

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МИКРОНУТРИЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ, ПРОХОДЯЩИХ СЛУЖБУ В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОЯСАХ РОССИИ

Д. А. Нарутдинов¹, Р. С. Рахманов²✉, Е. С. Богомолова², С. А. Разгулин², А. В. Истомин³, Д. А. Шуркин¹¹ Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск, Россия² Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Россия³ Федеральный научный центр гигиены имени Ф. Ф. Эрисмана, Мытищи, Россия

Недостаток витаминов и минералов в организме способствует развитию приобретенных дефицитных состояний. Цель исследования — оценка содержания микронутриентов в организме военнослужащих, проходящих службу в различных климатических поясах России. У военнослужащих в арктическом ($n = 54$), субарктическом ($n = 57$) и умеренном ($n = 58$) поясах в плазме крови определяли витамины (D по 25 ОН витамина D, B₁₂, B₉), минеральные вещества (K, Na, Ca общий и ионизированный, P, Mg, Fe), оценивали условия работ и питания. Значения 25 ОН витамина D составили $24,06 \pm 6,95$, $21,5 \pm 12,1$ ($p_{1-2} = 0,003$) и $27,2 \pm 15,2$ ($p_{1-2} = 0,423$, $p_{1-3} = 0,032$) нг/мл; дефицит и недостаточность выявлены у 82,3, 86,5 и 63,8% военнослужащих. Уровни кобаламина составляли $96,46 \pm 20,6$, $111,7 \pm 59,4$ ($p_{1-2} = 0,046$) и $125,7 \pm 63,2$ ($p_{1-2} = 0,002$, $p_{1-3} = 0,334$) пмоль/л; значения ниже 148 пмоль/л были определены у 100,0, 73,6 и у 67,2% обследованных. Фолаты составляли $3,4 \pm 0,4$, $3,52 \pm 1,54$ ($p_{1-2} = 0,657$) и $6,49 \pm 6,21$ ($p_{1-2} = 0,001$, $p_{1-3} = 0,009$) нг/мл; снижение их уровня имело место у 89,8, 81,3 и 44,8% военнослужащих. Уровень ионизированного кальция был снижен у 29,4, 50,0 и 67,2% обследованных, железа — у 2,0, 1,9 и 3,4%. Повышался уровень уровня калия (у 23,5, 29,6 и 8,6%), натрия (у 32,7 и 27,6% проходящих службу в Субарктике и умеренном поясе) и общего кальция (у 42,6% проходящих службу в Субарктике). В Арктике военнослужащие выполняли работы в помещениях и на открытой территории (тяжелый труд), в Субарктике и умеренном поясе — в помещениях (напряженный труд). В Арктике организовано питание заводскими консервированными продуктами (общевойсковой паек, $4466,7 \pm 230,7$ ккал/сутки), в иных условиях — домашнее с нарушениями режима, недостаточным потреблением свежих овощей и фруктов. Исследование актуализирует направления профилактики нарушений здоровья у военнослужащих, проходящих службу в экстремальных условиях обитания и труда: оценка витаминно-минерального баланса организма; оптимизация питания продуктами белково-растительного происхождения; повышение осведомленности по вопросам индивидуального питания и приема витаминно-минеральных препаратов; разработка рецептур многокомпонентных продуктов питания для коррекции витаминно-минерального баланса организма.

Ключевые слова: Арктика, Субарктика, умеренный климатический пояс, военнослужащие-мужчины, витамины, минеральные вещества**Вклад авторов:** Р. С. Рахманов — разработка дизайна и концепции исследования, написание статьи; Е. С. Богомолова — редактирование, утверждение окончательного варианта статьи; Д. А. Нарутдинов — сбор первичного материала; С. А. Разгулин — подбор литературных данных; А. В. Истомин — статистическая обработка и интерпретация данных; Д. А. Шуркин — статистическая обработка данных.**Соблюдение этических стандартов:** исследование одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России (протокол № 4 от 14 марта 2022 г.) и проведено в соответствии с положениями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации; все военнослужащие подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.✉ **Для корреспонденции:** Рофайль Сальхович Рахманов
пл. Минина и Пожарского, д. 10/1, г. Нижний Новгород, 603950, Россия; e-mail: raf53@mail.ru**Статья получена:** 23.03.2024 **Статья принята к печати:** 08.06.2024 **Опубликована онлайн:** 28.06.2024**DOI:** 10.47183/mes.2024.031

ASSESSMENT OF MICRONUTRIENT LEVELS IN THE MILITARY PERSONNEL SERVING IN VARIOUS CLIMATIC ZONES OF RUSSIA

Narutdinov DA¹, Rakhmanov RS²✉, Bogomolova ES², Razgulin SA², Istomin AV³, Shurkin DA¹¹ Professor V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia² Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia³ Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, Mytishchi, Russia

The lack of vitamins and minerals in the body contributes to the development of acquired deficient conditions. The study was aimed to assess micronutrient levels in the military personnel serving in various climatic zones of Russia. Plasma levels of vitamins (D based on 25(OH)D, B₁₂, B₉) and minerals (K, Na, total and ionized Ca, P, Mg, Fe), working and nutritional conditions were determined in servicemen in the Arctic ($n = 54$), Subarctic ($n = 57$), and temporary climate ($n = 58$) zones. The 25(OH)D levels were 24.06 ± 6.95 , 21.5 ± 12.1 ($p_{1-2} = 0.003$), and 27.2 ± 15.2 ($p_{1-2} = 0.423$, $p_{1-3} = 0.032$) ng/ml; deficiency and insufficiency were revealed in 82.3, 86.5, and 63.8% of military personnel. The cobalamin levels were 96.46 ± 20.6 , 111.7 ± 59.4 ($p_{1-2} = 0.046$), and 125.7 ± 63.2 ($p_{1-2} = 0.002$, $p_{1-3} = 0.334$) pmol/L; the values below 148 pg/mL were reported for 100.0, 73.6, and 67.2% of surveyed individuals. The folate levels were 3.4 ± 0.4 , 3.52 ± 1.54 ($p_{1-2} = 0.657$), and 6.49 ± 6.21 ($p_{1-2} = 0.001$, $p_{1-3} = 0.009$) ng/mL; the decreased levels were reported for 89.8, 81.3, and 44.8% of military personnel. The ionized calcium levels were decreased in 29.4, 50.0, and 67.2% of surveyed individuals, while the iron levels were decreased in 2.0, 1.9, and 3.4%. Elevated potassium (23.5, 29.6, and 8.6%), sodium (32.7 and 27.6% of individuals serving in the Subarctic and temporary climate zones) and total calcium (42.6% of individuals serving in the Subarctic zone) levels were reported. In the Arctic zone, the servicemen worked indoors and outdoors (heavy labour), while in the Subarctic and temporary climate zones they worked indoors (hard labour). In the Arctic zone, meals were organized consisting of the delivered canned foods (general military ration, 4466.7 ± 230.7 kcal/day), while in other zones it was homemade food with the disturbed eating pattern, inadequate consumption of fresh vegetables and fruits. The study updates the directions for prevention of health problems in the military personnel serving in the extreme habitat and working conditions: estimation of body's vitamin and mineral balance; optimization of the diet with the vegetable protein food products; raising awareness about the issues of individual diet and the use of vitamin and mineral supplements; developing formulations of multicomponent food products for adjustment of body's vitamin and mineral balance.

Keywords: Arctic, Subarctic, temperate climate zone, male military personnel, vitamins, minerals**Author contribution:** Rakhmanov RS — developing the study concept and design, manuscript writing; Bogomolova ES — editing, approval of the final version of the article; Narutdinov DA — primary data acquisition; Razgulin SA — literature review; Istomin AV — statistical data processing and data interpretation; Shurkin DA — statistical data processing.**Compliance with ethical standards:** the study was approved by the Ethics Committee of the Privolzhsky Research Medical University (protocol № 4 of 14 March 2022), it was carried out in accordance with the ethical principles stipulated in the Declaration of Helsinki of the World Medical Association; all servicemen submitted the informed consent to participation in the study.✉ **Correspondence should be addressed:** Rofail S. Rakhmanov
pl. Minina i Pozharskogo, 10/1, Nizhny Novgorod, 603950, Russia; e-mail: raf53@mail.ru**Received:** 23.03.2024 **Accepted:** 08.06.2024 **Published online:** 28.06.2024**DOI:** 10.47183/mes.2024.031

Необходимость обеспечения национальной безопасности в Арктической зоне (Арктика и Субарктика) Российской Федерации (РФ) обуславливает постоянное присутствие там военнослужащих в составе стратегических сил сдерживания в целях недопущения агрессии против РФ и ее союзников. Присутствие военнослужащих также связано и ростом конфликтного потенциала в Арктике, необходимостью развития Северного морского пути в качестве национальной транспортной коммуникации, конкурентоспособной на мировом рынке [1, 2]. А Арктическая зона характеризуется экстремальными погодными-климатическими условиями, недостаточным уровнем инфраструктуры — как транспортной, так и социальной [3, 4].

При выполнении работ в таких условиях возрастает потребность организма человека в микронутриентах (витаминах и минеральных веществах) [5–7]. Недостаточное поступление витаминов и минеральных веществ в организм способствует развитию приобретенных дефицитных состояний, таких как V_{12} - и/или фолиеводефицитная, железодефицитная анемии [8–10]. Дефицит витамина D проявляется в отрицательном влиянии на фосфорно-кальциево-магниевый обмен, иммунный статус, психическое здоровье человека [11–14].

Целью исследования было оценить содержание микронутриентов в организме военнослужащих, проходящих службу в различных климатических поясах России.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в трех климатических поясах на территории Красноярского края: арктическом (группа 1), субарктическом (группа 2) и умеренном (континентальный климат) (группа 3). Критерии включения в исследование: наличие добровольного информированного согласия, отсутствие противопоказаний для прохождения службы в регионах Крайнего Севера (для арктического и субарктического поясов), 1-я и 2-я группы здоровья, выполнение одинаковых служебных обязанностей военнослужащими, находящимися во всех климатических поясах. Критерии исключения: наличие острого или обострение хронического заболевания, самостоятельный прием витаминно-минеральных комплексов в течение месяца до включения в исследование и в период проведения наблюдения.

В исследовании приняли участие военнослужащие-мужчины. Объем выборок был большим: 54 (группа 1), 57 (группа 2) и 58 (группа 3) человек. Возраст военнослужащих, проходящих службу в Арктике, составил $35,7 \pm 0,57$ лет, в Субарктике — $34,2 \pm 0,9$ лет ($p_{1-2} = 0,156$), в умеренном климатическом поясе — $35,6 \pm 0,79$ лет ($p_{1-3} = 0,452$, $p_{2-3} = 0,241$).

При проведении плановой диспансеризации в летний период года у военнослужащих определяли уровень витаминов D, V_{12} (кобаламин), V_9 (фолиевая кислота), а также минеральных веществ (калий, натрий, кальций общий и ионизированный, фосфор неорганический, магний, железо) в плазме крови.

Насыщенность организма витамином D характеризовал промежуточный продукт его превращения, 25 ОН витамина D, уровень которого определяли с помощью масс-спектрометра AB SCIEX QTRAP 5500 (SCIEX; Германия). Критерии оценки: < 10 нг/мл — глубокий дефицит, 10–20 нг/мл — дефицит, 20–30 нг/мл — недостаточность, 30–100 нг/мл — оптимальный уровень [15, 16].

Уровень кобаламина определяли с помощью иммунохемилюминесцентной автоматизированной системы ARCHITECT i2000 (Abbott; США). Границы нормы — 25–165 пмоль/л. Вместе с тем, уровень сывороточного общего кобаламина < 148 пмоль/л считали дефицитом витамина V_{12} : при таком значении чувствительность диагностики данного дефицита составила 97% [17].

Уровень фолиевой кислоты определяли методом тандемной масс-спектрометрии на приборе AD SCIEX QTRAP 5500 (SCIEX; Германия). Референтный диапазон — 5,0–9,0 нг/мл [9].

Кальций общий, неорганический фосфор, магний, железо исследовали с помощью анализатора AU 5800 (Beckman Coulter; США). Уровень калия, натрия, ионизированного кальция определяли с помощью анализатора электролитов AVL9180 (Roche; США).

Оценивали режим работ.

В условиях Арктики питание осуществлялось по норме № 1 (общевойсковой паек) с дополнительной выдачей продуктов в районах Крайнего Севера [18]. Продукты завозили в период навигации на целый год. Овощи и фрукты были в консервированном и сушеном видах. Для приготовления пищи использовалась талая вода из снега. В условиях субарктического и умеренного поясов оценивали режим питания и частоту потребления пищевых продуктов (метод анкетирования).

Первичный материал вводили в таблицу MS Excel (Microsoft; США). Электронную таблицу обрабатывали с использованием пакета статистических программ Statistica 6.1 (StatSoft; США). Определяли нормальность распределения выборок, распределение которых по витаминам, калию, ионизированному кальцию и железу отклонялось от нормального, по общему кальцию, фосфору, магнию и натрию соответствовало нормальному. Определяли среднее значение (M) и стандартное отклонение (σ) для параметрических данных, медиану (Me) и межквартильный размах ($Q_{25}-Q_{75}$) для непараметрических данных. Значимость различий между различными группами военнослужащих определяли по критерию Стьюдента для независимых параметрических (нормальное распределение) данных, по критерию Манна–Уитни для непараметрических (не соответствующих нормальному распределению) данных для вероятности $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Средние показатели 25 ОН витамина D были в пределах диапазона, оцениваемого как недостаточная насыщенность организма. При этом наименьшее значение было выявлено у лиц в группе 2: оно было значимо меньше, чем в группах 1 и 3, на 11,9 и 26,5% соответственно. Различия между значениями в группах 1 и 3 не были значимыми.

Средние значения витамина V_{12} были в пределах референтного диапазона. Наименьшее значение, значимо отличающееся от данных, полученных для групп 2 и 3, было зарегистрировано в группе 1: оно было ниже на 15,8 и 30,3% соответственно. Различия в показателях, определенных у лиц, проходящих службу в субарктическом и умеренном климатическом поясах, были незначимыми.

Среднее значение содержания витамина V_9 было в пределах нормы только у лиц, вошедших в группу 3. Этот показатель был статистически значимо больше (на 90,9 и 84,4% соответственно), чем в группах 1 и 2. У лиц из 1-й и 2-й групп средние значения были ниже референтной границы, между ними не было значимых различий. Однако

Таблица 1. Содержание витаминов в плазме крови военнослужащих, проходящих службу в различных климатических поясах ($M \pm \sigma$)

Витамины, референтный диапазон	Группы наблюдения, абс. вел.		
	1	2	3
25 ОН витамина D, 30,0–100 нг/мл	24,06 ± 6,95	21,5 ± 12,1 0,003*	27,2 ± 15,2 0,423**/0,032***
Кобаламин, 25,0–165,0 пмоль/л	96,46 ± 20,6	111,7 ± 59,4 0,046*	125,7 ± 63,2 0,002**/0,334***
Фолиевая кислота, 5,0–9,0 нг/мл	3,4 ± 0,4	3,52 ± 1,54 0,657*	6,49 ± 6,21 0,001**/0,009***

Примечание: * — значимость различий между показателями групп 1–2; ** — значимость различий между показателями групп 1–3; *** — значимость различий между показателями групп 2–3.

верхняя величина интервала отклонения от среднего в группе 1 указывала на отсутствие, а в группе 2 — на наличие лиц с оптимальным уровнем этого витамина (табл. 1).

Содержание калия в плазме крови было в пределах нормы у лиц во всех трех группах. При этом различия между значениями в группах 1 и 3 были статистически незначимыми, а наибольшее значимо отличавшееся (на 6,1 и на 4,3% соответственно) значение было выявлено у лиц из 2-й группы.

Содержание натрия в группе 1 было в пределах референтного диапазона, в группах 2 и 3 значения выходили за верхнюю границу нормы (146,86 и 146,95 ммоль/л). Средние показатели в группах 2 и 3 значимо превышали таковые в группе 1 (на 2,6 и 2,0%).

По отклонению от среднего значения содержание магния только в группе 2 незначительно выходило за верхнюю границу нормы, в остальных группах все значения были в пределах нормы. Среднее значение содержания магния в группе 2 было наибольшим, оно было значимо выше значений в группе 1 (на 9,6%) и группе 2 (на 7,1%). Показатель группы 3 также был на 2,4% выше показателя группы 1.

Значения содержания ионизированного кальция у лиц в группах 2 и 3 были идентичными, однако они значимо отличались от значения группы 1 (были ниже на 2,6%). Интервалы отклонений от средних величин указывали на присутствие в каждой группе лиц со сниженным уровнем ионизированного кальция в организме.

Наименьший уровень общего кальция был выявлен в группе 1: он был значимо ниже, чем в группах 2 и 3 (на 16,8 и на 7,3% соответственно). Показатель группы 3 был выше показателя группы 1, но при этом значимо ниже показателя группы 2. Верхнее значение отклонения от среднего значения в группе 2 указывало на присутствие лиц с превышающим норму уровнем общего кальция в крови.

Средние показатели содержания фосфора неорганического были в пределах нормы во всех наблюдаемых группах. При этом наименьшее значение было выявлено в группе 1, за ней шла группа 3. Показатель группы 2 был выше показателя группы 1 на 45,0% ($p = 0,001$), показателя группы 3 — на 11,5% ($p = 0,001$).

Содержание железа было в пределах границ нормы во всех группах, при этом наименьшее значение было выявлено у лиц в группе 1: статистически значимые отличия от показателей групп 2 и 3 составили 25,7 и 12,0% соответственно. Значение в группе 2 было выше показателя в группе 3 (табл. 2).

Как оказалось, в группах 2 и 3 присутствовали лица, у которых имел место глубокий дефицит витамина D. В целом доли лиц с оптимальным уровнем этого витамина среди проходивших службу в условиях Арктики и Субарктики отличались незначительно, но были в 1,9–2,4 раза меньшими, чем среди проходивших службу в континентальном климате. По содержанию кобаламина и фолиевой кислоты более благополучными выглядели лица из группы 3: доля лиц с уровнем B_{12} ниже 148 пг/мл была меньше (на 32,8 и

Таблица 2. Содержание минеральных веществ в плазме крови военнослужащих, проходящих службу в различных климатических поясах ($M \pm \sigma$ для параметрических и $Me (Q_{25}-Q_{75})$ для непараметрических данных)

Минералы, референтный диапазон	Группы наблюдения, абс. вел.		
	1	2	3
Калий, 3,5–5,1 ммоль/л	4,6 (4,1–5,1)	4,8 (4,55–5,15) 0,015*	4,7 (4,6–4,8) 0,415**/0,023***
Натрий, 136–145 ммоль/л	140,5 ± 2,59	144,1 ± 2,76 0,001*	143,3 ± 3,65 0,001**/0,246***
Магний, 0,66–1,03 ммоль/л	0,83 ± 0,07	0,91 ± 0,13 0,001*	0,85 ± 0,1 0,001**/0,004
Ионизированный кальций, 1,15–1,35 ммоль/л	1,18 (1,14–1,2)	1,16 (1,12–1,2) 0,043*	1,15 ((1,1–1,8) 0,033**/0,339***
Кальций общий, 2,02–2,6 ммоль/л	2,2 ± 0,06	2,57 ± 0,21 0,001*	2,36 ± 0,14 0,001**/0,001
Фосфор неорганический, 0,7–1,8 ммоль/л	0,8 ± 0,04	1,16 ± 0,21 0,001*	1,04 ± 0,17 0,001**/0,01***
Железо, 9,5–30 мкмоль/л	17,4 (14,56–19,26)	20,05 (16,35–25,92) 0,001*	18,4 (13,8–22,7) 0,035**/0,011***

Примечание: * — значимость различий между показателями групп 1–2; ** — значимость различий между показателями групп 1–3; *** — значимость различий между показателями групп 2–3.

Таблица 3. Характеристика отклонений от нормы по содержанию витаминов и минеральных веществ в группах сравнения (%)

Показатели	Группы наблюдения		
	1	2	3
Витамины			
25 ОН витамина D:			
Глубокий дефицит	0	5,8	3,4
Дефицит	29,4	46,1	39,7
Недостаточность	52,9	34,6	24,1
Оптимальный уровень	17,7	13,5	32,8
Кобаламин, < 148 пг/мл	100	73,6	67,2
Фолиевая кислота, ниже нормы	89,8	81,3	44,8
Минеральные вещества			
Калий, выше нормы	23,5	29,6	8,6
Натрий, выше нормы	0	32,7	27,6
Магний	19,6 (ниже нормы)	7,4 (выше нормы)	6,9 (нижняя граница нормы)
Ионизированный кальций, ниже нормы	29,4	50	44,8 и 22,4 (нижняя граница нормы)
Кальций общий	0	42,6% выше нормы	0
Фосфор, ниже нормы	0	0	1,7
Железо, ниже нормы	2	1,9	3,4

6,4% соответственно), а показатель V_9 — на 45,0 и 36,5% меньше, чем в других группах.

В группах 1 и 2 были выявлены лица, у которых уровень калия превышал норму. Что касается превышения нормы по натрию, выделялись группы 2 и 3. Интересными оказались различия в долях лиц с различным уровнем магния. Так, почти у пятой части 1-й группы он был ниже нормы, во 2-й группе выявлены лица с превышением нормы по магнию, а в 3-й — лица, у которых уровень магния был на нижней границе нормы. Существенные различия были выявлены при оценке индивидуальных показателей ионизированного кальция: в субарктическом и умеренном поясах доли лиц с низким уровнем ионизированного кальция были выше таковой в арктическом поясе в 1,7 и 1,5 раза. Если учесть, что у пятой части группы 3 его уровень был на нижней границе нормы (1,15 ммоль/л), то наибольший дисбаланс имел место именно в этой группе. Превышение нормы по общему кальцию было установлено в группе 2; незначительные доли лиц с низким уровнем железа присутствовали в каждой группе, а с низким уровнем фосфора — только в группе 3 (табл. 3).

Режим работ у военнослужащих-мужчин, проходящих службу в арктическом поясе, предполагал суточное дежурство через двое в условиях помещения (напряженный труд). В промежутках между работами в помещении их привлекали для работ на открытой территории в течение 4–5 ч (тяжелый труд). Режим работ в Субарктике и умеренном климатическом поясе представлял собой 5–6-дневную (неофициально) нерегламентированную по времени работу в помещении (напряженный труд), воскресенье было днем отдыха. Время от времени отдых представляли в субботу.

Питание в Арктике было организовано в соответствии с установленной для этих условий нормой [18], дополнительная витаминизация не проводилась. Питание в субарктическом и умеренном климатическом поясах — индивидуальное домашнее и на предприятиях общественного питания (обед у 96,0%). Кратность приема пищи — обед и ужин у 52,7%, завтрак, обед и ужин — у 47,3%. Свежие овощи, зелень, фрукты присутствовали в рационе не чаще трех раз в неделю. Часть опрошенных

отметила, что время от времени принимает витаминные препараты по своему усмотрению, при этом предпочтение отдавалось содержащим витамин D препаратам.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Известно, что в условиях Крайнего Севера происходят изменения в составе крови и характеристиках эритроцитов: в ответ на действие холода и гипоксию, которые нарушают легочную вентиляцию, возрастает количество эритроцитов, снижается гемоглобин, развиваются железодефицитные анемии [19, 20]. При этом важную роль в кроветворении отводят витаминам B_{12} и V_9 (они являются взаимосвязанными витаминами), а также железу [21–23]. Следует отметить, что все предыдущие наблюдения проводили в условиях экстремального воздействия холода. Наше исследование было выполнено в летний период, что исключало влияние экстремально низких температур. Кроме того, в доступной литературе отсутствуют данные сравнительного анализа оцененных нами показателей у лиц, осуществляющих деятельность в трех климатических поясах, и у лиц, выполняющих работы на открытой территории и в помещениях, имеющих разный характер питания.

В нашем исследовании уровень кобаламина в плазме крови мужчин из трех групп наблюдения был в пределах референтного диапазона. Вместе с тем, согласно данным литературы, его уровень снижен у значительной доли лиц в каждом климатическом поясе с превалярованием в Арктике [17]. Помимо этого у значительной доли лиц выявлен низкий уровень фолиевой кислоты с превалярованием в условиях Крайнего Севера.

Полученные данные указывают на роль питания в обеспечении организма указанными витаминами. Так, энергетическая ценность общеевойскового пайка, используемого военнослужащими в Арктике, составляет $4466,7 \pm 230,7$ ккал/сутки. Овощи представлены консервированным картофелем, морковью, капустой (в том числе квашеной), свеклой, луком репчатым, солеными томатами и огурцами. В состав пайка входят плодовые и ягодные соки (яблочный, виноградный, сливовый),

овощные консервы (зеленый горошек, кабачковая икра), сушеные фрукты (яблоки, слива, виноград, абрикосы). Однако, как отмечает ряд авторов, одним из проблемных вопросов продовольственного обеспечения является возможный дефицит витаминов в указанных рационах питания. По данным исследований, даже кратковременные физические нагрузки в сочетании с низкой температурой окружающей среды и субкалорийным питанием могут привести к дефициту витамина С в организме. При низких температурах также могут возникнуть нарушения обмена витамина С и комплекса витамина В и микроэлементов [6, 7]. Наше исследование выявило наличие дефицита витаминов В₉ и В₁₂ у всех групп военнослужащих. Данные о недостаточности витамина В₉ у лиц, проходящих военную службу в условиях Субарктики и континентального пояса, указывают на недостаточное потребление свежей растительной пищи.

Для нормального кроветворения также необходимо железо, содержание которого в плазме крови было в пределах нормы у всех обследованных. Вместе с тем, в каждой группе были выявлены лица с низким уровнем железа, что указывало на повышенную потребность организма в данном минерале.

Таким образом, среди причин нарушения эритропоэза в условиях Крайнего Севера могут быть недостаточность кобаламина и фолиевой кислоты, возможно, повышенная потребность в железе.

Климатические факторы Крайнего Севера характеризуются недостаточностью ультрафиолетовой инсоляции, которая способствует развитию D-витаминной недостаточности организма [24, 25]. В нашем случае дефицит и недостаточность витамина D выявлены у 82,3 и 86,5% проходящих службу в этих условиях соответственно. Интересно, что в Субарктике доля была выше, чем в Арктике. Кроме того, в Субарктике в 1,8 раза была больше доля лиц с глубоким дефицитом и дефицитом витамина. Вероятно, это было связано с условиями труда: в Арктике военнослужащие значительное время находились на открытой территории, а в Субарктике работы выполняли в помещениях.

В условиях умеренного климатического пояса у 67,2% обследованных также был выявлен недостаток витамина D — вероятно, также обусловленный работой в помещениях.

Обращал на себя внимание тот факт, что во всех трех климатических поясах дефицит витамина D был выявлен в летний период года.

Известно, что D-витаминная обеспеченность организма тесно связана с фосфор-кальций-магниевым обменом [26, 27]. Магний способствует активации витамина D, регулирующего гомеостаз кальция и фосфатов. Все ферменты, метаболизирующие витамин D, нуждаются в магнии, который действует как кофактор в ферментативных реакциях в печени и почках [14]. Наши данные указывают на низкий уровень магния у пятой части лиц в Арктике и низкий уровень ионизированного кальция у третьей части; в субарктическом и умеренном климатических поясах у половины обследованных был определен низкий или на

уровне нижней границы нормы уровень ионизированного кальция. Кроме того, дисбаланс содержания в крови калия и натрия выявлен в субарктическом и умеренном климатическом поясах, калия — в Арктике. Вероятно, дефицит магния способствовал дисбалансу калия, а сниженный уровень магния был связан с значительными эмоциональными нагрузками [28]. Среди возможных причин такой недостаточности могло быть использование низкоминерализованной питьевой воды из талого снега. Она содержала необходимые для функционирования человека и участвующие в биологических процессах железо, цинк, медь, молибден в минимальных количествах [29].

Таким образом, наша работа актуализирует направления медицинской профилактики нарушений здоровья у военнослужащих в неблагоприятных условиях труда:

- необходимость оценки витаминно-минерального баланса организма как в экстремальных условиях обитания (Арктика, Субарктика), так и в умеренном климатическом поясе);

- оптимизация питания продуктами белково-растительного/растительного происхождения с повышенным содержанием биологически активных веществ (для организованного питания в Арктике), а также повышение осведомленности военнослужащих по вопросам индивидуального питания (для повышения насыщенности организма витаминами) и приема витаминных препаратов содержащих кобаламин, фолиевую кислоту, витамин D;

- разработка рецептур многокомпонентных продуктов питания для коррекции витаминно-минерального баланса организма в экстремальных условиях обитания.

ВЫВОДЫ

В условиях Арктики и Субарктики у 82,3 и 86,5% военнослужащих-мужчин в летний период года диагностированы дефицит и недостаточность витамина D. Условия работ в помещении обуславливают выраженность D-дефицита как в Субарктике, так и в умеренном климатическом поясе (глубокий дефицит и дефицит витамина D выявлен у 51,9 и у 43,1% против 29,4% среди лиц в Арктике, работающих на открытой территории). В условиях Крайнего Севера повышается потребность организма в витаминах В₉ и В₁₂, на что указывают дефицит кобаламина у 100,0% военнослужащих в Арктике и 73,6% в Субарктике, а также фолиевой кислоты (у 89,8 и 81,3% соответственно против 67,2 и 44,8% в умеренном климатическом поясе), что служит фактором риска нарушения эритропоэза. Дисбаланс минеральных веществ у военнослужащих, проходящих службу в трех исследуемых климатических поясах, характеризуется низким уровнем ионизированного кальция (у 29,4, 50,0 и 67,2% соответственно), снижением уровня железа (у 2,0, 1,9 и 3,4%), повышенным уровнем калия (у 23,5, 29,6 и 8,6%), превышением нормы по натрию в Субарктике и умеренном климатическом поясе, превышением нормы по общему кальцию в Субарктике.

Литература

1. Указ Президента РФ от 27 февраля 2023 г. № 126 «О внесении изменений в Стратегию развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года, утвержденную Указом Президента Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 645».
2. Указ Президента РФ от 31 июля 2022 г. № 512 «Об утверждении Морской доктрины Российской Федерации».

3. Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» (с изменениями и дополнениями).
4. Указ Президента РФ от 5 марта 2020 г. № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года».
5. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». М., 2021; 72 с.
6. 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): 165–8.
7. Маков В. А. Особенности продовольственного обеспечения военнослужащих, проходящих военную службу в арктической зоне Российской Федерации. Российская Арктика. 2018; (3): 51. DOI: 10.24411/2658-4255-2018-00011.
8. Витамин В12 дефицитная анемия. Клинические рекомендации. Минздрав РФ. 2021-2022-2023. URL: http://disuria.ru/_id/10/1065_kr21D51MZ.pdf?ysclid=lsvh29b7gt686236909.
9. Фолиеводефицитная анемия. Клинические рекомендации. Минздрав РФ. 2021. URL: <https://kr-pf-2021/17023?ysclid=lsvghmqsvx153502174>.
10. Железододефицитная анемия. Клинические рекомендации. Минздрав РФ. 2021. URL: <https://webmed.irkutsk.ru/doc/pdf/kr669.pdf>.
11. Ланец И. Е., Гостинищева Е. В. Современные взгляды на роль витамина D в организме человека. Научное обозрение. Медицинские науки. 2022; (5): 39–45.
12. Костромин А. В., Панова Л. Д., Малиевский В. А., Крывкина Н. Н., Ярукова Е. В., Акульшина А. В. и др. Современные данные о влиянии витамина D на иммунитет и роль в профилактике острых респираторных инфекций. Современные проблемы науки и образования. 2019; (5). URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29186>.
13. Kikuta J, Ishii M. The effects of vitamin D on immune system and inflammatory diseases. *Biomolecules*. 2021; 11 (11): 1624. DOI: 10.3390/biom11111624.
14. Uwitonze AM, Razzaque MS. Role of magnesium in vitamin D activation and function. *J Am Osteopath Assoc*. 2018; 118 (3): 181–9. DOI: 10.7556/jaoa.2018.037.
15. Пигарева Е. А., Рожинская Л. Я., Белая Ж. Е., Дзеранова Л. К., Каронова Т. Л., Ильин А. В. и др. Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D взрослых. Проблемы эндокринологии. 2016; (4): 60–84. DOI: 10.14341/probl201662460-84.
16. Маганова И. С., Пигарова Е. А., Шулькекова Н. В., Дзеранова Л. К., Еремкина А. К., Милютин А. П. и др. Оценка фосфорно-кальциевого обмена и метаболизма витамина D у пациентов с первичным гиперпаратиреозом на фоне болюсной терапии колекальциферолом. Проблемы эндокринологии. 2021; 67 (6): 68–79. DOI: 10.14341/probl2851.
17. 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; 10 (3): 15–25. DOI: 10.17650/1818-8338-2016-10-3-15-25.
18. Постановление Правительства РФ от 29 декабря 2007 г. № 946 «О продовольственном обеспечении военнослужащих и некоторых других категорий лиц, а также об обеспечении кормами (продуктами) штатных животных воинских частей и организаций в мирное время» (в редакции от 18 сентября 2020 г., № 1484).
19. 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): 415–22. DOI: 10.1002/iid3.323.
20. 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): 202–5.
21. Costanzo G, Sambugaro G, Giulia Mandis G, Sofia Vassallo S, Scuteri A. Pancytopenia secondary to vitamin B12 deficiency in older subjects. *J Clin Med*. 2023; 12 (5): 2059. DOI: 10.3390/jcm12052059.
22. Torrez M, Chabot-Richards D, Babu D, Lockhart E, Foucar K. How I investigate acquired megaloblastic anemia. *Int J Lab Hematol*. 2022; 44 (2): 236–47. DOI: 10.1111/ijlh.13789.
23. De Almeida JG, Gudgin E, Besser M, Dunn WG, Cooper J, Haferlach T, et al. Computational analysis of peripheral blood smears detects disease-associated cytomorphologies. *Nat Commun*. 2023; 14 (1): 4378. DOI: 10.1038/s41467-023-39676-y.
24. Кострова Г. Н., Малявская С. И., Лебедев А. В. Обеспеченность витамином D жителей г. Архангельска в разные сезоны года. Журнал медико-биологических исследований. 2022; 10 (1): 5–14. DOI: 10.37482/2687-1491-Z085.
25. Коробицына Р. Д., Сорокина Т. Ю. Статус витамина D населения России репродуктивного возраста за последние 10 лет. Российская Арктика. 2022; (18): 44–55. DOI: 10.24412/2658-4255-2022-3-44-55.
26. Юрьева Э. А., Османов И. М., Воздвиженская Е. С., Шабельникова Е. И. Обмен кальция и фосфатов в норме и при патологии у детей. *Практика педиатра*. 2021; (4): 24–30.
27. Берковская М. А., Кушханашова Д. А., Сыч Ю. П., Фадеев В. В. Состояние фосфорно-кальциевого обмена у пациентов после бариатрических операций и роль восполнения дефицита витамина D в профилактике и лечении послеоперационных костно-метаболических нарушений. *Ожирение и метаболизм*. 2020; 17 (1): 73–81. DOI: 10.14341/omet12306.
28. Скальный А. В. Микроэлементозы: бодрость, здоровье, долголетие. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Перо, 2019; 295 с.
29. Рахманов Р. С., Нарутдинов Д. А., Богомолова Е. С., Разгулин С. А., Аликберов М. Х., Непряхин Д. В. Оценка реакции организма военнослужащих в Арктике по показателям крови в условиях водопользования местными ресурсами. *Здоровье населения и среда обитания*. 2023; 31 (7): 48–54. DOI: 10.35627/2219-5238/2023-31-7-48-54.

References

1. Ukaz Prezidenta RF ot 27 fevralja 2023 g. No. 126 "O vnesenii izmenenij v Strategiju razvitija Arkticheskoj zony Rossijskoj Federacii i obespechenija nacional'noj bezopasnosti na period do 2035 goda, utverzhdenuju Ukazom Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 26 oktjabrja 2020 g. No. 645". Russian.
2. Ukaz Prezidenta RF ot 31 ijulja 2022 g. No. 512 "Ob utverzhdenii Morskoj doktriny Rossijskoj Federacii". Russian.
3. Ukaz Prezidenta RF ot 26 oktjabrja 2020 g. No. 645 "O Strategii razvitija Arkticheskoj zony Rossijskoj Federacii i obespechenija nacional'noj bezopasnosti na period do 2035 goda" (s izmenenijami i dopolnenijami). Russian.
4. Ukaz Prezidenta RF ot 5 marta 2020 g. No. 164 "Ob Osnovah gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v Arktike na period do 2035 goda".
5. Metodicheskie rekomendacii MP 2.3.1.0253-21 "Normy fiziologicheskijh potrebnostej v jenergii i pishhevijh veshhestvah dlja razlichnyh grupp naselenija Rossijskoj Federacii". М., 2021; 72 p. Russian.
6. Krivcov AV, Kirichenko NN, Ivchenko EV, Smetanin AL, Andriyanov AI, Sorokoletova EF, et al. Fiziologo-gigienicheskaja harakteristika pitaniija i vodosnabzhenija voinskogo garnizona v Arktike. *Vestnik Rossijskoj voenno-meditsinskoj akademii*. 2015; 4 (52): 165–8. Russian.
7. Makov VA. Osobennosti prodovol'stvennogo obespechenija voennosluzhashhijh, pro-hodjashhijh voennuju sluzhbu v arkticheskoj zone Rossijskoj Federacii. *Rossijskaja Arktika*. 2018; (3): 51. DOI: 10.24411/2658-4255-2018-00011. Russian.
8. Vitamin B12 deficitnaja anemija. *Klinicheskie rekomendacii. Minzdrav RF. 2021-2022-2023*. Available from: http://disuria.ru/_id/10/1065_kr21D51MZ.pdf?ysclid=lsvh29b7gt686236909. Russian.

9. Folievodeficitnaja anemija. Klinicheskie rekomendacii. Minzdrav RF. 2021. Available from: <https://kp-pf-2021/17023?ysclid=lsvgxmqsxv153502174>. Russian.
10. Zhelezodeficitnaja anemija. Klinicheskie rekomendacii. Minzdrav RF. 2021. Available from: <https://webmed.irkutsk.ru/doc/pdf/kr669.pdf>. Russian.
11. Lanec IE, Gostinishheva EV. Sovremennye vzglyady na rol' vitamina D v organizme cheloveka. Nauchnoe obozrenie. Medicinskie nauki. 2022; (5): 39–45. Russian.
12. Kostromin AV, Panova LD, Malievskij VA, Kryvina NN, Jarukova EV, Akulshina AV, et al. Sovremennye dannye o vlijanii vitamina D na immunitet i rol' v profilaktike ostryh respiratornyh infekcij. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2019; (5). Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29186>. Russian.
13. Kikuta J, Ishii M. The effects of vitamin D on immune system and inflammatory diseases. Biomolecules. 2021; 11 (11): 1624. DOI: 10.3390/biom11111624.
14. Uwitonze AM, Razaque MS. Role of magnesium in vitamin D activation and function. J Am Osteopath Assoc. 2018; 118 (3): 181–9. DOI: 10.7556/jaoa.2018.037.
15. Pigareva EA, Rozhinskaja LJ, Belaja ZhE, Dzeranova LK, Karonova TL, Ilin AV, et al. Klinicheskie rekomendacii Rossijskoj associacii jendokrinologov po diagnostike, lecheniju i profilaktike deficita vitamina D vzroslyh. Problemy jendokrinologii. 2016; (4): 60–84. DOI: 10.14341/probl201662460-84. Russian.
16. Maganeva IS, Pigarova EA, Shulpekova NV, Dzeranova LK, Eremkina AK, Miljutina AP, et al. Ocenka fosforno-kal'cievogo obmena i metabolitov vitamina D u pacientov s pervichnym giperparatireozom na fone boljusnoj terapii kolekal'ciferolom. Problemy jendokrinologii. 2021; 67 (6): 68–79. DOI: 10.14341/probl12851. Russian.
17. Krasnovskij AL, Grigorev SP, Alehina RM, Ezhova IS, Zolkina IV, Loshkareva EO. Sovremennye vozmozhnosti diagnostiki i lechenija deficita vitamina B12. Klinicist. 2016; 10 (3): 15–25. DOI: 10.17650/1818-8338-2016-10-3-15-25. Russian.
18. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 29 dekabrya 2007 g. No. 946 "O prodovol'stvennom obespechenii voennosluzhashhij i nekotoryh drugih kategorij lic, a takzhe ob obespechenii kormami (produktami) shtatnyh zhivotnyh voinskih chastej i organizacij v mimoe vremja" (v redakcii ot 18 sentjabrya 2020 g., No. 1484). Russian.
19. 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): 415–22. DOI: 10.1002/iid3.323.
20. Nagibovich OA, Uhovskij DM, Zhekalov AN, Tkachuk NA, Arzhavkina LG, Bogdanova EG, et al. Mehanizmy gipoksii v Arkticheskoj zone Rossijskoj Federacii, Vestnik Rossijskoj Voenno-meditsinskoj akademii. 2016; 2 (54): 202–5. Russian.
21. Costanzo G, Sambugaro G, Giulia Mandis G, Sofia Vassallo S, Scuteri A. Pancytopenia secondary to vitamin B12 deficiency in older subjects. J Clin Med. 2023; 12 (5): 2059. DOI: 10.3390/jcm12052059.
22. Torrez M, Chabot-Richards D, Babu D, Lockhart E, Foucar K. How I investigate acquired megaloblastic anemia. Int J Lab Hematol. 2022; 44 (2): 236–47. DOI: 10.1111/ijlh.13789.
23. De Almeida JG, Gudgin E, Besser M, Dunn WG, Cooper J, Haferlach T, et al. Computational analysis of peripheral blood smears detects disease-associated cytomorphologies. Nat Commun. 2023; 14 (1): 4378. DOI: 10.1038/s41467-023-39676-y.
24. Kostrova GN, Maljavskaja SI, Lebedev AV. Obespechennost' vitaminom D zhitelej g. Arhangel'ska v raznye sezony goda. Zhurnal mediko-biologicheskijh issledovanij. 2022; 10 (1): 5–14. DOI: 10.37482/2687-1491-Z085. Russian.
25. Korobicyna RD, Sorokina TJu. Status vitamina D naselenija Rossii reproduktivnogo vozrasta za poslednie 10 let. Rossijskaja Arktika. 2022; (18): 44–55. DOI: 10.24412/2658-4255-2022-3-44-55. Russian.
26. Jureva JeA, Osmanov IM, Vozdvizhenskaja ES, Shabelnikova EI. Obmen kal'cija i fosfatov v norme i pri patologii u detej. Praktika pediatra. 2021; (4): 24–30. Russian.
27. Berkovskaja MA, Kushhanashhova DA, Sych JuP, Fadeev VV. Sostojanie fosforno-kal'cievogo obmena u pacientov posle bariatricheskijh operacij i rol' vospolnenija deficita vitamina D v profilaktike i lechenii posleoperacionnyh kostno-metabolicheskijh narushenij. Ozhirenie i metabolizm. 2020; 17 (1): 73–81. DOI: 10.14341/omet12306. Russian.
28. Skalnyj AV. Mikroelementozy: bodrost', zdorov'e, dolgoletie. 4-e izd., pererab. i dop. M.: Pero, 2019; 295 p. Russian.
29. Rahmanov RS, Narutdinov DA, Bogomolova ES, Razgulin SA, Alikberov MH, Neprjahin DV. Ocenka reakcii organizma voennosluzhashhijh v Arktike po pokazateljam krovi v uslovijah vodopol'zovanija mestnymi resursami. Zdorov'e naselenija i sreda obitanija. 2023; 31 (7): 48–54. DOI: 10.35627/2219-5238/2023-31-7-48-54. Russian.