Профилактическая медицина
2024, т. 27, №11, с. 108–114
https://doi.org/10.17116/profmed202427111108

Russian Journal of Preventive Medicine
2024, vol. 27, no. 11, pp. 108–114
https://doi.org/10.17116/profmed202427111108

Содержание в крови 25-OH витамина D и биогенных аминов у жителей города Архангельска

© В.А. АЛИКИНА, Е.В. ТИПИСОВА, А.Э. ЕЛФИМОВА, И.Н. МОЛОДОВСКАЯ, В.Н. ЗЯБИШЕВА

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук» Минобрнауки России, Архангельск, Россия

РЕЗЮМЕ

Изучение обеспеченности витамином D, недостаток которого играет важную роль в развитии многих хронических состояний, а также биогенными аминами, участвующими в том числе в развитии сезонных аффективных расстройств, практически здоровых жителей города Архангельска, характеризующегося низким уровнем инсоляции и наличием контрастной фотопериодики в течение года, представляется актуальным.

Цель исследования. Определить сезонную динамику концентраций витамина D и биогенных аминов в крови у практически здоровых мужчин и женщин трудоспособного возраста и установить имеющиеся особенности для дальнейшего использования в профилактической и клинической медицине.

Материал и методы. В проспективном исследовании участвовало 40 человек (20 мужчин и 20 женщин) в возрасте 25—44 лет, проживающих в г. Архангельске. У обследованных лиц в течение года (март, июнь, сентябрь, декабрь) определены уровни 25-OH витамина D, серотонина, дофамина, норадреналина, адреналина в крови.

Результаты. Установлено, что в женской выборке наиболее высокие уровни витамина D в крови отмечены в период максимальной продолжительности светового дня (июнь), а наиболее низкие — в период минимальной продолжительности светового дня (декабрь) с наличием состояний недостаточности и дефицита витамина D в 85% случаев. У мужчин пиковые концентрации витамина D в крови «смещены» на один сезон, и максимальная концентрация витамина D регистрировалась в период снижения продолжительности светового дня (сентябрь), а минимальные его уровни — в период увеличения продолжительности светового дня (март). Весной у мужчин отмечалось минимальное содержание серотонина, у женщин — напротив, уровень его был максимальным.

Выводы. Установлено, что у мужчин критическим по содержанию в крови витамина D является весенний период года (март), у женщин — зимний (декабрь). При этом годовая динамика уровня витамина D в крови ассоциирована с изменением уровня серотонина у мужского населения, а у женщин зимой на фоне низкого уровня витамина D и серотонина зарегистрирован высокий уровень норадреналина и адреналина.

Ключевые слова: *25-OH витамин D, дофамин, серотонин, адреналин, норадреналин, контрастная фотопериодика, сезонная динамика, Арктическая зона Российской Федерации*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Аликина В.А. — https://orcid.org/0000-0002-0818-7274
Типисова Е.В. — https://orcid.org/0000-0003-2097-3806
Елфимова А.Э. — https://orcid.org/0000-0003-2519-1600
Молодовская И.Н. — https://orcid.org/0000-0003-3097-9427
Зябишева В.Н. — https://orcid.org/0000-0001-6133-8249
Автор, ответственный за переписку: Аликина В.А. — e-mail: victoria-popcova@yandex.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Аликина В.А., Типисова Е.В., Елфимова А.Э., Молодовская И.Н., Зябишева В.Н. Содержание в крови 25-OH витамина D и биогенных аминов у жителей города Архангельска. *Профилактическая медицина.* 2024;27(11):108–114.
https://doi.org/10.17116/profmed202427111108

The blood content of 25-OH vitamin D and biogenic amines in residents of Arkhangelsk city

© V.A. ALIKINA, E.V. TIPISOVA, A.E. ELFIMOVA, I.N. MOLODOVSKAYA, V.N. ZYABISHEVA

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Arkhangelsk, Russia

ABSTRACT

Study of adequacy of vitamin D, the lack of which plays an important role in the development of many chronic conditions, along with biogenic amines, involved in the development of seasonal affective disorders as well, of apparently healthy residents of Arkhangelsk, characterized by the low level of insolation and the presence of contrast photoperiodicity throughout the year, seems urgent.

Objective. To determine the seasonal dynamics of vitamin D and biogenic amines concentrations in the blood of apparently healthy men and women of working age and to establish the existing features for further use in preventive and clinical medicine.

Material and methods. The prospective study involved 40 people (20 men and 20 women) aged 25—44 years, living in Arkhangelsk. Blood levels of 25-OH vitamin D, serotonin, dopamine, noradrenaline, adrenaline were determined in the examined subjects during the year (March, June, September, December).

Results. It has been established in the female sample that the maximum blood levels of vitamin D were observed in the period of maximum length of daylight (June), and the minimum — in the period of minimum one (December) with the presence of 85% of insufficient and deficient conditions. In men, peak vitamin D blood concentrations were «shifted» for one season, and the highest concentration of vitamin D was registered in the period of day length reduction (September), and the lowest levels — in the period of daylight increase (March). Men had a minimum serotonin level in the spring, while women had a maximum one.
Conclusions. It has been established that the critical period of the year for vitamin D blood level in men is spring (March), in women — winter (December). Thus, the annual dynamics of vitamin D level in the blood is associated with changes of serotonin level in men, and women have high noradrenaline and adrenaline levels in winter on the background of low vitamin D and serotonin levels.

Keywords: *25-OH vitamin D, dopamine, serotonin, adrenaline, noradrenaline, contrast photoperiodicity, seasonal dynamics, Arctic zone of the Russian Federation*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Alikina V.A. — https://orcid.org/0000-0002-0818-7274
Tipisova E.V. — https://orcid.org/0000-0003-2097-3806
Elfimova A.E. — https://orcid.org/0000-0003-2519-1600
Molodovskaya I.N. — https://orcid.org/0000-0003-3097-9427
Zyabisheva V.N. — https://orcid.org/0000-0001-6133-8249
Corresponding author: Alikina V.A. — e-mail: victoria-popcova@yandex.ru

TO CITE THIS ARTICLE:
Alikina VA, Tipisova EV, Elfimova AE, Molodovskaya IN, Zyabisheva VN. The blood content of 25-OH vitamin D and biogenic amines in residents of Arkhangelsk city. *Russian Journal of Preventive Medicine.* 2024;27(11):108–114. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/profmed202427111108

Введение

На сегодняшний день распространенность недостаточности и дефицита витамина D в организме человека растет на глобальном уровне [1]. Последствия дефицита витамина D невозможно недооценить, так как его связывают с повышенным риском различных острых и хронических заболеваний и состояний, включая остеопороз, преэклампсию, детский кариес зубов, периодонтит, аутоиммунные нарушения, инфекционные и сердечно-сосудистые заболевания, отдельные виды рака, сахарный диабет 2-го типа, ожирение, неврологические расстройства, синдром раздраженного кишечника и прочее [2—4]. Архангельск находится в Арктической зоне Российской Федерации и характеризуется низким уровнем инсоляции и наличием контрастной фотопериодики с продолжительностью дня более 20 часов в летний период и менее 4 часов в зимний. Согласно данным литературы, одновременно с укорочением светового дня падает концентрация витамина D, и может возникать синдромокомплекс — сезонное аффективное расстройство, основы патогенеза которого включают в себя изменение циркадных ритмов, снижение обеспеченности витамином D, модификацию моноаминергических функций нейромедиаторов (дофамина, серотонина, норадреналина, адреналина). Недавние исследования показали, что витамин D играет важную роль в развитии депрессии [5], однако причинно-следственные связи достоверно не установлены.

Согласно единичным исследованиям, на уровень витамина D могут оказывать влияние сезон года, пол человека, его место жительства, диета, этническая принадлежность [6, 7]. Другие публикации свидетельствуют, что возраст, пол [8], место проживания [9] или географическая широта [10] не влияют на концентрацию витамина D в сыворотке крови. При этом чаще всего исследования проводили на основании различных выборок обследуемых: либо на группах людей с определенными заболеваниями, либо делались смешанные по полу, возрасту, этнической принадлежности выборки, либо это были одномоментные исследования, не позволяющие оценить сезонную вариабельность у какой-то одной выборки обследуемых [11]. В зарубежных источниках обнаружены работы по изучению взаимосвязи концентрации витамина D в сыворотке крови и наличия сезонных расстройств, однако при этом количественная оценка концентрации биогенных аминов не проводилась, и выводы строились только на основе различных психологических тестов [12—14].

Цель исследования — определить сезонную динамику концентраций витамина D и биогенных аминов в крови у практически здоровых мужчин и женщин трудоспособного возраста и установить имеющиеся особенности для дальнейшего использования в профилактической и клинической медицине.

Материал и методы

Дизайн исследования. Проведено аналитическое проспективное неконтролируемое исследование уровня 25-OH витамина D, дофамина, серотонина, адреналина, норадреналина в сыворотке и плазме крови у клинически здоровых 20 мужчин и 20 женщин г. Архангельска (64°32'24,4"с.ш.). Образцы крови собирали каждый сезон (март, июнь, сентябрь, декабрь) в течение года у одной и той же группы обследуемых. Годовой приход суммарной радиации в Архангельске составляет в среднем 2044 МДж/м^2 [15], количество солнечных дней в году не более 70, что характеризует Архангельск как город с низкой инсоляцией.

Критерии включения: возраст от 25 до 44 лет, индекс массы тела от 18,5 до 25 кг/м^2, отсутствие эндокринной патологии, проживание на севере европейской территории России на протяжении двух и более поколений. Все обследуемые на момент сдачи крови не имели в анамнезе обострения хронических заболеваний и перенесенной острой респираторной вирусной инфекции за 2—3 недели до исследования. По результатам лабораторного обследования испытуемые не являлись носителями антител к тиреопероксидазе и тиреоглобулину.

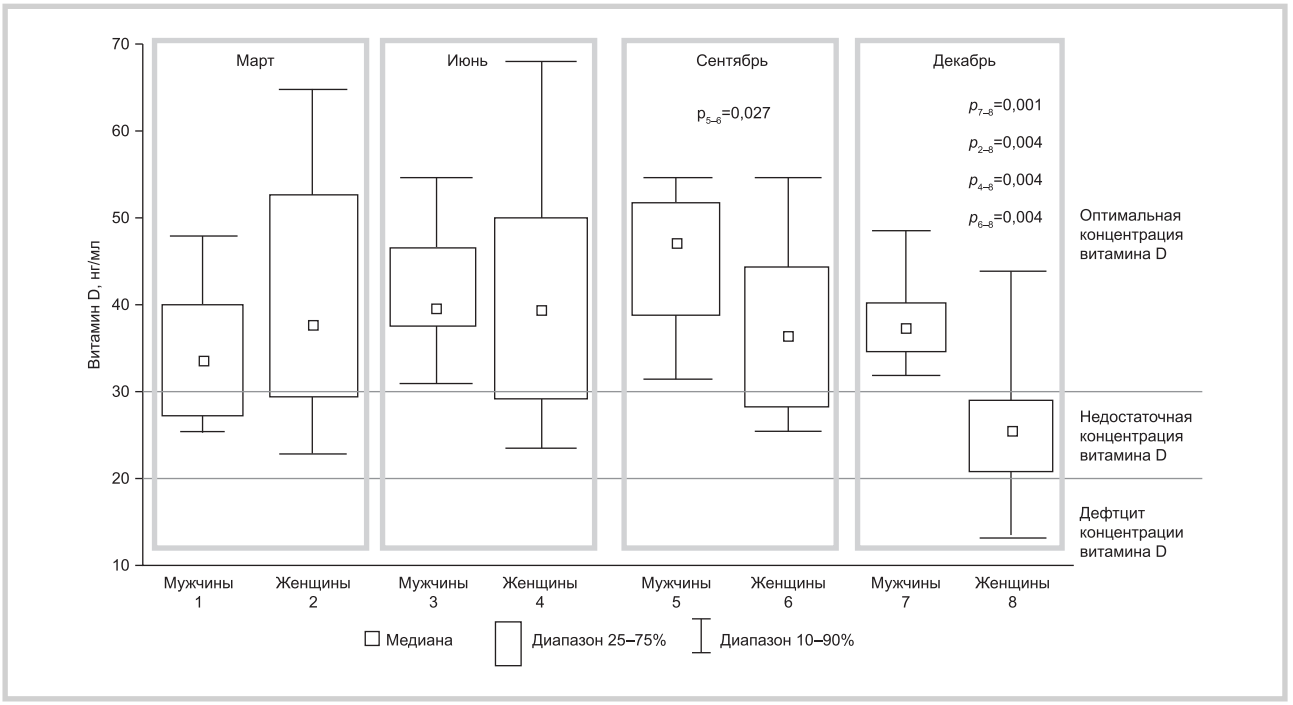

Рис. 1. **Диапазон колебаний уровней витамина D в плазме крови мужчин и женщин в зависимости от сезона года.**
Fig. 1. **The range of fluctuations in vitamin D levels in blood plasma of men and women depending on year season.**

Сбор данных. Обследование волонтеров проводили при наличии информированного добровольного согласия в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (1964 г., ред. 2013 г.). Исследование одобрено комитетом по биомедицинской этике ФГБУН «ФИЦКИА УрО РАН» (выписка из протокола №1 от 15.03.2018, №3 от 09.02.2022, № 1 от 10.04.2023 заседания этического комитета ФГБУН «ФИЦКИА УрО РАН»). В ходе осмотра и беседы с испытуемыми проводили анкетирование, измерение уровня артериального давления, частоты сердечных сокращений, антропометрических показателей (рост, масса тела).

Методика определения уровня 25-ОН витамина D и биогенных аминов. Забор крови осуществляли натощак из локтевой вены в пробирки типа Improvacuter с активатором свертывания и этилендиаминтетрауксусной кислотой в утренние часы (с 8:00 до 10:00) квалифицированным медицинским персоналом центра профессиональной диагностики ООО «Биолам», лаборатории «Гемотест». Кровь центрифугировали в течение 15—20 минут при 1500 об/мин. Собранную сыворотку и плазму расфасовывали в микропробирки и хранили в замороженном состоянии до момента проведения анализа.

Уровни показателей определяли методом иммуноферментного анализа (ИФА) *in vitro* на анализаторе иммунологическом Multiskan FC (Thermo Fisher Scientific (Shanghai) Instruments Co., Ltd., КНР). В сыворотке крови определяли уровни серотонина с помощью наборов реагентов (DRG Instruments GmbH, Германия). В плазме крови определяли уровни дофамина с применением наборов реагентов (Labor Diagnostika Nord GmbH & Co. KG, Германия), концентрацию 25-ОН Витамина D, адреналина и норадреналина — с использованием тест-систем (DRG Instruments GmbH, Германия). Для данного исследования в соответствии с критериями Клинических рекомендаций Российской ассоциации эндокринологов (2016) использовали пороговые значения для оптимальной концентрации 25(OH) витамина D в крови равной более 30 нг/мл, недостаточность — концентрации 25(OH) витамина D от 20 до 30 нг/мл, дефицит — менее 20 нг/мл [16].

Статистический анализ данных проводили с использованием пакета прикладных программ Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США), обладатель лицензии ФГБУН «ФИЦКИА УрО РАН»). Для проверки нормальности данных эндокринологического обследования использовали тест Шапиро—Уилка, по результатам которого применяли непараметрические методы анализа. Для оценки статистической значимости различий между несколькими связанными выборками применяли непараметрический дисперсионный анализ повторных измерений Фридмана с последующим попарным сравнением с помощью критерия Вилкоксона с поправкой Бонферрони, сравнение двух независимых выборок осуществляли с помощью *U*-критерия Манна—Уитни [17].

Результаты

Витамин D. Установлено, что значения медиан (Me) изучаемых показателей находятся в пределах физиологических норм, за исключением уровня витамина D в плазме крови у женщин в зимний период: у них зафиксирована недостаточная концентрация (25,71 нг/мл) витамина D **(таблица)**. Однако диапазон колебаний (10—90 перцентилей) уровней витамина D во все периоды года у представителей обеих выборок смещен к низким значениям, соответствующим недостаточности и дефициту, при этом у женщин эта тенденция проявлена больше. Уровни 25-ОН витамина D в плазме крови у женщин отличаются большей

Содержание витамина D, дофамина, серотонина, адреналина, норадреналина в крови у жителей г. Архангельска в различные сезоны года
Content of vitamin D, dopamine, serotonin, adrenaline, noradrenaline in the blood of residents of Arkhangelsk in different year seasons

Показатель	Март		Июнь		Сентябрь		Декабрь		*p*
	Группа								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Витамин D, нг/мл	33,53 25,45; 47,93	37,68 22,90; 64,79	39,55 30,82; 54,64	39,39 23,49; 68,01	47,02 31,38; 54,74	36,50 25,56; 54,32	37,47 31,99; 48,53	25,71 13,59; 43,61	p_{2-8}=0,0004 p_{4-8}=0,0004 p_{6-8}=0,0004 p_{5-6}=0,027 p_{7-8}<0,001
Серотонин, 8—2170 нг/мл	132,3 94,1; 239,4	225,9 109,1; 395,5	138,1 87,4; 349,4	159,7 116,1; 348,2	190,09 97,93; 308,21	153,9 63,6; 254,1	141,60 96,33; 238,32	132,6 76,5; 269,6	p_{2-6}=0,001 p_{2-8}=0,002 p_{4-8}=0,006 p_{1-2}=0,007
Дофамин, <0,653, нмоль/л	0,365 0,258; 0,523	0,424 0,118; 0,708	0,502 0,328; 0,690	0,578 0,311; 0,923	0,235 0,098; 0,448	0,298 0,085; 0,619	0,365 0,037; 0,620	0,325 0,089; 0,810	p_{4-6}=0,008
Адреналин, <0,546, нмоль/л	0,036 0,0; 0,132	0,071 0,031; 0,127	0,095 0,02; 0,15	0,120 0,081; 0,189	0,010 0,0; 0,082	0,073 0,04; 0,115	0,036 0,0; 0,150	0,148 0,110; 0,281	p_{2-4}=0,005 p_{2-8}<0,001 p_{4-6}=0,0003 p_{6-8}<0,001 p_{1-2}=0,05 p_{3-4}=0,003 $p_{5-6,\,7-8}$<0,001
Норадреналин <3,546, нмоль/л	0,244 0,134; 0,404	0,128 0,0; 0,699	0,352 0,270; 0,500	0,433 0,097; 0,687	0,251 0,103; 0,460	0,617 0,332; 1,075	0,348 0,226; 0,516	1,96 0,838; 4,105	p_{2-6}=0,0001 p_{2-8}=0,0001 p_{4-6}=0,005 p_{4-8}=0,0001 p_{6-8}<0,001 p_{5-6}<0,001 p_{7-8}<0,001

Примечание. Данные представлены в виде Me (10%; 90%). p<0,008 с учетом поправки Бонферрони, полужирным шрифтом выделены статистически достоверные результаты.
Note. p<0.008 considering the Bonferroni adjustment, statistically significant results are highlighted in bold.

вариативностью и более широким перцентильным диапазоном (10—90%) **(рис. 1)**. В весенний период у мужчин концентрация витамина D в плазме крови регистрировалась у нижней границы оптимума, при этом доля лиц с недостаточной концентрацией витамина D составляла 45% **(рис. 2)**. В выборке женщин медиана его содержания была выше, но у 5% лиц прослеживался дефицит, а у 20% — недостаток витамина D. Летом медианы уровня витамина D у обоих полов были одинаковыми и держались на границе 40 нг/мл, после чего к осеннему периоду у мужчин началось увеличение концентрации витамина D, а у женщин — снижение, и уже у 35% лиц отмечались недостаточные его уровни. Статистически значимые различия концентрации витамина D у мужчин и женщин отмечены в осенний и зимний период с более высокими его значениями у мужчин. К зимнему сезону после осеннего пикового значения уровень витамина D в плазме крови в мужской выборке стал снижаться, при этом находясь выше отметки 30 нг/мл. Не было мужчин с недостаточным уровнем витамина D, в то время как более чем у 85% женщин отмечены недостаточные концентрации витамина D, из них у 25% выявлен дефицит витамина D.

Серотонин. Сезонная динамика серотонина в сыворотке крови у мужчин соответствовала динамике уровня витамина D, у женщин такое ассоциативное изменение концентраций не отмечено **(рис. 3)**. Концентрация серотонина в сыворотке крови у женщин в весенний период была практически в 2 раза выше, чем у мужчин (p=0,007), и с течением сезонов года его уровень снижался. У мужчин отмечался пик концентрации в осенний период одновременно с пиком уровня витамина D.

Дофамин, норадреналин, адреналин. Годовое изменение содержания дофамина в крови у мужчин и женщин имело сходную динамику, но не было особых ассоциативных связей с сезонной динамикой витамина D, лишь при переходе на летний сезон уровни и витамина D, и дофамина увеличивались **(см. таблицу)**.

Концентрация норадреналина в крови у мужчин в сентябре была в несколько раз ниже, чем у женщин (p<0,001), и при переходе от осени к зиме уровень его в женской выборке вырос в 15 раз (p<0,001).

Сезонная динамика адреналина в крови изменялась соответственно изменению уровня дофамина **(рис. 4)**. В изменении концентраций дофамина, норадреналина и адреналина в плазме отмечены цикличные синусоидальные колебания от сезона к сезону, кроме резкого повышения уровня норадреналина у женщин в зимний период года с наличием минимальных значений витамина D.

Обсуждение

В женской выборке установлены низкие концентрации в плазме крови витамина D в зимний период, что может говорить об особенностях женского организма и снижении синтеза витамина D зимой [18, 19], а также установлены

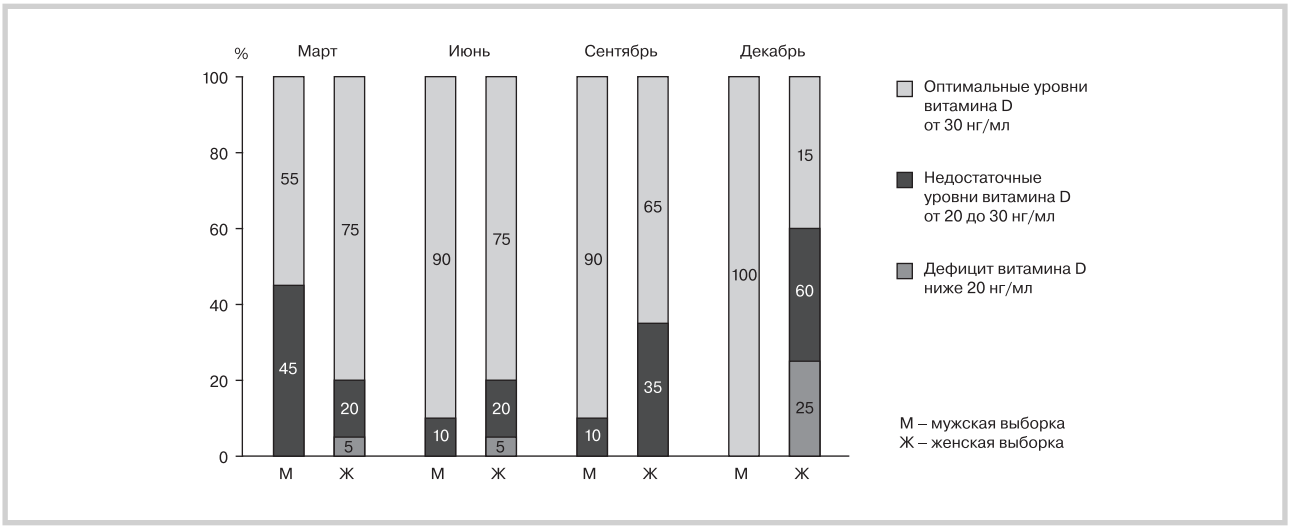

Рис. 2. **Частота выявления различных уровней витамина D в плазме крови мужчин и женщин в зависимости от сезона года.**

Fig. 2. **Detection rate of different vitamin D levels in blood plasma of men and women depending on year season.**

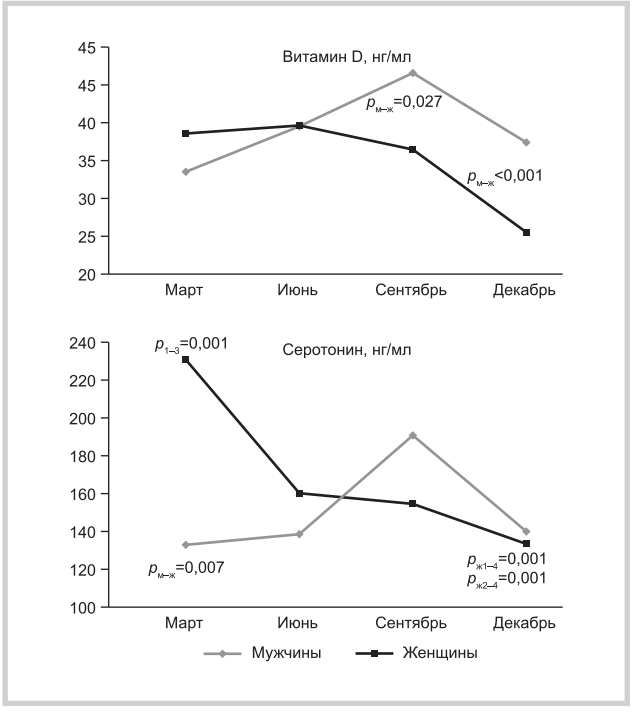

Рис. 3. **Сезонная динамика средних концентраций витамина D и серотонина в крови мужчин и женщин.**

Fig. 3. **Seasonal dynamics of the mean blood concentrations of vitamin D and serotonin in men and women.**

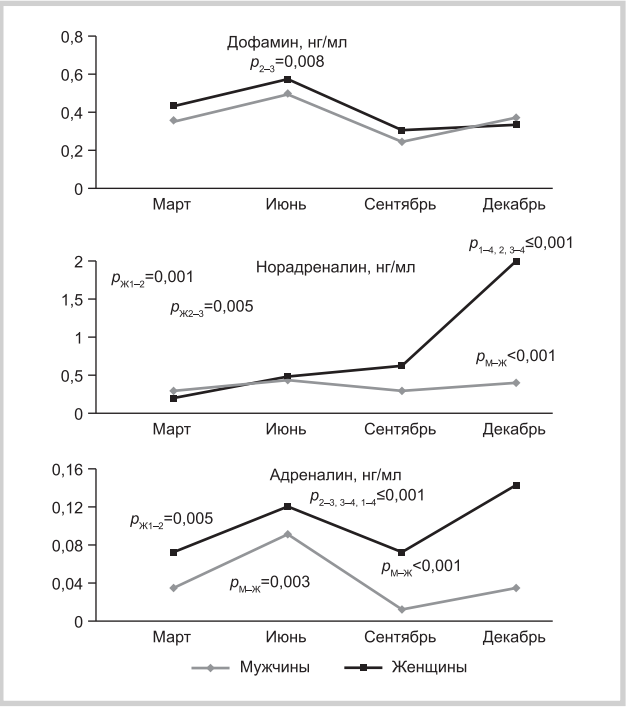

Рис. 4. **Сезонная динамика концентраций дофамина, норадреналина и адреналина в сыворотке крови мужчин и женщин.**

Fig. 4. **Seasonal dynamics of concentrations of dopamine, noradrenaline and adrenaline in the blood serum of men and women.**

более широкие диапазоны колебаний его значений, что может свидетельствовать о большей приспособленности системы регуляции к воздействию внешних факторов. Исследователями обнаружено, что фактор фотопериодичности влияет на содержание жирорастворимых витаминов у женщин [19]. Резкий ожидаемый пик уровня витамина D в летний период у женщин не отмечается, в то время как у мужчин зарегистрирован осенний пик значений витамина D.

Таким образом, прогнозируемое осеннее снижение уровня витамина D в крови наблюдается у женского населения с минимальными его уровнями зимой, а у мужчин происходит смещение («запаздывание») на один сезон данного спада с наличием минимальных значений витамина D в весенний период. Таким образом, критическим по отношению к витамину D сезоном года для женской выборки является зимний период, характеризующийся низкими температурами и продолжительностью светового дня менее 4 часов. Для мужского населения критическим периодом по содержанию витамина D в крови является весна с увеличивающейся продолжительностью

светового дня. Именно в эти периоды необходимо проводить лабораторный мониторинг уровня витамина D в крови для своевременного выявления и устранения дефицитных состояний и корректировки питания. Недостаточное потребление витамина D с пищей может компенсироваться дополнительным его потреблением в составе обогащенных этим витамином пищевых продуктов, биологически активных добавок (БАД) к пище или витаминно-минеральных комплексов (ВМК), подобранных специалистом. В дальнейшей работе планируется провести анализ содержания витамина D в крови и анкетных данных о питании в различные сезоны года и установить имеющиеся зависимости. Результаты исследований, проведенные в Ямало-Ненецком автономном округе, подтвердили наличие генетических особенностей у жителей этого региона и выявили статистически значимую связь аллеля A полиморфизма rs9939609 гена *FTO* с высоким содержанием насыщенных жирных кислот в рационе, характерную только для женщин [7]. У коренного населения Арктической зоны частота аллеля C rs2228570 гена *VDR* была выше, чем у пришлого: 71,1 и 50,0% соответственно, в то время как в европейской части России она составляет 57,8% [20]. Выявлено также, что содержание витамина D в крови всех обследованных носителей аллеля C в гомозиготном состоянии было статистически значимо ниже, чем у носителей генотипа TT, а дефицит выявлялся в 2,3 раза чаще. Указано, что такая особенность характерна для коренных жителей Ямало-Ненецкого автономного округа, в число которых входят в основном коренные малочисленные народы (ненцы, селькупы, ханты). В нашем исследовании принимали участие русские жители города Архангельска, а сообщения об установлении генетических особенностей полиморфизма генов русских жителей на данный момент не обнаружены. В связи с этим нет данных о наличии генетически детерминированного дефицита витамина D у жителей Архангельска.

Известны механизмы эпигенетического влияния уровня витамина D на серотонин путем изменения активности генов, регулирующих выработку фермента триптофангидроксилазы (TPH), под действием которого аминокислота триптофан гидроксилируется до 5-гидрокситриптофана [21, 22], либо воздействием на обратный захват серотонина и его метаболическое выведение [23]. Витамин D регулирует выработку биогенных аминов (дофамина, норадреналина, адреналина) с помощью рецепторов к витамину D в надпочечниках и модуляции выработки фермента тирозингидроксилазы, а также их деградацию путем модуляции экспрессии моноаминоксидазы-B [23, 24]. В нашем исследовании отмечается сезонная ассоциированная синхронная динамика концентраций витамина D и серотонина у мужчин, что может свидетельствовать о наличии влияния в условиях контрастной фотопериодики уровня витамина D на концентрацию серотонина в крови мужчин, возможно, посредством транскрипционной регуляции экспрессии гена *TPH*.

Выраженная синхронная динамика уровней витамина D, дофамина, норадреналина и адреналина не обнаружена, но в зимний период, характеризующийся минимальной продолжительностью светового дня и низкими температурами, у женщин отмечается высокий уровень норадреналина и адреналина на фоне низкой концентрации серотонина и недостаточности витамина D. При этом концентрация дофамина имеет средние значения, что свидетельствует о вероятном отсутствии в данном случае влияния витамина D на активность тирозингидроксилазы. Последующее превращение из дофамина в норадреналин регулирует фермент дофамин-β-гидроксилаза и, возможно, дефицит витамина D в условиях контрастной фотопериодики в женском организме оказывает воздействие на этот фермент, что необходимо изучить в дальнейшем. Полученные результаты могут являться базой для формирования рекомендаций, направленных на коррекцию дефицита/недостаточности витамина D у жителей Арктического региона России, с целью достижения желаемого статуса витамина D и предупреждения развития заболеваний и сезонных расстройств.

Выводы

1. Для мужчин критическим по содержанию в крови витамина D является весенний период года (март) с уровнем 33,53 нг/мл и частотой выявления недостаточного уровня витамина D 55%.
2. Обнаружен критический период года (декабрь) по содержанию витамина D в крови у женщин с уровнем витамина D 25,71 нг/мл и частотой выявления состояний недостаточности и дефицита витамина D 85%.
3. Максимальный уровень серотонина в сыворотке крови у женщин отмечается в период увеличения светового дня (март), а период минимальной светового дня (декабрь) характеризуется наиболее низким содержанием серотонина, при этом концентрации адреналина и норадреналина имеют противоположную направленность.
4. Пик содержания серотонина и витамина D в крови у мужчин установлен в период снижения продолжительности светового дня (сентябрь), при этом концентрации дофамина, норадреналина и адреналина в этот период были минимальными.
5. Годовая динамика уровня витамина D в крови синхронна с изменением концентрации серотонина у мужского населения.
6. В выборке женщин на фоне низкого содержания витамина D и серотонина в крови в период минимальной продолжительности светового дня (декабрь) отмечен высокий уровень норадреналина и адреналина.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования — Аликина В.А., Типисова Е.В.; сбор и обработка материала — Аликина В.А., Елфимова А.Э., Молодовская И.Н., Зябишева В.Н.; статистическая обработка — Аликина В.А.; написание текста — Аликина В.А.; научное редактирование — Типисова Е.В.

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 23-25-10027 «Сезонная обеспеченность 25-OH витамином D и его влияние на концентрацию дофамина, серотонина, адреналина и норадреналина в крови жителей Арктической зоны Российской Федерации» (номер гос. регистрации 123051500115-6).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Liu X, Baylin A, Levy PD. Vitamin D deficiency and insufficiency among US adults: prevalence, predictors and clinical implications. *British Journal of Nutrition*. 2018;119(8):928-936. https://doi.org/10.1017/S0007114518000491
2. Holick MF. The vitamin D deficiency pandemic: Approaches for diagnosis, treatment and prevention. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. 2017;18(2):153-165. https://doi.org/10.1007/s11154-017-9424-1
3. Park SK, Garland CF, Gorham ED, et al. Plasma 25-hydroxyvitamin D concentration and risk of type 2 diabetes and pre-diabetes: 12-year cohort study. *PloS One*. 2018;13(4):e0193070. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193070
4. Alvi H, Ali G, Iqbal S, et al. Role of 25-hydroxyvitamin D in irritable bowel syndrome patients. *Journal of Family Medicine and Primary Care*. 2022; 11(12):7975-7978. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_1336_22
5. Kaviani M, Nikooyeh B, Zand H, et al. Effects of vitamin D supplementation on depression and some involved neurotransmitters. *Journal of Affective Disorders*. 2020;269:28-35. https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.03.029
6. Andersen S, Jakobsen A, Laurberg P. Vitamin D status in North Greenland is influenced by diet and season: indicators of dermal 25-hydroxy vitamin D production north of the Arctic Circle. *British Journal of Nutrition*. 2012; 110(1):50-57. https://doi.org/10.1017/S0007114512004709
7. Батурин А.К., Сорокина Е.Ю., Кешабянц Э.Э. и др. Оценка риска дефицита витамина D у жителей российской Арктики в зависимости от полиморфизма RS9939609 гена FTO. *Профилактическая медицина*. 2019;22(2):57-61. Baturin AK, Sorokina EYu, Keshabyants EE, et al. Risk assessment for vitamin D deficiency in the inhabitants of the Russian Arctic according to rs9939609 polymorphism. *Russian Journal of Preventive Medicine.* 2019;22(2): 57-61. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/profmed20192202157
8. Желтикова Т.М., Денисов Д.Г., Мокроносова М.А. Гендерные и возрастные особенности статуса витамина D (25(OH)D) в России. *Русский медицинский журнал*. 2019;12:51-56. Zheltikova TM, Denisov DG, Mokronosova MA. Gender and age-related characteristics of vitamin D (25(OH)D) in Russia *Russkij medicinskij zhurnal*. 2019;12:51-56. (In Russ.).
9. Ramnemark A, Norberg M, Pettersson-Kymmer U, et al. Adequate vitamin D levels in a Swedish population living above latitude 63°N: The 2009 Northern Sweden MONICA study. *International Journal of Circumpolar Health*. 2015;4(1):27963. https://doi.org/10.3402/ijch.v74.27963
10. Мокроносова М.А., Денисов Д.Г., Желтикова Т.М. Климатогеографические и сезонные особенности статуса витамина D (25(OH)D) у пациентов в России. *Медицинский совет*. 2019;12:171-176. Mokronosova MA, Denisov DG, Zheltikova TM. Climategeographic and seasonal specific features of vitamin D (25(OH)D) status in patients in Russia. *Meditsinskiy sovet*. 2019;12:171-176. (In Russ.). https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-12-171-176
11. Малявская С.И., Кострова Г.Н., Лебедев А.В. и др. Уровни витамина D у представителей различных групп населения города Архангельска. *Экология человека*. 2018;1:60-64. Malyavskaya SI, Kostrova GN, Lebedev AV, et al. 25(OH)D levels in the population of Arkhangelsk city in different age groups. *Jekologija cheloveka*. 2018;1: 60-64. (In Russ.).
12. Ganji V, Milone C, Cody MMet al. Serum vitamin D concentrations are related to depression in young adult US population: the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *International Archives of Medicine*. 2010;3:29. https://doi.org/10.1186/1755-7682-3-29
13. Nanri A, Mizoue T, Matsushita Y, et al. Association between serum 25-hydroxyvitamin D and depressive symptoms in Japanese: analysis by survey season. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2009;63(12):1444-1447. https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.96
14. Pan A, Lu L, Franco OH, et al. Association between depressive symptoms and 25-hydroxyvitamin D in middle-aged and elderly Chinese. *Journal of Affective Disorders*. 2009;118(1-3):240-243. https://doi.org/10.1016/j.jad.2009.02.002
15. Егорова А.С., Швер Ц.А. *Климат Архангельска.* М.—Архангельск: Гидрометиздат; 2018. Egorova AS, Shver TsA. *Klimat Arkhangel'ska.* M.—Arkhangel'sk: Gidrometizdat; 2018. (In Russ.).
16. Пигарова Е.А., Рожинская Л.Я., Белая Ж.Е. и др. Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D у взрослых. *Проблемы эндокринологии*. 2016;4:60-61. Pigarova EA, Rozhinskaya LYa, Belaya JaE, et al. Russian association of endocrinologists recommendations for diagnosis, treatment and prevention of vitamin D deficiency in adults. *Problems of Endocrinology*. 2016;62(4):60-84. (In Russ.). https://doi.org/10.14341/probl201662460-84
17. Трухачёва Н.В. *Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2013. Trukhacheva NV. *Matematicheskaya statistika v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh s primeneniem paketa Statistica*. M.: GEOTAR-Media; 2013. (In Russ.).
18. Ломакина А.Н., Титова О.Е., Бичкаева Ф.А. и др. Влияние факторов сезонности и фотопериодичности на витаминный статус в диаде «Мать дитя». *Экология человека.* 2009;11:47-51. Lomakina AN, Titova OE, Bichkaeva FA, et al. Seasonal prevalence and photo-periodicity influence on vitamin status in mother baby pair. *Jekologija cheloveka*. 2009;11:47-51. (In Russ.).
19. O'Neill CM, Kazantzidis A, Ryan MJ, et al. Seasonal Changes in Vitamin D-Effective UVB Availability in Europe and Associations with Population Serum 25-Hydroxyvitamin D. *Nutrients*. 2016;8(9):533. https://doi.org/10.3390/nu8090533
20. Батурин А.К., Сорокина Е.Ю., Вржесинская О.А. и др. Изучение связи генетического полиморфизма rs2228570 гена VDR с обеспеченностью витамином D у жителей российской Арктики. *Вопросы питания*. 2017;86(4):77-84. Baturin AK, Sorokina EYu, Vrzhesinskaya OA, et al. The study of the association between rs2228570 polymorphism of VDR gene and vitamin D blood serum concentration in the inhabitants of the Russian Arctic. *Voprosy pitaniia*. 2017;86(4):77-84. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00062
21. Yu X-L, Li C-P, He L-P. Vitamin D may alleviate irritable bowel syndrome by modulating serotonin synthesis: a hypothesis based on recent literature. *Frontiers in Physiology*. 2023;14:1152958. https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1152958
22. Wang Y, Miller JW, Bello NT, et al. Low-vitamin-D diet lowers cerebral serotonin concentration in mature female mice. *Nutrition Research*. 2020;81:71-80. https://doi.org/10.1016/j.nutres.2020.07.006
23. Громова О.А., Торшин И.Ю. *Витамин D — смена парадигмы*. М: ГЭОТАР-Медиа; 2021. Gromova OA, Torshin IYu. *Vitamin D — smena paradigmy.* M: GEOTAR-Media; 2021. (In Russ.).
24. Bayo-Olugbami A, Nafiu AB, Amin A, et al. Vitamin D attenuated 6-OHDA-induced behavioural deficits, dopamine dysmetabolism, oxidative stress, and neuro-inflammation in mice. *Nutritional Neuroscience.* 2022;25(4):823-834. https://doi.org/10.1080/1028415X.2020.1815331

Поступила 02.05.2024
Received 02.05.2024
Принята к печати 30.07.2024
Accepted 30.07.2024