

Сезонная динамика 25-гидроксивитамина D и биогенных аминов в крови у практически здоровых женщин, проживающих в г. Архангельске

В.А. Аликина, Е.В. Типисова, А.Э. Елфимова, И.Н. Молодовская, В.Н. Зябишева

ФИЦ комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН
163020, г. Архангельск, Никольский пр., 20

Резюме

Цель работы – оценить сезонную обеспеченность витамином D и биогенными аминами практически здоровых женщин трудоспособного возраста, проживающих в г. Архангельске. **Материал и методы.** Выборка включала в себя 20 практически здоровых женщин в возрасте 22–44 лет, постоянно проживающих в г. Архангельске. Исследование проводилось в течение четырех сезонов: в период увеличения продолжительности светового дня (март), максимальной продолжительности (июнь), снижения продолжительности (сентябрь) и минимальной продолжительности (декабрь). В крови определяли концентрацию 25-гидроксивитамина D, серотонина, дофамина, норадреналина и адреналина. **Результаты.** Установлена годовая динамика уровня 25-гидроксивитамина D с минимальным содержанием в зимний период (декабрь) с последующим повышением концентрации витамина весной, наибольшим уровнем в период максимальной продолжительности светового дня (июнь) и дальнейшим снижением осенью (сентябрь). В период минимальной длины дня наблюдается наименьшая доля лиц (15 %) с оптимальной концентрацией 25-гидроксивитамина D, при этом более половины женщин имеют недостаточный его уровень, а четверть – дефицит. Содержание серотонина снижалось от весеннего периода к зимнему. Пик концентрации дофамина зарегистрирован летом, минимум – в осенний период. Наименьший уровень адреналина и норадреналина отмечены весной, максимальный – зимой. **Заключение.** Наиболее критическим сезоном по содержанию 25-гидроксивитамина D в крови у женщин является период минимальной продолжительности светового дня (декабрь), при этом к более благоприятному можно отнести период максимальной продолжительности (июнь) и снижения продолжительности светового дня (сентябрь). Годовая динамика уровня 25-гидроксивитамина D и серотонина схожа, а сезонные изменения концентрации адреналина и норадреналина имеют обратную направленность.

Ключевые слова: 25-гидроксивитамин D, дофамин, серотонин, адреналин, норадреналин, фотопериодизм, сезонная динамика, арктическая зона Российской Федерации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 23-25-10027 (номер гос. регистрации 123051500115-6).

Автор для переписки: Аликина В.А., e-mail: victoria-popcova@yandex.ru

Для цитирования: Аликина В.А., Типисова Е.В., Елфимова А.Э., Молодовская И.Н., Зябишева В.Н. Сезонная динамика 25-гидроксивитамина D и биогенных аминов в крови у практически здоровых женщин, проживающих в г. Архангельске. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2024;44(4):78–84. doi: 10.18699/SSMJ20240408

Seasonal dynamics of 25-hydroxyvitamin D and biogenic amines in the blood of apparently healthy women living in the city of Arkhangelsk

V.A. Alikina, E.V. Tipisova, A.E. Elfimova, I.N. Molodovskaya, V.N. Zyabisheva

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of UrB RAS
163020, Arkhangelsk, Nikolskiy ave., 20

Abstract

The aim of the study is to assess the seasonal supply of vitamin D and biogenic amines to practically healthy women of working age living in Arkhangelsk. **Material and methods.** The study sample included 20 practically healthy women aged 22–44 years, permanently residing in Arkhangelsk. The study was conducted over 4 seasons: during the period of increasing (March), maximum (June), decreasing (September) and minimum daylight hours (December). The concentration of 25-hydroxyvitamin D, serotonin, dopamine, adrenaline and noradrenaline in the blood were determined. **Results.** The annual dynamics of 25-hydroxyvitamin D level in the blood was established with its minimum content in the winter (December), followed by an increase in the vitamin concentration in the spring, the highest level during the period of maximum daylight hours (June) and a further decrease in the fall (September). During the period of minimum day length, the smallest proportion of people (15 %) with optimal 25-hydroxyvitamin D concentration is observed, while more than half of women have insufficient level, and a quarter have vitamin D deficiency. Serotonin level decreased from spring to winter. The peak of dopamine concentration was recorded in the summer; the minimum content was recorded in the autumn. The minimum concentration of adrenaline and noradrenaline is noted in the spring; the maximum levels are in the winter. **Conclusions.** The most critical season for 25-hydroxyvitamin D content in women blood is the minimum duration of daylight hours' period (December), while the more favorable season can be attributed to the maximum duration period (June) and a decrease in the duration of daylight hours (September). The annual 25-hydroxyvitamin D dynamics and serotonin levels have similar features, and seasonal changes in the adrenaline and noradrenaline concentration are in the opposite direction.

Key words: 25-hydroxyvitamin vitamin D, dopamine, serotonin, epinephrine, norepinephrine, photoperiodism, seasonal dynamics, Arctic zone of the Russian Federation.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation № 23-25-10027 (State registration No 123051500115-6).

Correspondence author: Alikina V.A., e-mail: victoria-popcova@yandex.ru

Citation: Alikina V.A., Tipisova E.V., Elfimova A.E., Molodovskaya I.N., Zyabishcheva V.N. Seasonal dynamics of 25-hydroxyvitamin D and biogenic amines in the blood of apparently healthy women living in the city of Arkhangelsk. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2024;44(4):78–84. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20240408

Введение

Исследования последних лет доказали, что витамин D обладает не только минерально-костными эффектами, установлено его воздействие на когнитивную, эмоциональную и поведенческую деятельность, иммунную систему, функционирование щитовидной железы, восстановление миелиновых оболочек нейронов, на процесс элиминации опухолевых клеток, инсулинорезистентность, а также выявлено участие витамина D в регуляции артериального давления, сердечного ритма и нормальной свертываемости крови и многих других процессах [1–3]. В литературе имеется ряд публикаций, описывающих взаимосвязи недостаточного уровня витамина D и аффективных расстройств, в том числе сезонных, связанных с функциональным дефицитом серотонинергической системы, сложной дисрегуляцией норадренергической системы и взаимодействием с дофаминергической системой [4]. Результаты многочисленных эпидемиологических исследований, в которых проводились измерения уровня 25-гидроксивитамина D в крови как наиболее информативного показателя обеспеченности орга-

низма витамином D, позволяют утверждать, что в настоящее время не менее 30–50 % населения в различных странах и регионах мира характеризуются низкой обеспеченностью витамином D [1], и Архангельская область в этом списке не исключение [5, 6]. Однако чаще всего в исследованиях акцент сделан на какой-то одной выборке людей (на детях, беременных женщинах, больных), либо в выборку включают людей обоего пола без гендерной дифференциации и однократно, без изучения динамики в течение года. Выполнены работы по изучению связи между содержанием витамина D и наличием сезонных расстройств, при этом концентрация биогенных аминов не определялась и выводы строились только на основе различных тестов [7–9]. В связи с этим исследование, посвященное определению уровня 25-гидроксивитамина D и биогенных аминов в динамике контрастных фотопериодов года у практически здорового трудоспособного женского населения г. Архангельска, является актуальным и может быть в дальнейшем использовано для формирования региональных целевых программ.

Материал и методы

Выполнено аналитическое проспективное неконтролируемое исследование при участии 20 практически здоровых женщин трудоспособного возраста, проживающих в г. Архангельске (64°32'24,4"с.ш.), в различные фотопериоды года (2022 г.). Обследования проводились с добровольного согласия волонтеров, в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (1964 г., ред. 2013 г.) и одобрены Комитетом по биомедицинской этике ФГБУН ФИЦ комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова УрО РАН (выписки из протоколов № 3 от 09.02.2022, № 1 от 10.04.2023).

Каждый волонтер проходил обследование 4 раза за год: в период увеличения продолжительности светового дня (середина марта), в период максимальной продолжительности светового дня (середина июня), в период снижения продолжительности светового дня (середина сентября), в период минимальной продолжительности светового дня (середина декабря). Критериями включения являлись возраст от 22 до 44 лет, индекс массы тела от 18,5 до 25 кг/м², отсутствие эндокринной патологии, проживание на севере европейской территории России на протяжении двух и более поколений. В ходе осмотра и беседы с испытуемыми проводились анкетирование, измерение артериального давления, частоты сердечных сокращений, антропометрических показателей, таких как рост, масса тела. Забор крови осуществлялся натошак из локтевой вены в пробирки типа «IMPROVACUTER» с ЭДТА в утренние часы (с 8:00 до 10:00 утра) квалифицированным медицинским персоналом Центра профессиональной диагностики «Биолам», лаборатории «Гемотест». Кровь центрифугировали в течение 15–20 мин при 1500 об/мин. Собранную плазму расфасовывали в микропробирки и хранили в замороженном состоянии до момента проведения анализа.

Содержание гормонов определяли методом ИФА на иммунологическом анализаторе Multiskan FC (Life Technologies Holdings Pte. Ltd., Сингапур): серотонина – в сыворотке крови с помощью наборов реагентов DRG Instruments GmbH (Германия), дофамина – в плазме крови наборами фирмы Labor Diagnostika Nord (Германия), 25-гидроксивитамина D, адреналина и норадреналина – в плазме крови с использованием тест-систем DRG Instruments GmbH (Германия). Для данного исследования в соответствии с критериями Клинических рекомендаций Российской ассоциации эндокринологов (2016) оптимальной

считали концентрацию 25-гидроксивитамина D более 30 нг/мл, недостаточной – от 20 до 30 нг/мл, дефицит – при содержании 25-гидроксивитамина D менее 20 нг/мл [10].

Для проверки нормальности данных использовали тест Шапиро – Уилка, по результатам которого применялись непараметрические методы анализа. Непрерывные переменные представлены в виде медианы, 10-й и 90-й процентиля (Me [P10; P90]), номинальные данные – в виде абсолютных величин и относительных частот объектов исследования (*n*, %). Связь между различными признаками в исследуемой выборке определяли с помощью корреляционного анализа величиной коэффициента корреляции Спирмена (*r*). Для оценки достоверности различий между несколькими связанными выборками применяли непараметрический дисперсионный анализ повторных измерений Фридмана с последующим попарным сравнением с помощью критерия Вилкоксона с поправкой Бонферрони, критический уровень значимости нулевой статистической гипотезы (*p*) принимали равным 0,008 (0,05/6) [11].

Результаты

Отмечена годовая динамика уровня 25-гидроксивитамина D в крови женщин с минимальным содержанием в зимний период (в период минимальной продолжительности светового дня), последующим повышением весной, наибольшей концентрацией летом (период максимальной продолжительности светового дня) и дальнейшим снижением осенью (таблица). Отмечается, что во все сезоны, кроме зимнего, содержание 25-гидроксивитамина D было выше нижней границы общепринятой нормы в 30 нг/мл, в то время как зимой становилось недостаточным. При этом у четверти женщин весной и летом концентрация витамина была менее 30 нг/мл, у 5 % (1 человек) из них наблюдался дефицит (менее 20 нг/мл), а у 20 % (4 человека) – недостаточный его уровень (от 20 до 30 нг/мл). Осенью доля лиц с недостаточным содержанием 25-гидроксивитамина D в крови увеличилась до 35 % (7 человек) и зимой достигла максимальных значений: в дефиците по обеспеченности 25-гидроксивитамин D находилось 25 % (5 человек) женщин и у 60 % (12 человек) отмечался недостаточный его уровень. Расчет относительного изменения концентрации 25-гидроксивитамина D показал, что от весны к лету она выросла на 4 %, к осени уменьшилась на 7,3 %, к зиме – еще на 30 %. Общее снижение концентрации 25-гидроксивитамина D от максимального значения летом к минимальному содержанию зимой составило 53,2 %.

Содержание 25-гидроксивитамина D, дофамина, серотонина, адреналина, норадреналина в крови у женского населения г. Архангельска в различные сезоны года

25-OH vitamin D, dopamine, serotonin, adrenaline and noradrenaline blood level in female population of Arkhangelsk in different seasons of the year

Показатель (содержание)	Март (1)	Июнь (2)	Сентябрь (3)	Декабрь (4)	p
25-гидроксивитамин D, нг/мл	37,68 [22,90; 64,79]	39,39 [23,49; 68,01]	36,50 [25,56; 54,32]	25,71 [13,59; 43,61]	$p_{1-4}=0,0004$ $p_{2-4}=0,0004$ $p_{3-4}=0,0004$
Серотонин, нг/мл (референсные значения 8–2170 нг/мл)	225,87 [109,08; 395,46]	159,67 [116,09; 348,23]	153,94 [63,58; 254,14]	132,61 [76,47; 269,63]	$p_{1-3}=0,001$ $p_{1-4}=0,002$ $p_{2-4}=0,006$ $p_{1-2}=0,02$
Дофамин, моль/л (референсные значения < 0,653 моль/л)	0,424 [0,118; 0,708]	0,578 [0,311; 0,923]	0,298 [0,085; 0,619]	0,325 [0,089; 0,810]	$p_{2-3}=0,008$ $p_{1-2}=0,04$ $p_{2-4}=0,02$
Адреналин, нмоль/л (референсные значения < 0,546 нмоль/л)	0,071 [0,031; 0,127]	0,120 [0,081; 0,189]	0,073 [0,04; 0,115]	0,148 [0,110; 0,281]	$p_{1-2}=0,005$ $p_{1-4}=0,00008$ $p_{2-3}=0,0003$ $p_{3-4}=0,00008$ $p_{2-4}=0,02$
Норадреналин, нмоль/л (референсные значения < 3,546 нмоль/л)	0,128 [0,0; 0,699]	0,433 [0,097; 0,687]	0,617 [0,332; 1,075]	1,96 [0,838; 4,105]	$p_{1-3}=0,0001$ $p_{1-4}=0,0001$ $p_{2-3}=0,005$ $p_{2-4}=0,0001$ $p_{3-4}=0,00008$ $p_{1-2}=0,03$

Годовая динамика концентрации серотонина в крови описывается кривой с наибольшими значениями в период увеличения светового дня (март), снижением к летне-осеннему периоду и минимальными показателями в период минимальной продолжительности светового дня (декабрь); она схожа с годовой динамикой уровня 25-гидроксивитамина D, хотя пик содержания серотонина приходился на период увеличения светового дня. Значений, выходящих за референсный интервал, не зарегистрировано, при этом показатели были ближе к нижней границе нормы. Динамика концентрации дофамина в эти сезоны была иная: весной и зимой она была средней, при этом у 20 % женщин весной и у 15 % зимой отмечались превышающие норму значения, максимальное содержание дофамина регистрировалось летом (в период увеличения светового дня), и у 35 % женщин оно превышало референсные значения, осенью уровень дофамина был минимальным, но при этом у 15 % лиц оказывался повышенным.

Сезонная динамика содержания адреналина в крови у женщин показывает наибольший его уровень в период минимальной продолжительности светового дня (декабрь) с относительным пиком активности еще в период максимальной продол-

жительности светового дня (июнь). Наименьшая концентрация адреналина регистрировалась в переходные периоды – увеличения (март) и снижения продолжительности светового дня (сентябрь). При рассмотрении динамики содержания норадреналина показано постепенное увеличение его уровня в течение года: от минимальных значений весной до максимальных зимой. При этом в период минимальной продолжительности светового дня (декабрь) отмечено 15 % лиц с превышающими референсные значениями.

При проведении корреляционного анализа по сезонам выявлены взаимосвязи между содержанием 25-гидроксивитамина D и индексом массы тела весной ($r = -0,5$; $p = 0,03$), наличием депрессивных состояний летом ($r = -0,7$; $p < 0,001$), концентрацией серотонина осенью ($r = -0,5$; $p = 0,04$), уровнем дофамина зимой ($r = -0,5$; $p = 0,02$).

Обсуждение

Смена сезонов года в Архангельской области характеризуется, среди прочего, не только колебаниями температуры окружающей среды, но и резким изменением продолжительности светового дня от максимальной в июне (21 час 31 минута) до минимальной в декабре (3 часа 52 минуты).

Этот сложный комплекс погодно-климатических условий накладывает «физиологический» отпечаток в работе организма человека. Изучение годовой динамики показателей может иметь как фундаментальный, так и прикладной характер. В работе показано, что для женской выборки критическим по содержанию в крови 25-гидроксивитамина D является период наименьшей продолжительности светового дня, в связи с чем можно рекомендовать проводить его лабораторный мониторинг именно в это время, однако необходимо помнить про возможные индивидуальные реакции. Согласно исследованию пациентов г. Архангельска научно-производственной компанией «ХЕЛИКС» наиболее высокий уровень 25-гидроксивитамина D отмечался в осенние месяцы, а самый низкий – весной [6]. Поскольку пациенты были обследованы однократно, реальную динамику в таком случае проследить невозможно, также не учитывался уровень здоровья, возраст и пол пациентов. Частота выявления дефицита и недостаточности концентрации 25-гидроксивитамина D у жителей г. Архангельска по данным «ХЕЛИКС» составляет 33,2 и 29,4 % соответственно, однако не указан сезон, в котором получены данные, и пол пациентов. В нашей работе в весенний и летний периоды лиц с дефицитом 25-гидроксивитамина D не более 5 %, а осенью – ни одного. Зимой, наоборот, женщин, имеющих дефицитное по 25-гидроксивитамину D состояние, более четверти и 60 % имеют недостаточный уровень витамина.

Существует ряд работ, в которых описаны механизмы эпигенетического влияния витамина D на серотонин посредством изменения активности генов, регулирующих выработку триптофангидроксилазы, либо воздействием на обратный захват серотонина и его метаболическое выведение. Кроме того, витамин D регулирует выработку биогенных аминов, взаимодействуя с рецепторами в надпочечниках и путем модуляции выработки тирозингидроксилазы, а также их деградацию [1]. В работе отмечена схожая годовая динамика изменения содержания 25-гидроксивитамина D и серотонина: постепенное снижение от весенне-летнего периода к зиме, в то время как сезонный график содержания адреналина и норадреналина был противоположным, оно увеличивалось от весны к зиме. Уменьшение уровня 25-гидроксивитамина D, серотонина и дофамина после окончания периода максимальной продолжительности светового дня свидетельствует о «чувствительности» процессов с их участием к возникновению недостатка солнечного света и смене сезона года. При проведении эксперимента на крысах короткий световой день (минимальная продолжитель-

ность светового дня) повышал чувствительность гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси [12], а в метаанализе, посвященном изучению влияния круглогодичных колебаний температуры воздуха, выявлено увеличение содержания циркулирующего норадреналина зимой относительно лета [13]. В нашей работе подтвердилось значительное повышение концентрации адреналина и норадреналина в декабре, когда наблюдаются наиболее короткий световой день и низкие температуры воздуха, при этом уровень норадреналина зимой превышал референсные значения в 15 % случаев. В весенний период отмечали минимальное содержание этих биогенных аминов.

Одновременное снижение уровня 25-гидроксивитамина D, серотонина и повышение содержания адреналина и норадреналина, вероятно, может приводить к формированию сезонного аффективного расстройства и стресса, возникающего в результате недостатка солнечного света в осенне-зимний период и влияния низких температур [14]. Изучение динамики показателей может пополнить фундаментальные знания о физиологии человека, проживающего в арктической зоне Российской Федерации, позволит выявить индивидуально-типологические реакции и установить лабораторные сезонные диапазоны концентрации витамина D, дофамина, серотонина, норадреналина и адреналина у практически здорового мужского и женского населения, что позволит определить региональные нормы этих веществ, которые могут быть переданы в лечебно-профилактические учреждения Архангельской области.

Заключение

Выявлен критический период года (декабрь) по содержанию 25-гидроксивитамина D у выборки женщин, проживающих в г. Архангельске, во время которого медиана показателя составляет 25,71 нг/мл, а частота встречаемости недостаточных и дефицитных состояний – 85 %. Максимальный уровень серотонина отмечается в период увеличения светового дня (март), а период минимального светового дня (декабрь) характеризуется наиболее низким содержанием серотонина, при этом изменения концентрации адреналина и норадреналина имеют противоположную направленность. Годовая динамика уровня 25-гидроксивитамина D схожа с изменением концентрации серотонина и обратна по направленности динамике содержания адреналина и норадреналина.

Список литературы

1. Громова О.А., Торшин И.Ю. Витамин D – смена парадигмы. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 736 с.
2. Драпкина О.М., Шепель Р.Н. Плейотропные эффекты витамина D. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2016;12(2):227–233. doi: 10.20996/1819-6446-2016-12-2-227-233
3. Костюченко Л. А., Харитонов Н.С., Вдовин В.М. Эффективность использования сочетанного витаминного комплекса: витамин D и витамин K (обзор литературы). *Бюл. мед. науки*. 2018;(3):33–40. doi: 10.31684/2541-8475.2018.3(11).33-40
4. Беляева Е.Н., Новикова Т.В., Заозерская И.Е., Вассерман Л.И. Роль недостаточности витамина D в развитии аффективных расстройств. *Бюл. ФЦСКЭ*. 2013;(5):31–36.
5. Малявская С.И., Кострова Г.Н., Лебедев А.В., Голышева Е.В., Карамян В.Г. Уровни витамина D у представителей различных групп населения города Архангельска. *Экол. человека*. 2018;(1):60–64. doi: 10.33396/1728-0869-2018-1-60-64
6. Мокроносова М.А., Денисов Д.Г., Желтикова Т.М. Климатогеографические и сезонные особенности статуса витамина D (25(OH)D) у пациентов в России. *Мед. сов.* 2019;(12):171–176. doi: 10.21518/2079-701X-2019-12-171-176
7. Ganji V., Milone C., Cody M.M., McCarty F., Wang Y.T. Serum vitamin D concentrations are related to depression in young adult US population: the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Int. Arch. Med.* 2010;3:29. doi: 10.1186/1755-7682-3-29
8. Nanri A., Mizoue T., Matsushita Y., Poudel-Tandukar K., Sato M., Ohta M., Mishima N. Association between serum 25-hydroxyvitamin D and depressive symptoms in Japanese: analysis by survey season. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2009;63(12):1444–1447. doi: 10.1038/ejcn.2009.96
9. Pan A., Lu L., Franco O.H., Yu Zh., Li H., Lin X. Association between depressive symptoms and 25-hydroxyvitamin D in middle-aged and elderly Chinese. *J. Affect Disord.* 2009;118(1-3):240–243. doi: 10.1016/j.jad.2009.02.002
10. Пигарова Е.А., Рожинская Л.Я., Беляя Ж.Е., Дзеранова Л.К., Каронова Т.Л., Ильин А.В., Мельниченко Г.А., Дедов И.И. Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D у взрослых. *Пробл. эндокринологии*. 2016;(4):60–61. doi: 10.14341/probl201662460-84
11. Трухачева Н.В. Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 384 с.
12. Pyter L.M., Adelson J.D., Nelson R.J. Short days increase hypothalamic-pituitary-adrenal axis re-

sponsiveness. *Endocrinology*. 2007;148(7):3402–3409. doi: 10.1210/en.2006-1432

13. Кузьменко Н.В., Цырлин В.А., Плисс М.Г. Сезонная динамика мелатонина, пролактина, половых гормонов и гормонов надпочечников у здоровых людей: метаанализ. *Ж. эволюц. биохимии и физиол.* 2021;57(3):202–223. doi: 10.31857/S0044452921030062

14. Громова О.А., Пронин А.В., Торшин И.Ю., Калинин Д.П., Гришина Т.Р., Громов А.Н. Развитие мозга и когнитивный потенциал витамина D. *Фарматека*. 2016;(1):27–36.

References

1. Gromova O.A., Torshin I.Yu. Vitamin D – paradigm shift. Moscow: GEOTAR-Media, 2021. 736 p. [In Russian].
2. Drapkina O.M., Shepel' R.N. Pleiotropic effects of vitamin D. *Ratsional'naya farmakoterapiya v kardiologii = Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2016;12(2):227–233. [In Russian]. doi: 10.20996/1819-6446-2016-12-2-227-233
3. Kostyuchenko L.A., Kharitonova N.S., Vdovin V.M. Efficiency of use of combined vitamin complex: vitamin D and vitamin K (literature review). *Byulleten' meditsinskoy nauki = Bulletin of Medical Science*. 2018;(3):30–36. [In Russian]. doi: 10.31684/2541-8475.2018.3(11).33-40
4. Belyaeva E.N., Novikova T.V., Zazerskaya I.E., Wasserman L.I. The role of vitamin D deficiency in development affective disorders. *Byulleten' Federal'nogo Tsentra serdtsa, krovi i endokrinologii imeni Vladimira Andreyevicha Almazova = Bulletin of Almazov Federal Heart, Blood and Endocrinology Center*. 2013;(5):31–36. [In Russian].
5. Malyavskaya S.I., Kostrova G.N., Lebedev A.V., Golsysheva E.V., Karamyan V.G. 25(OH)D levels in the population of Arkhangelsk city in different age groups. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2018;(1):60–64. [In Russian]. doi: 10.33396/1728-0869-2018-1-60-64
6. Mokronosova M.A., Denisov D.G., Zheltikova T.M. Climategeographic and seasonal specific features of vitamin D (25(OH)D) status in patients in Russia. *Meditsinskiy sovet = Medical Council*. 2019;(12):171–176. [In Russian]. doi: 10.21518/2079-701X-2019-12-171-176
7. Ganji V., Milone C., Cody M.M., McCarty F., Wang Y.T. Serum vitamin D concentrations are related to depression in young adult US population: the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Int. Arch. Med.* 2010;3:29. doi: 10.1186/1755-7682-3-29
8. Nanri A., Mizoue T., Matsushita Y., Poudel-Tandukar K., Sato M., Ohta M., Mishima N. Association between serum 25-hydroxyvitamin D and depressive symptoms in Japanese: analysis by survey season. *Eur.*

J. Clin. Nutr. 2009;63(12):1444–1447. doi: 10.1038/ejcn.2009.96

9. Pan A., Lu L., Franco O.H., Yu Zh., Li H., Lin X. Association between depressive symptoms and 25-hydroxyvitamin D in middle-aged and elderly Chinese. *J. Affect Disord.* 2009; 118(1–3):240–243. doi: 10.1016/j.jad.2009.02.002

10. Pigarova E.A., Rozhinskaya L.Ya., Belaya Zh.E., Dzeranova L.K., Karonova T.L., Ilyin A.V., Melnichenko G.A., Dedov I.I. Russian association of endocrinologists recommendations for diagnosis, treatment and prevention of vitamin D deficiency in adults. *Problemy endocrinologii = Problems of Endocrinology.* 2016;62(4):60–84. [In Russian]. doi: 10.14341/probl201662460-84

11. Trukhacheva N.V. Mathematical statistics in biomedical research using the Statistica package. Moscow: GEOTAR-Media, 2013. 384 p. [In Russian].

12. Pyter L.M., Adelson J.D., Nelson R.J. Short days increase hypothalamic-pituitary-adrenal axis responsiveness. *Endocrinology.* 2007;148(7):3402–3409. doi: 10.1210/en.2006-1432

13. Kuzmenko N.V., Tsyrlin V.A., Pliss M.G. Seasonal dynamics of melatonin, prolactin, sex hormones and adrenal hormones in healthy people: a meta-analysis. *Zhurnal evolyutsionnoy biokhimii i fiziologii = Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology.* 2021;57(3):202–223. [In Russian]. doi: 10.31857/S0044452921030062

14. Gromova O.A., Pronin A.V., Torshin I.Yu., Kalinsky D.P., Grishina T.R., Gromov A.N. Development of brain and cognitive potential of vitamin D. *Farmateka = Pharmateca.* 2016; (1):27–36. [In Russian].

Сведения об авторах:

Аликина Виктория Анатольевна, к.б.н., ORCID: 0000-0003-3097-9427, e-mail: victoria-popcova@yandex.ru

Типисова Елена Васильевна, д.б.н., ORCID: 0000-0003-2097-3806, e-mail: tipisova@rambler.ru

Елфимова Александра Эдуардовна, к.б.н., ORCID: 0000-0003-2519-1600, e-mail: a.elfimova86@mail.ru

Молодовская Ирина Николаевна, к.б.н., ORCID: 0000-0001-6133-8249, e-mail: pushistiy-86@mail.ru

Зябишева Валентина Николаевна, ORCID: 0000-0001-6133-8249, e-mail: razvalush@yandex.ru

Information about the authors:

Victoria A. Alikina, candidate of biological sciences, ORCID: 0000-0003-3097-9427, e-mail: victoria-popcova@yandex.ru

Elena V. Tipisova, doctor of biological sciences, ORCID: 0000-0003-2097-3806, e-mail: tipisova@rambler.ru

Aleksandra E. Elfimova, candidate of biological sciences, ORCID: 0000-0003-2519-1600, e-mail: a.elfimova86@mail.ru

Irina N. Molodovskaya, candidate of biological sciences, ORCID: 0000-0001-6133-8249, e-mail: pushistiy-86@mail.ru

Valentina N. Zyabisheva, ORCID: 0000-0001-6133-8249, e-mail: razvalush@yandex.ru

Поступила в редакцию 06.02.2024

Принята к публикации 13.05.2024

Received 06.02.2024

Accepted 13.05.2024