условия обитания могут вызывать их изменения, что отражается и в показателях крови [1]. Среди факторов риска для изменения постоянства гематологических показателей такие, как влияние химического загрязнения среды обитания, работа на предприятиях с вредными условиями труда [2–4], действие на организм холода и гипоксии в Арктике [5, 6].

Работа в экстремальных погодных климатических условиях Крайнего Севера обуславливает ограниченный ассортимент продуктов и замену свежих фруктов и овощей на консервированные, что не позволяет обеспечить людей полноценным и сбалансированным питанием, в частности витаминами. Риском развития микроэлементозов является питьевая вода из талого снега [7].

Дефицит витаминов и минеральных веществ в рационе питания способствует развитию приобретенных дефицитных состояний, таких как B₁₂ и/или фолиеводефицитные, железодефицитная анемии^{1,2,3} [8–15]. При этом эритроциты и их характеристика играют важную роль в диагностике и лечении анемий [16].

Цель исследования – сравнительный анализ эритроцитов, содержания витаминов B₁₂, B₉, а также железа в крови у мужчин, работающих в различных климатических поясах.

Материалы и методы. Исследование проведено на примере Красноярского края в июне – июле 2022–2023 гг. Наряду с проведением стандартного исследования крови⁴ в ходе ежегодного медицинского обследования, оценили содержание в плазме витаминов B₁₂, B₉ и железа у трех групп здоровых мужчин-военнослужащих, осуществляющих профессиональную деятельность в Арктике (№ 1, $n = 51$), в Субарктике (№ 2, $n = 54$) и умеренном (континентальный климат) (№ 3, $n = 58$) климатическом поясе.

Общий анализ крови проводили на автоматизированной гематологической системе Abbott (США). Предметом анализа в нем были эритроциты,

гемоглобин (Hb), гематокрит, средний объем эритроцита и средняя концентрация Hb гемоглобина в эритроцитарной массе, среднее содержание Hb в эритроците, ширина распределения эритроцитов по объему.

Цианокобаламин (B₁₂) определяли на иммунохемилюминесцентной автоматизированной системе ARCHITECT® i2000 Abbott (США). Границей его дефицита был порог 148 пмоль/л [5, 14]. Фолиевую кислоту (B₉) определяли на аппарате ВЭЖХ-МС AD SCIEX QTRAP 5500 (Германия). Железо определяли на анализаторе AU5800 (США).

Оценили характер питания, для этого в группах № 2 и 3 провели анкетирование для определения кратности приема пищи, потребления овощей, фруктов, зелени и витаминных препаратов.

Статистический анализ первичного материала в электронной форме MS Excel анализировали на соответствие выборок нормальности их распределения, определяли средние величины (M) и их средние ошибки (m), проводили определение достоверности различий для вероятности $p \leq 0,05$ с использованием пакета статистических программ Statistica 6.1.

Результаты. Возраст лиц первой группы составил $35,7 \pm 0,6$ года, второй – $34,2 \pm 0,9$ года ($p = 0,156$), третьей – $35,6 \pm 0,8$ года ($p_1-p_3 = 0,452$; $p_2-p_3 = 0,241$).

Количество эритроцитов и показатели, характеризующие их состояние, у лиц всех групп наблюдения были в пределах границ нормы. Однако уровень гемоглобина во второй и третьей группах был ниже на 2,6 и 1,4 %, чем в первой; при этом во второй он был статистически значимо ниже, чем в группе № 1. МСНС и МСН, наоборот, в группе № 2 были достоверно больше. Среднее значение МСНС у лиц групп № 3 не различалось с таковыми у лиц групп № 1 и 2, а МСН было больше, чем в группе № 1, но от показателя в группе № 2 не различалось (табл. 1).

По индивидуальным показателям у всех мужчин были определены одинаковые отклонения от нормы. Так, соответственно у 39,2; 14,8 и 10,3 % обследованных лиц количество эритроцитов было ниже референтной границы или на нижней границе

¹ Клинические рекомендации – Витамин B₁₂ дефицитная анемия – 2021–2022–2023. Минздрав РФ (утверждены 09.09.2021) [Электронный ресурс.] Режим доступа: http://disuria.ru/_ld/10/1065_kr21D51MZ.pdf?ysclid=lsvh29b7gt686236909 (дата обращения 21.02.2024).

² Фолиеводефицитная анемия. Клинические рекомендации. Минздрав РФ, 2021. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://kr-rf-2021/17023?ysclid=lsvgxmqsxv153502174> (дата обращения: 21.02.2024).

³ Железодефицитная анемия. Клинические рекомендации. Минздрав РФ, 2021. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://webmed.irkutsk.ru/doc/pdf/kr669.pdf> (дата обращения: 29.02.2024).

⁴ Кишкун А.А. Руководство по лабораторным методам исследования. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 779 с.

Таблица 1. Показатели, характеризующие эритроциты крови у лиц, работающих в различных климатических поясах, $M \pm m$
Table 1. Parameters characterizing red blood cells in men working in different climate zones, $M \pm m$

№	Показатель крови, референтные границы / Blood parameter, reference range	Климатический пояс / Climate zone		
		Арктика / Arctic	Субарктика / Subarctic	Умеренный / Temperate
1	Эритроциты, $(4,7-6,1) \times 10^{12}/л$ / Red blood cells, $(4,7-6,1) \times 10^{12}/L$	$5,02 \pm 0,05$	$5,07 \pm 0,04$ 0,493*	$5,09 \pm 0,04$ 0,259** / 0,618***
2	Гемоглобин, 140–180 г/л / Hemoglobin, 140–180 g/L	$156,5 \pm 0,56$	$152,4 \pm 1,0$ 0,001	$154,3 \pm 1,3$ 0,113 / 0,321
3	Гематокрит / Hematocrit, 42–52 %	$45,88 \pm 0,43$	$45,45 \pm 0,26$ 0,379	$45,86 \pm 0,36$ 0,958 / 0,384
4	MCV (средний объем эритроцита), 80–94 фл / Mean corpuscular volume, 80–94 fL	$90,47 \pm 0,55$	$90,56 \pm 0,43$ 0,415	$90,0 \pm 0,4$ 0,483 / 0,333
5	MCHC (средняя концентрация Hb в эритроцитарной массе), 330–370 г/л / Mean corpuscular hemoglobin concentration, 330–370 g/L	$334,1 \pm 0,52$	$337,3 \pm 1,0$ 0,007	$336,3 \pm 1,1$ 0,106 / 0,47
6	MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), 27–31 пг / Mean corpuscular hemoglobin, 27–31 pg	$29,1 \pm 0,19$	$30,29 \pm 0,2$ 0,001	$30,2 \pm 0,1$ 0,001 / 0,489
7	RDW (ширина распределения эритроцитов) / Red blood cell distribution width, 11,5–14,5 %	$12,25 \pm 0,07$	$12,12 \pm 0,08$ 0,241	$12,1 \pm 0,1$ 0,427 / 0,869

Примечание: * – достоверность различий Арктика – Субарктика, ** – достоверность различий Арктика – континентальный пояс, *** – достоверность различий Субарктика – континентальный пояс.
Notes: differences are statistically significant between * Arctic and Subarctic zones, ** Arctic and ctemperate zonenones, and *** Subarctic and continental zones.

нормы (соответственно, 20, 8 и 6 чел.). Гематокрит был снижен и на нижней границе нормы соответственно у 19,6; 9,3 и 10,3 % (10, 5 и 6 чел.). Доля лиц с превышением нормы по MCV у мужчин в Арктике была выше на 4,8 и 7,5 %, чем в группах № 2–3. При этом он у мужчин групп № 1 и 3 не превышал 100,0 пмоль/л.
Значение MCHC, наоборот, ниже нормы или на нижней границе нормы, было в группе № 3 – у 27,6 %, в группе № 1 – на 5,6 % меньше, в группе № 2 – у 16,7 % (16, 3 и 9 чел.) (табл. 2).

Средние по группам показатели витамина B_{12} были в пределах референтных границ. Наименьший уровень был зарегистрирован у лиц в Арктике, наибольший – в континентальном поясе. Значения цианокобаламина в группах № 2–3 были статистически значимо большими соответственно на 14,8 и 30,3 %; данные между этими группами не различались. В группе № 1 у всех обследованных уровень B_{12} был ниже 148 пг/мл, в группе № 2 – промежуточное значение, наименее выраженное снижение было отмечено в группе № 3.

Таблица 2. Долевые значения отклонений от нормы показателей крови у лиц групп сравнения, %
Table 2. Percent deviations from normal blood parameters in the comparison groups, %

Показатели крови по климатическим поясам / Blood parameters by climate zones	Отклонения от нормы / Deviations from the norm	
	Ниже нормы / Below normal	Выше нормы / Above normal
Эритроциты / Red blood cells:	–	–
Арктика / Arctic;	17,6	–
Субарктика / Subarctic;	7,4	–
Умеренный / Temperate	5,2	–
Гемоглобин / Hemoglobin:	–	–
Арктика / Arctic;	–	–
Субарктика / Subarctic;	7,4	–
Умеренный / Temperate	10,3	–
Объемная фракция эритроцитов в крови / Red blood cell volume fraction:	–	–
Арктика / Arctic;	11,8	–
Субарктика / Subarctic;	5,6	–
Умеренный / Temperate	8,6	–
Средняя концентрация Hb в эритроците / Mean corpuscular hemoglobin:	–	–
Арктика / Arctic;	21,6	–
Субарктика / Subarctic;	11,1	–
Умеренный / Temperate	22,4	–
Средний объем эритроцита / Mean corpuscular volume:	–	–
Арктика / Arctic;	–	17,8
Субарктика / Subarctic;	–	13,0
Умеренный / Temperate	–	10,3
Содержание Hb в эритроците / Corpuscular hemoglobin:	–	–
Арктика / Arctic;	–	11,8
Субарктика / Subarctic;	–	22,2
Умеренный / Temperate	–	24,1

Среднее по группе значение фолиевой кислоты у мужчин только в континентальном поясе было в пределах границ нормы. Однако почти у значительной доли обследованных были выявлены лица с недостаточностью B_9 , но их доля была 1,8 и 2,0 раза меньше, чем в Арктике и Субарктике.

Средние показатели уровней железа по группам были в пределах нормы, но в Субарктике и умеренном поясе статистически достоверно большими, чем в Арктике, соответственно, на 26,3 и 12,0 %. Только в группах № 1 и 3 были определены лица (соответственно, по 1 человеку), у которых железо было ниже нормы: 8,4 ммоль/л (табл. 3).

Питание в условиях Арктики было организованное. Нормы продовольственного обеспечения – норма № 1 с дополнительной нормой для лиц в районах Крайнего Севера⁵. Энергетическая ценность суточного рациона составляла $4466,7 \pm 230,7$ ккал, в том числе белки – $165,5 \pm 6,7$ г, жиры – $158,6 \pm 16,1$ г, углеводы – $587,9 \pm 29,4$ [5, 6]. Витаминные препараты дополнительно не выдавались. Основу питания составляли замороженные и консервированные продукты.

Питание лиц групп № 2 и 3 осуществлялось в домашних условиях и предприятиях общественного питания. Кратность приема пищи 3-разовая у 47,3 %, 2-разовая у 52,7 %. При 2-разовом питании отсутствовал завтрак. У 96,0 % прием пищи на обед проводился в предприятиях общественного питания (52 и 56 чел.). В готовых блюдах преобладали белковая (свинина, курица, бобовые культуры) и углеводная составляющие (картофель, макаронные изделия, крупы). Фрукты, зелень включались в рацион питания периодически (не чаще 3 раз в неделю). Отдельные лица самостоятельно принимали по своему усмотрению витаминные препараты, но нерегулярно. Предпочтение отдавалось препаратам, содержащим витамин D.

Обсуждение. Нагрузки (физические и эмоциональные), физические факторы внешней среды, питание и качество питьевой воды могут влиять на изменения постоянного клеточного состава крови

[18, 19]. Например, в Арктике при действии холода и гипоксии, нарушающих легочную вентиляцию, количество эритроцитов возрастает, снижается гемоглобин, развиваются железодефицитные анемии (ЖДА) [20–22].

Полученные нами данные показали наличие однонаправленных изменений в показателях крови мужчин в трех климатических поясах. Однако в отличие от других данных было отмечено снижение количества эритроцитов. У мужчин группы № 1 гемоглобин был в норме, а в группах № 2 и 3 были выявлены лица со сниженным уровнем.

Снижение уровня гемоглобина, гематокрита отмечается при ЖДА. Она сопровождается снижением среднего содержания и средней концентрации гемоглобина в эритроцитах (МСН и МСНС соответственно), среднего объема эритроцитов (MCV). МСНС могла свидетельствовать о признаках железодефицитной анемии. При ЖДА возможно повышение MCV в пределах до 100 фл, что характерно для нормоцитарной анемии регенераторного вида [19]. У обследованных лиц МСН и MCV были увеличены. При этом увеличение MCV не превышало 100 пмоль/л. Кроме того, содержание железа в плазме крови у всех мужчин (за исключением 2 человек) было в пределах границ нормы.

Следствием дефицита витаминов B_{12} и B_9 является анемия. Их уровень определяют одновременно [5, 15], они позволяют дифференцировать B_{12} - или фолиеводефицитную анемию: в первом случае уровень B_9 в норме или повышен, а плазменный B_{12} ниже 140–148 пмоль/л [17].

Для B_{12} -дефицитной анемии в общеклиническом анализе крови характерна гиперхромная анемия с увеличением среднего объема эритроцитов, среднего содержания гемоглобина в эритроцитах. Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитарной массе остается в пределах референтных значений. Но настоящее исследование выявило снижение МСНС.

Среди причин недостаточности витамина B_{12} – отсутствие в рационе питания продуктов его содержащих. Однако как показывал рацион питания

Таблица 3. Показатели витаминов B_{12} и B_9 , железа в плазме крови у лиц групп сравнения, $M \pm m$

Table 3. Iron and vitamins B_9 and B_{12} blood levels in men from the comparison groups, $M \pm m$

Показатели, референтные границы / Indicators, reference range	Климатический пояс / Climate zone		
	Арктика / Arctic	Субарктика / Subarctic	Умеренный / Moderate
Цианокобаламин (B_{12}), 25,0–165,0 пмоль/л / Cyanocobalamin (B_{12}), 25.0–165.0 pmol/L В т. ч. < 148 пг/мл / Including < 148 pg/mL	96,46 ± 2,88 100,0	110,7 ± 8,1 0,046* 73,6	125,7 ± 8,3 0,002** / 0,334*** 67,2
Фолиевая кислота (B_9), 5,0–9,0 нг/мл / Folic acid (B_9), 5.0–9.0 ng/mL в т. ч. / including: Норма / Normal, % Ниже 5,0 нг/мл / < 5.0 ng/mL, %	3,4 ± 0,4 10,2 89,8	3,52 ± 0,3 0,657 18,8 81,2	6,49 ± 0,8 0,001 / 0,009 55,2 44,8
Железо, 9,5–30 мкмоль/л / Iron, 9.5–30 μmol/L, в т. ч. / including ниже нормы / < normal, %	16,7 ± 0,5 2,0	21,1 ± 0,8 0,001 0	18,7 ± 0,8 0,035 / 0,031 1,7

Примечание: * – достоверность различий Арктика – Субарктика, ** – достоверность различий Арктика – континентальный пояс, *** – достоверность различий Субарктика – континентальный пояс.

Notes: differences are statistically significant between * Arctic and Subarctic, ** Arctic and continental, and *** Subarctic and continental zones.

⁵ Постановление Правительства РФ от 29.12.2007 № 946 (в редакции от 18.09.2020 № 1484).

мужчин группы № 1, в нем было достаточное количество белков животного происхождения [18]. Можно полагать, что в рационах лиц других групп белки животного происхождения присутствовали в достаточном количестве, поскольку ни один из обследованных не относился к вегетарианцам.

Вместе с тем в арктическом рационе отмечается недостаточная насыщенность такими витаминами, как С, В₁, В₂. Кроме того, в Арктике физические нагрузки в сочетании с низкой температурой окружающей среды могут привести к дефициту в организме витаминов (С, группы В), а также макро- и микроэлементов [23].

Среди причин недостаточности витамина В₉ – алиментарная недостаточность (недостаток употребления сырых овощей, фруктов, зелени); снижение уровня фолатов в сыворотке крови считается достаточным критерием для установления диагноза фолиеводефицитной анемии. Кроме того, она сопровождается снижением уровня эритроцитов и гемоглобина. У обследованных лиц в Арктике и Субарктике у более чем у 80 % обследованных лиц уровень данного витамина в крови был ниже нормы, а в континентальном климате – почти у половины. Также выявлялись снижение количества эритроцитов и случаи снижения гемоглобина в группах № 2 и 3.

Таким образом, исследование выявило наличие признаков анемии у ряда мужчин, осуществляющих профессиональную деятельность в различных климатических поясах. При этом в Арктике и Субарктике они формировались на фоне дефицитов витаминов В₁₂ и фолиевой кислоты, в умеренном поясе – у большей части на фоне дефицита цианокобаламина.

Во всех случаях не были исключены и проявления признаков регенеративной ЖДА.

Полученные данные позволяют сделать следующие рекомендации. Так, мужчинам в Арктике необходима оптимизация рациона питания, например натуральными пищевыми продуктами с повышенным содержанием биологически активных веществ растительного происхождения, на что указывают и другие авторы [19, 24–26]. В условиях Субарктики и континентального поясов также возможно оптимизировать рацион питания, а также индивидуальная профилактика поливитаминными препаратами (это указывает на роль участковых терапевтов в участии в профилактической работе).

В некоторых странах концентрацию витамина В₁₂ в плазме крови определяют лицам старше 60 лет в порядке диспансеризации [27–29]. Вероятно, в условиях Арктики и Субарктики также необходимо при плановой диспансеризации определять не только витамин В₁₂, но и В₉, в умеренном поясе – при плановой диспансеризации по показаниям: при выявлении отклонений в показателях, характеризующих эритроциты.

Выводы

1. У мужчин-военнослужащих в Арктике, Субарктике и умеренном климатическом поясе

в крови в летний период года снижено количество эритроцитов соответственно у 39,4; 14,8 и 10,4 %; гематокрит – у 19,6; 9,3 и 10,3 %; средняя концентрация гемоглобина в эритроците – у 21,6; 16,7 и 27,6 %. Наоборот, увеличены средний объем эритроцита – у 17,8; 13,0 и 10,3 %; содержание гемоглобина в эритроците – у 11,8; 22,2 и 24,1 %. В Субарктике и умеренном поясах, кроме того, снижен гемоглобин – у 7,4 и 10,3 %. Это свидетельствовало о наличии признаков анемий.

2. Следствием организованного питания консервированными продуктами в Арктике, индивидуального питания в Субарктике и умеренном поясе явились низкая обеспеченность организма витаминами В₁₂ (у 100,0; 73,6 и 67,2 %) и В₉ (у 89,8; 81,2 и 44,8 %).

3. Признаки анемии в Арктике и Субарктике формировались на фоне дефицитов витаминов В₁₂ и фолиевой кислоты, в умеренном поясе вероятны как монодефициты, так и сочетанный дефицит цианокобаламина и фолиевой кислоты. Средняя концентрация Hb в эритроците и уровень и MCV в пределах до 100 фл не исключают наличие регенераторной фазы железодефицитной анемии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наточин Ю.В. Физиология человека: водно-солевой гомеостаз // Физиология человека. 2018. Т. 44. № 3. С. 5–13.
2. Хисамов Э.Н., Еникеев Д.А., Еникеева О.А., Идрисова Л.Т. Влияние химического загрязнения среды на состояние эритроцитов // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 4. С. 72.
3. Епифанов А.В., Соловьев В.С., Лепунова О.Н., Фролова О.В., Ковязина О.Л. Влияние профессиональных факторов на показатели красной крови доноров // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 6. С. 548–551. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-548-551
4. Тупиневич Г.С., Шамратова В.Г. Динамика показателей крови студентов под влиянием экологических факторов среды // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 4. С. 84.
5. Кривцов А.В., Кириченко Н.Н., Ивченко Е.В., Сметанин А.Л., Андриянов А.И., Сороколетова Е.Ф. и др. Физиолого-гигиеническая характеристика питания и водоснабжения воинского гарнизона в Арктике // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2015. № 4 (52). С. 165–168.
6. Маков В.А. Особенности продовольственного обеспечения военнослужащих, проходящих военную службу в арктической зоне Российской Федерации // Российская Арктика. 2018. № 3. С. 51. doi: 10.24411/2658-4255-2018-00011
7. Азаров И.И., Бутаков С.С., Жолус Б.И., Зеткин А.Ю., Реммер В.Н. Опыт сохранения здоровья военнослужащих в Арктике в повседневной деятельности и чрезвычайных ситуациях // Морская медицина. 2017. № 3(3). С. 102–111. doi: 10.22328/2413-5747-2017-3-3-102-111
8. Красновский А.Л., Григорьев С.П., Алехина Р.М., Ежова И.С., Золкина И.В., Лошкарева Е.О. Современные возможности диагностики и лечения дефицита витамина В₁₂ // Клиницист. 2016. Т. 10. № 3. С. 15–25. doi: 10.17 650/1818-8338-2016-10-3-15-25

9. Green R, Mitra AD. Megaloblastic anemias: Nutritional and other causes. *Med Clin North Am.* 2017;101(2):297-317. doi: 10.1016/j.mcna.2016.09.013
10. Esposito G, Dottori L, Pivetta G, Ligato I, Dilaghi E, Lahner E. Pernicious anemia: The hematological presentation of a multifaceted disorder caused by cobalamin deficiency. *Nutrients.* 2022;14(8):1672. doi: 10.3390/nu14081672
11. Briones V, Figueroa F, Vidal C, Micolich V, Chandia M. Flow cytometry-detected changes in megaloblastic anemia secondary to cobalamin deficiency. *Colomb Med (Cali).* 2023;54(2):e2005494. doi: 10.25100/cm.v54i2.5494
12. Pardo-Cabello AJ, Manzano-Gamero V, Puche-Canñvas E. Vitamin B₁₂: For more than just the treatment of megaloblastic anemia? *Rev Clin Esp (Barc).* 2023;223(2):114-119. doi: 10.1016/j.rceng.2022.11.004
13. Niklewicz A, Smith AD, Smith A, et al. The importance of vitamin B₁₂ for individuals choosing plant-based diets. *Eur J Nutr.* 2023;62(3):1551-1559. doi: 10.1007/s00394-022-03025-4
14. Wolffenbuttel BH, Owen PJ, Ward M, Green R. Vitamin B₁₂. *BMJ.* 2023;383:e071725. doi: 10.1136/bmj-2022-071725
15. Socha DS, DeSouza SI, Flagg A, Sekeres M, Rogers HJ. Severe megaloblastic anemia: Vitamin deficiency and other causes. *Cleve Clin J Med.* 2020;87(3):153-164. doi: 10.3949/ccjm.87a.19072
16. Buttarello M. Laboratory diagnosis of anemia: Are the old and new red cell parameters useful in classification and treatment, how? *Int J Lab Hematol.* 2016;38 Suppl 1:123-132 doi: 10.1111/ijlh.12500
17. Carmel R, Sarrai M. Diagnosis and management of clinical and subclinical cobalamin deficiency: Advances and controversies. *Curr Hematol Rep.* 2006;5(1):23-33. doi: 10.1007/s11901-006-0019-7
18. Balashova SN, Samodova AV, Dobrodeeva LK, Belisheva NK. Hematological reactions in the inhabitants of the Arctic on a polar night and a polar day. *Immun Inflamm Dis.* 2020;8(3):415-422. doi: 10.1002/iid3.323
19. Антонов В.С., Волков А.С. Автоматизация гематологического анализа. Интерпретация показателей гемограммы. Часть 3. Лабораторная служба. 2014. Т. 3. № 2. С. 6–28.
20. Бочаров М.И. Терморегуляция организма при холодовых воздействиях (Обзор). Сообщение I // Вестник Северного (Арктического) Федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2015. № 1. С. 5–15.
21. Нагибович О.А., Уховский Д.М., Жекалов А.Н., Ткачук Н.А., Аржавкина Л.Г., Богданова Е.Г. и др. Механизмы гипоксии в Арктической зоне Российской Федерации // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2016. № 2 (54). С. 202–205.
22. Гридин Л.А., Шишков А.А., Дворников М.В. Особенности адаптационных реакций человека в условиях Крайнего Севера // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 4 (253). С. 4–6.
23. Благинин А.А., Вислов А.В., Лизогуб И.Н. Актуальные вопросы медицинского обеспечения авиационных специалистов в арктическом регионе // Военно-медицинский журнал. 2015. Т. 336. № 1. С. 50–54.
24. Андриянов А.И., Кравченко Е.В., Кузьмин С.Г., Лазаренко Л.П., Коростелева О.Г., Сметанин А.Л. и др. Состояние и перспективы использования функциональных пищевых продуктов в питании населения и военнослужащих // Морская медицина. 2020. Т. 6. № 1. С. 27–38. doi: 10.22328/2413-5747-2020-6-1-43-55
25. Новоселов С.А., Кузнецов С.М., Шаронов А.Н., Лопатин С.А. Пищевая ценность рационов – важный вектор совершенствования питания военнослужащих // Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. 2019. № 2. С. 6–9.
26. Сметанин А.Л., Андриянов А.И., Белозеров Е.С., Субботина Т.И., Ивченко Е.В., Кириченко Н.Н. и др. Оценка витаминно-минерального статуса военнослужащих, проходящих службу на Крайнем Севере и в Санкт-Петербурге // Профилактическая и клиническая медицина. 2015. № 4 (57). С. 5–11.
27. Stabler SP, Allen RH. Vitamin B12 deficiency as a worldwide problem. *Annu Rev Nutr.* 2004;24:299-326. doi: 10.1146/annurev.nutr.24.012003.132440
28. Allen LH. How common is vitamin B-12 deficiency? *Am J Clin Nutr.* 2009;89(2):693S-696S. doi: 10.3945/ajcn.2008.26947A
29. Yildirim T, Yalcin A, Atmis V, et al. The prevalence of anemia, iron, vitamin B12, and folic acid deficiencies in community dwelling elderly in Ankara, Turkey. *Arch Gerontol Geriatr.* 2015;60(2):344-348. doi: 10.1016/j.archger.2015.01.001

REFERENCES

1. Natchin YV. Human physiology: Water and electrolyte homeostasis. *Human Physiology.* 2018;44(3):239-245. doi: 10.1134/S0362119718030118
2. Khisamov EN, Enikeev DA, Enikeeva OA, Idrisova LT. The influence of chemical pollution on the condition of red blood cells. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya.* 2017;(4):72. (In Russ.)
3. Elifanov AV, Solovyev VS, Lepunova ON, Frolova OV, Kovyazina OL. The influence of occupational factors on indices of red blood of donors of the industrial city. *Gigiena i Sanitariya.* 2017;96(6):548-551. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-548-551
4. Tupinevich GS, Shamratova VG. Dynamics of students' blood indicators under the influence of environmental factors. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya.* 2020;(4):84. (In Russ.) doi: 10.17513/spno.29930
5. Krivtsov AV, Kirichenko NN, Ivchenko EV, et al. Physiological and hygienic characteristics of food and water supply in military garrison in Arctic region. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii.* 2015;(4(52)):165-168. (In Russ.)
6. Makov VA. Rations specifications for military personnel in the Arctic region. *Rossiyskaya Arktika.* 2018;(3):51-59. (In Russ.) doi: 10.24411/2658-4255-2018-00011
7. Azarov II, Butakov SS, Zhulus BI, Zetkin AYU, Remmer VN. Experience of health maintenance of the military personnel in the Arctic in the daily activities and emergency. *Morskaya Meditsina.* 2017;3(3):102-111. (In Russ.) doi: 10.22328/2413-5747-2017-3-3-102-111
8. Krasnovskiy AL, Grigor'iev SP, Alyokhina RM, Ezhova IS, Zolkina IV, Loshkareva EO. Modern diagnostic and treatment of vitamin B₁₂ deficiency. *Klinitsist.* 2016;10(3):15-25. (In Russ.) doi: 10.17650/1818-8338-2016-10-3-15-25
9. Green R, Mitra AD. Megaloblastic anemias: Nutritional and other causes. *Med Clin North Am.* 2017;101(2):297-317. doi: 10.1016/j.mcna.2016.09.013
10. Esposito G, Dottori L, Pivetta G, Ligato I, Dilaghi E, Lahner E. Pernicious anemia: The hematological presentation of a multifaceted disorder caused by cobalamin deficiency. *Nutrients.* 2022;14(8):1672. doi: 10.3390/nu14081672
11. Briones V, Figueroa F, Vidal C, Micolich V, Chandia M. Flow cytometry-detected changes in megaloblastic

- anemia secondary to cobalamin deficiency. *Colomb Med (Cali)*. 2023;54(2):e2005494. doi: 10.25100/cm.v54i2.5494
12. Pardo-Cabello AJ, Manzano-Gamero V, Puche-Cañas E. Vitamin B₁₂: For more than just the treatment of megaloblastic anemia? *Rev Clin Esp (Barc)*. 2023;223(2):114-119. doi: 10.1016/j.rceng.2022.11.004
 13. Niklewicz A, Smith AD, Smith A, et al. The importance of vitamin B₁₂ for individuals choosing plant-based diets. *Eur J Nutr*. 2023;62(3):1551-1559. doi: 10.1007/s00394-022-03025-4
 14. Wolffenbutter BH, Owen PJ, Ward M, Green R. Vitamin B₁₂. *BMJ*. 2023;383:e071725. doi: 10.1136/bmj-2022-071725
 15. Socha DS, DeSouza SI, Flagg A, Sekeres M, Rogers HJ. Severe megaloblastic anemia: Vitamin deficiency and other causes. *Cleve Clin J Med*. 2020;87(3):153-164. doi: 10.3949/ccjm.87a.19072
 16. Buttarello M. Laboratory diagnosis of anemia: Are the old and new red cell parameters useful in classification and treatment, how? *Int J Lab Hematol*. 2016;38 Suppl 1:123-132. doi: 10.1111/ijlh.12500
 17. Carmel R, Sarrai M. Diagnosis and management of clinical and subclinical cobalamin deficiency: Advances and controversies. *Curr Hematol Rep*. 2006;5(1):23-33. doi: 10.1007/s11901-006-0019-7
 18. Balashova SN, Samodova AV, Dobrodeeva LK, Belisheva NK. Hematological reactions in the inhabitants of the Arctic on a polar night and a polar day. *Immun Inflamm Dis*. 2020;8(3):415-422. doi: 10.1002/iid3.323
 19. Antonov VS, Volkov AS. Automation of hematologic assay. Hemogram interpretation. Part 3. *Laboratornaya Sluzhba*. 2014;3(2):6-28. (In Russ.)
 20. Bocharov MI. Thermoregulation in cold environments (review). Report I. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) Federal'nogo Universiteta. Seriya: Mediko-Biologicheskie Nauki*. 2015;(1):5-15. (In Russ.)
 21. Nagibovich OA, Ukhovskiy DM, Zhekalov AN, et al. Mechanisms of hypoxia in Arctic zone of Russian Federation. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii*. 2016;(2(54)):202-205. (In Russ.)
 22. Gridin LA, Shishkov AA, Dvornikov MV. Features adaptation reactions of human in Far North. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2014;(4(253)):4-6. (In Russ.)
 23. Blagin AA, Vislov AV, Lizogub IN. Actual questions of medical maintenance of aviation specialists in the Arctic region. *Military Medical Journal*. 2015;(1):50-54. (In Russ.)
 24. Andriyanov AI, Kravchenko EV, Kuz'min SG, et al. States and application potential of functional foods in nutrition of population and military personnel. *Morskaya Meditsina*. 2020;6(1):43-55. (In Russ.) doi: 10.22328/2413-5747-2020-6-1-43-55
 25. Novoselov SA, Kuznetsov SM, Sharonov AN, Lopatin SA. The nutritional value of rations is an important vector for improving the nutrition of servicemen. *Gastroenterologiya Sankt-Peterburga*. 2019;(2):6-10. (In Russ.)
 26. Smetanin AL, Andrianov AI, Krivtsov AV, et al. Evaluation of vitamin and mineral status of military men serving in the Far North and in St. Petersburg. *Profilakticheskaya i Klinicheskaya Meditsina*. 2015;(4(57)):5-11. (In Russ.)
 27. Stabler SP, Allen RH. Vitamin B12 deficiency as a worldwide problem. *Annu Rev Nutr*. 2004;24:299-326. doi: 10.1146/annurev.nutr.24.012003.132440
 28. Allen LH. How common is vitamin B-12 deficiency? *Am J Clin Nutr*. 2009;89(2):693S-696S. doi: 10.3945/ajcn.2008.26947A
 29. Yildirim T, Yalcin A, Atmis V, et al. The prevalence of anemia, iron, vitamin B₁₂, and folic acid deficiencies in community dwelling elderly in Ankara, Turkey. *Arch Gerontol Geriatr*. 2015;60(2):344-348. doi: 10.1016/j.archger.2015.01.001

Сведения об авторах:

✉ **Рахманов** Рофаиль Салыхович – д.м.н., профессор, профессор кафедры гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: raf53@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518>.

Нарутдинов Денис Алексеевич – преподаватель кафедры общественного здоровья и здравоохранения ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России; e-mail: den007-19@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5438-8755>.

Богомолова Елена Сергеевна – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: olenabgm@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667>.

Разгулин Сергей Александрович – д.м.н., доцент, заведующий кафедрой медицины катастроф ФГБОУ «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: kafedramk@pimunn.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8356-2970>.

Непряхин Дмитрий Викторович – к.м.н., доцент кафедры гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: mutassyevo@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3952-3960>.

Зайцев Леонард Леонидович – к.м.н., доцент кафедры факультетской и госпитальной хирургии ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России; e-mail: lordaen@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2571-6155>

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Рахманов Р.С.*; сбор данных: *Нарутдинов Д.А.*; анализ и интерпретация результатов: *Рахманов Р.С.*, *Богомолова Е.С.*; литературный обзор: *Разгулин С.А.*, *Непряхин Д.В.*; *Зайцев Л.Л.*: участие в статистической обработке материала; подготовка рукописи: *Рахманов Р.С.*, *Богомолова Е.С.*, *Разгулин С.А.*. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование было проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (в редакции 2013 г.) и одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России (протокол № 4 от 14.03.2022). От всех участников было получено письменное добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 06.03.24 / Принята к публикации: 10.06.24 / Опубликована: 28.06.24

Author information:

✉ Rofail S. **Rakhmanov**, Prof., Dr. Sci. (Med.); Professor, Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: raf53@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518>.

Denis A. **Narutdinov**, Lecturer, Department of Public Health and Healthcare, Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasenetsky; e-mail: den007-19@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5438-8755>.

Elena S. **Bogomolova**, Prof., Dr. Sci. (Med.); Head of the Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: olenabgm@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667>.

Sergei A. **Razgulin**, Dr. Sci. (Med.), Docent; Head of the Department of Disaster Medicine, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: kafedramk@pimunn.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8356-2970>.

Dmitry V. **Nepryakhin**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: mutassyevo@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3952-3960>.

Leonard L. **Zaytsev**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Faculty and Hospital Surgery, Kuban State Medical University; e-mail: lordaen@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2571-6155>.

Author contribution: study conception and design: *Rakhmanov R.S.*; data collection: *Narutdinov D.A.*; analysis and interpretation of results: *Rakhmanov R.S.*, *Bogomolova E.S.*; bibliography compilation and referencing: *Razgulin S.A.*, *Nepryakhin D.V.*, *Zaitsev L.L.*; draft manuscript preparation: *Rakhmanov R.S.*, *Bogomolova E.S.*, *Razgulin S.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki of the World Medical Association (as amended in 2013) and was approved by the Ethics Committee of the Privolzhsky Research Medical University (protocol No. 4 of March 14, 2022). Written informed consent was obtained from all the subjects to participate in the study.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: March 6, 2024 / Accepted: June 10, 2024 / Published: June 28, 2024