

Типологические изменения уровня дофамина, кортизола и тиреоидных гормонов у мужчин г. Архангельска в динамике фотопериодов года

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

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

Резюме

Цель работы – рассмотреть типологические изменения уровней дофамина, кортизола и тиреоидных гормонов у мужчин г. Архангельска. **Материал и методы.** Исследуемая выборка включала в себя 20 молодых эутиреоидных мужчин в возрасте 25–44 лет, постоянно проживающих в г. Архангельске. Для изучения влияния фотопериодического фактора на функционирование эндокринной системы выбраны четыре месяца, отличающиеся наиболее четкой контрастностью показателей продолжительности светового дня: март (повышение продолжительности светового дня), июнь (максимальная продолжительность светового дня), сентябрь (снижение продолжительности светового дня) и декабрь (минимальная продолжительность светового дня). В плазме крови определялась концентрация дофамина, в сыворотке исследовались показатели тиреоидного профиля и уровень кортизола. **Результаты.** Анализ полученных данных выявил два типа реакций со стороны дофаминергической системы и содержания кортизола в период минимальной продолжительности светового дня. Параллельно сезонной динамике дофамина наблюдается изменение активности кортизола и гипофизарно-тиреоидной системы. **Заключение.** У мужчин, чей уровень дофамина возрастает от сентября к декабрю, также увеличиваются концентрации кортизола и тиреоидных гормонов, т.е. параллельно активируются несколько стресс-систем – мозговое и корковое вещество надпочечников, щитовидная железа. Таким образом, наблюдается более выраженная реакция на появление сезонных стрессовых факторов, что, возможно, связано с достаточно успешной адаптацией респондентов к окружающей среде и может свидетельствовать о том, что у респондентов с понижающимся или не изменяющимся от сентября к декабрю уровнем дофамина либо снижены резервные возможности организма, либо гормоны более активно расходуются на метаболические процессы.

Ключевые слова: дофамин, кортизол, тиреоидные гормоны, фотопериод, продолжительность светового дня, Европейский Север, мужчины, индивидуальные реакции.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке гос. задания 122011800392-3.

Автор для переписки: Зябишева В.Н., e-mail: razvalush@yandex.ru

Для цитирования: Зябишева В.Н., Типисова Е.В., Елфимова А.Э., Молодовская И.Н., Аликина В.А. Типологические изменения уровней дофамина, кортизола и тиреоидных гормонов у мужчин г. Архангельска в динамике фотопериодов года. *Сибирский научный медицинский журнал.* 2023;43(6):63–69. doi: 10.18699/SSMJ20230607

Typological changes in the level of dopamine, cortisol and thyroid hormones in males of Arkhangelsk in the dynamics of year photoperiods

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

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

Abstract

The aim of the study was to consider typological photoperiodic changes in the levels of dopamine, cortisol and thyroid hormones in males of Arkhangelsk. **Material and methods.** The study sample included 20 young euthyroid males aged 25–44 years, permanently residing in Arkhangelsk. To study the influence of the photoperiodic factor on the functioning

of the endocrine system, four months were selected, which are distinguished by the clearest contrast of daylight hours: March (increased daylight hours), June (maximum daylight hours), September (reduced daylight hours) and December (minimum daylight hours). The concentration of dopamine was determined in the blood plasma, and the indicators of the thyroid profile and cortisol level were studied in the serum. **Results.** Analysis of the data obtained revealed two types of reactions from the dopaminergic system and cortisol content during the period of minimal daylight hours. Along with the seasonal dynamics of dopamine, there is a change in the activity of the pituitary-thyroid system. **Conclusions.** In males, whose dopamine levels increase from September to December, the concentrations of cortisol and thyroid hormones also increase, that is, several stress systems are simultaneously activated – the adrenal medulla and cortex, the thyroid gland. Thus, there is a more pronounced reaction to the appearance of seasonal stress factors, which may be due to the rather successful adaptation of the respondents to the environment and may indicate that respondents with dopamine levels decreasing or not changing from September to December either have reduced reserve capacity of the body, or hormones are more actively spent on metabolic processes.

Key words: dopamine, cortisol, thyroid hormones, photoperiod, daylight hours, European North, males, individual reactions.

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

Financing. The study was supported by State Assignment 122011800392-3.

Correspondence author: Zyabisheva V.N., e-mail: razvalush@yandex.ru

Citation: Zyabisheva V.N., Tipisova E.V., Elfimova A.E., Molodovskaya I.N., Alikina V.A. Typological changes in the level of dopamine, cortisol and thyroid hormones in males of Arkhangelsk in the dynamics of year photoperiods. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2023;43(6):63–69. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20230607

Введение

Известно, что жители северных территорий испытывают на себе влияние таких климато-географических факторов, как нестабильность климата, повышенная геомагнитная активность и контрастность сезонов года. Большое влияние на физиологические функции организма, в том числе эндокринной системы, играющей одну из ведущих ролей в регуляции его адаптационных перестроек, в условиях Европейского Севера оказывает фотопериодизм [1]. Следует отметить, что наиболее острое воздействие фотопериодических колебаний северяне испытывают в зимние месяцы, отличающиеся значительным уменьшением длины светового дня, минимальные значения которого регистрируются в декабре [2]. Преобладающую роль светового фактора по сравнению с температурным доказывают ранние исследования фотопериодических изменений уровня тиреоидных гормонов и кортизола у взрослых жителей Европейского Севера [3, 4]. В современных работах установлена положительная корреляция между концентрацией тироксина и длиной светового дня [5].

Совокупность присущих северным территориям климатогеографических факторов также может провоцировать стрессовые состояния не только функциональных систем организма, но и психоэмоциональной сферы человека, повышая ее напряжение, что в свою очередь может сопровождаться изменением синтеза и секреции дофамина, играющего важную роль в процессах познания и адаптации организма к меняющимся

условиям среды [6]. В связи с этим представляет большой интерес исследование сезонной активности дофаминергической системы. Цель работы – рассмотреть типологические изменения уровня дофамина, кортизола и тиреоидных гормонов у мужчин г. Архангельска.

Материал и методы

В аналитическом неконтролируемом проспективном исследовании приняли участие 20 молодых эутиреоидных мужчин в возрасте от 25 до 44 лет, постоянно проживающих в г. Архангельске (64°32' с.ш.). Критериями включения являлись прохождение диспансеризации или регулярного профилактического медицинского осмотра, отсутствие системных заболеваний, эндокринной патологии и кардиоваскулярных жалоб. Обследование выборки проводилось с условием добровольного информированного письменного согласия при соблюдении всех норм и принципов Хельсинкской декларации по правам человека Всемирной медицинской ассоциации (2013) и Директив Европейского Сообщества (8/609ЕС) и было одобрено Этическим комитетом ФГБУН ФИЦ комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова УрО РАН (протокол № 1 от 15.03.2018).

Обследование одной и той же выборки проводилось в течение 2018 г. в период с марта по декабрь. Для исследования влияния фотопериодического фактора на функционирование эндокринной системы выбраны четыре месяца, отличающиеся явными изменениями и наиболее четкой контрастностью показателей продол-

жительности светового дня: март (повышение продолжительности светового дня), июнь (максимальная продолжительность светового дня), сентябрь (снижение продолжительности светового дня) и декабрь (минимальная продолжительность светового дня).

Забор крови производился в утренние часы после 12–14-часового голодания путем пункции из локтевой вены. Показатели гормонального профиля исследуемой выборки оценивались при помощи иммуноферментного анализа на автоматическом планшетном анализаторе ELISYS Uno (Human GmbH, Германия) с использованием тест-систем ООО «Компания АлкорБио» (Россия), IBL International GmbH (Германия), Labor Diagnostika Nord GmbH & Co. KG (Германия). В плазме крови определялась концентрация дофамина, в сыворотке – тиреотропина (ТТГ), общих и свободных фракций трийодтиронина (T_3 , T_3 св.) и тироксина (T_4 , T_4 св.), кортизола. Помимо основных показателей тиреоидного профиля рассчитаны индексы, также иллюстрирующие функциональное состояние щитовидной железы: индекс периферической конверсии ($ИПК = T_4/T_3$) и прогрессирующей периферической конверсии ($ИпПК = T_4 \text{ св.} / T_3 \text{ св.}$). ИПК представляет собой показатель тканевого превращения общего T_4 в его биологически более активный метаболит – общий T_3 . ИпПК, соответственно, рассматривает данный механизм для свободных фракций тироксина и трийодтиронина.

Проверка нормальности распределения выборки осуществлялась с помощью критерия Шапиро – Уилка. Исходя из полученных результатов, переменные представлены в виде медианы и межквартильных интервалов ($Me [Q1; Q3]$), для оценки достоверности различий между двумя связанными выборками использовался непараметрический дисперсионный анализ повторных измерений Фридмана с последующим применением критерия Вилкоксона для попарного сравнения. Для изучения взаимосвязей между количественными показателями использовался ранговый коэффициент корреляции Спирмена. Все обнаруженные эффекты считались статистически значимыми при величине вероятности ошибочного принятия нулевой гипотезы $p < 0,05$.

Результаты

На основании анализа индивидуальных реакций респондентов выборка была разделена на две равные группы по десять человек – с повышающейся и снижающейся концентрацией дофамина в период минимальной продолжительности светового дня относительно результатов, полученных в предыдущем фотосезоне. Выбор осно-

вывался на расчете изменения уровня дофамина от периода уменьшения светового дня к периоду минимального светового дня в пределах годового значения $Me \times CV$, где CV – коэффициент вариации показателя в пределах постановки, который, согласно инструкциям производителя, составляет 29,8 % (0,1 нмоль/л).

Для группы с повышающимся содержанием дофамина в период минимальной продолжительности светового дня в декабре (табл. 1) относительно предыдущего фотосезона наиболее высокие показатели приходятся на июнь и декабрь, самые низкие концентрации отмечены при снижении длины светового дня в сентябре. Максимальная концентрация дофамина соответствуют наибольшему уровню кортизола.

Установлено, что повышение уровня дофамина от сентября к декабрю сочетается с увеличением активности гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной системы со стороны как гипофизарного (ТТГ), так и периферического звена, включающего повышение содержания более активных фракций общего трийодтиронина при снижении концентрации тироксина на фоне усиления периферической конверсии йодтиронинов. Также для данной группы характерна динамика свободных фракций йодтиронинов, особенно это можно отметить у T_3 св., концентрация которого при минимальной продолжительности светового дня превышает его уровень относительно периода ее увеличения.

У респондентов группы со снижающимся или не изменяющимся содержанием дофамина (табл. 2) выявлен значимо более высокий его уровень в период максимальной длины светового дня по сравнению с периодами ее снижения и минимальной продолжительности, отличающихся наиболее низкими показателями. При этом наибольшая концентрация кортизола отмечена в марте и декабре, однако статистически значимых различий между сезонами не выявлено.

В данной группе регистрируется наиболее низкий уровень общих фракций йодтиронинов при максимальном содержании ТТГ в декабре. Однако периферическая конверсия, независимо от группы обследованных респондентов, сохраняется более высокой в минимальный световой день по сравнению с периодом его уменьшения. По сравнению с группой с повышающимся уровнем дофамина в декабре, в группе со снижающимся показателем отмечено уменьшение концентрации T_3 св. в период минимального светового дня относительно периода его максимальной продолжительности.

Таблица 1. Содержание дофамина, кортизола и тиреоидных гормонов в крови у лиц с повышающимся уровнем дофамина в период минимальной освещенности

Table 1. Dopamine, cortisol and thyroid hormone blood level in people with increasing dopamine content during the minimum light period

Содержание гормона (норма)	Март (1)	Июнь (2)	Сентябрь (3)	Декабрь (4)	<i>p</i>
ТТГ, мМЕ/л (0,23–3,4 мМЕ/л)	2,40 [0,84; 3,17]	2,02 [0,52; 3,94]	1,73 [0,67; 2,78]	2,62 [0,52; 4,20]	$p_{1-3} = 0,047$
T ₃ , нмоль/л (1,0–2,8 нмоль/л)	1,11 [0,62; 1,45]	1,12 [0,85; 1,69]	0,98 [0,67; 1,30]	1,05 [0,82; 1,50]	$p_{2-3} = 0,009$ $p_{2-4} = 0,008$ $p_{3-4} = 0,037$
T ₄ , нмоль/л (53–158 нмоль/л)	108,69 [89,99; 166,86]	118,20 [104,09; 131,61]	113,76 [84,93; 129,98]	107,54 [90,19; 130,02]	$p_{2-4} = 0,009$
T ₃ св., пмоль/л (2,5–7,5 пмоль/л)	5,24 [4,37; 5,77]	5,20 [4,76; 6,97]	5,54 [4,74; 5,91]	5,64 [4,96; 6,82]	$p_{1-4} = 0,028$
T ₄ св., пмоль/л (10,0–23,2 пмоль/л)	12,20 [11,12; 15,53]	13,05 [12,15; 15,22]	12,95 [10,72; 16,16]	13,20 [12,02; 16,15]	$p > 0,05$
ИпПК (1,37–4,43)	2,44 [2,12; 3,00]	2,43 [1,99; 2,92]	2,38 [1,94; 2,90]	2,47 [1,93; 2,96]	$p > 0,05$
ИПК	100,23 [85,81; 171,70]	100,90 [77,82; 144,16]	116,67 [94,96; 142,36]	96,93 [74,83; 129,41]	$p_{2-3} = 0,009$ $p_{3-4} = 0,009$
Дофамин, нмоль/л (< 0,653 нмоль/л)	0,402 [0,265; 0,554]	0,507 [0,337; 0,690]	0,232 [0,011; 0,366]	0,480 [0,302; 0,702]	$p_{1-3} = 0,005$ $p_{2-3} = 0,005$ $p_{3-4} = 0,005$
Кортизол, нмоль/л (150–660 нмоль/л)	545,35 [422,24; 594,43]	586,04 [478,80; 799,56]	535,51 [348,86; 782,25]	574,22 [489,04; 737,70]	$p_{1-2} = 0,093$ $p_{1-4} = 0,037$

Таблица 2. Содержание дофамина, кортизола и тиреоидных гормонов в крови у лиц со снижающимся или не изменяющимся уровнем дофамина в период минимальной освещенности

Table 2. Dopamine, cortisol and thyroid hormone blood level in people with decreasing or unchanged dopamine level during the minimum light period

Содержание гормона (норма)	Март (1)	Июнь (2)	Сентябрь (3)	Декабрь (4)	<i>p</i>
ТТГ, мМЕ/л (0,23–3,4 мМЕ/л)	2,56 [1,59; 4,70]	2,37 [1,37; 6,10]	2,13 [0,96; 5,31]	2,82 [1,24; 5,29]	$p > 0,05$
T ₃ , нмоль/л (1,0–2,8 нмоль/л)	1,02 [0,88; 1,34]	0,96 [0,76; 1,20]	0,89 [0,71; 1,11]	0,88 [0,63; 1,10]	$p_{1-3} = 0,022$ $p_{1-4} = 0,028$
T ₄ , нмоль/л (53–158 нмоль/л)	114,60 [98,69; 133,01]	110,69 [95,91; 125,93]	111,07 [80,57; 126,97]	96,88 [62,16; 109,47]	$p_{1-2} = 0,047$ $p_{1-3} = 0,017$ $p_{1-4} = 0,005$ $p_{2-4} = 0,007$ $p_{3-4} = 0,028$
T ₃ св., пмоль/л (2,5–7,5 пмоль/л)	4,95 [3,84; 5,62]	5,23 [4,65; 6,58]	5,00 [3,06; 7,77]	4,64 [3,61; 5,33]	$p_{2-4} = 0,028$
T ₄ св., пмоль/л (10,0–23,2 пмоль/л)	13,10 [11,06; 14,83]	13,10 [11,34; 15,06]	12,90 [9,31; 14,56]	12,50 [10,62; 14,47]	$p > 0,05$
ИпПК (1,37–4,43)	2,69 [2,25; 3,50]	2,45 [2,10; 2,88]	2,52 [1,64; 3,33]	2,76 [2,20; 3,55]	$p_{1-2} = 0,047$
ИПК	104,46 [91,29; 134,83]	109,13 [95,08; 146,81]	119,78 [93,23; 143,13]	106,05 [95,08; 132,85]	$p_{3-4} = 0,047$
Дофамин, нмоль/л (< 0,653 нмоль/л)	0,306 [0,190; 0,710]	0,482 [0,317; 0,961]	0,246 [0,089; 0,531]	0,232 [0,010; 0,406]	$p_{2-3} = 0,022$ $p_{2-4} = 0,009$
Кортизол, нмоль/л (150–660 нмоль/л)	544,69 [268,27; 626,98]	498,76 [234,15; 560,97]	461,35 [65,57; 618,98]	502,69 [311,06; 576,19]	$p > 0,05$

Обсуждение

Несмотря на то, что воздействие неблагоприятных факторов и нагрузка на все системы организма в большей степени отмечаются в период минимальной продолжительности светового дня, в обеих группах мы можем наблюдать статистически значимое повышение уровня дофамина в крови в условиях максимальной длины светового дня и его снижение осенью при сокращении суточного режима естественной освещенности. Мы предполагаем, что высокое в пределах нормы содержание дофамина в плазме крови северян в летний период может быть связано с увеличением синтеза витамина D. На данный момент результаты экспериментальных работ, проведенных на здоровых мышах, выявили его участие в модулировании гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы [7, 8].

Последующее снижение концентрации дофамина при уменьшении и минимальной продолжительности светового дня, возможно, является признаком формирования сезонного аффективного расстройства, возникающего в результате недостатка солнечного света в осенне-зимний период [8].

Разнонаправленность реакций дофаминергической системы молодых северян в период минимальной продолжительности светового дня может быть связана с действием индивидуальных физиологических и психосоциальных факторов. Это согласуется с результатами сезонных исследований, проведенных с участием как человека [9, 10], так и животных [11]. Несмотря на то что в данных работах изучались изменения содержания дофамина и его метаболитов в ЦНС, мы предполагаем некоторую возможность экстраполяции этих результатов на его показатели в плазме крови, поскольку по литературным данным активность мозгового и периферического дофамина может иметь общую регуляцию [12].

Помимо разнонаправленности реакций дофаминергической системы в период минимальной продолжительности светового дня мы можем наблюдать и параллельное им изменение активности гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной системы у жителей Европейского Севера. Для группы с повышающимся уровнем дофамина в декабре характерно возрастание концентрации некоторых тиреоидных гормонов, в особенности общих и свободных фракций трийодтиронина (см. табл. 1). У группы со снижающимися или неизменяющимися показателями дофамина наблюдается противоположная картина (см. табл. 2).

Несмотря на то что во многих исследованиях авторы говорят об ингибирующем влиянии дофамина на активность тиреоидной системы [13, 14],

в нескольких экспериментальных работах, проведенных на животных *in vivo* и *in vitro* [15] и исследованиях с участием человека [16] представлены данные о его положительном воздействии на активность многих процессов щитовидной железы.

В группе с повышающимися концентрациями дофамина в декабре мы можем наблюдать возрастающий по сравнению с мартом уровень кортизола, у второй группы также наблюдается усиление его выработки, однако статистически достоверных различий с остальными сезонами при этом не выявлено (см. табл. 1, 2). Поскольку кортизол является одним из основных стресс-гормонов, влияющих на многие аспекты обмена веществ [17], мы можем предполагать, что увеличение его синтеза связано с необходимостью активации компенсаторно-приспособительных механизмов.

У мужчин, чей уровень дофамина возрастает от сентября к декабрю, также увеличивается концентрация кортизола и тиреоидных гормонов, т.е. параллельно активируются несколько стресс-систем – мозговое и корковое вещество надпочечников, щитовидная железа. Мы предполагаем, что дофамин у респондентов из данной группы сравнения выступает в качестве адаптивного фактора, благодаря чему наблюдается более выраженная реакция на появление сезонных стрессовых факторов.

Известно, что периферический дофамин оказывает влияние на многие системы организма – эндокринную, иммунную, сердечно-сосудистую, пищеварительную, а также на функцию почек [12]. Гормоны щитовидной железы, в свою очередь, регулируют метаболические реакции организма. Таким образом, параллельное снижение активности дофамина и щитовидной железы может приводить к замедлению обменных процессов в период минимальной продолжительности светового дня, а следовательно – к нарастанию массы тела и развитию ожирения и сахарного диабета. Также это может свидетельствовать о том, что у респондентов данной группы снижены резервные возможности организма. Примечательно, что периферическая конверсия и содержание тиреотропного гормона в разной степени повышаются в обеих группах, свидетельствуя о наибольшей стабильности этих показателей гипофизарно-тиреоидной системы в условиях сезонных изменений.

Выводы

1. Выявлено параллельное изменение уровня периферического дофамина и активности гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной системы в динамике фотопериодов года с нарастанием в периоды увеличения и максимальной продолжительности

светового дня и снижением в периоды уменьшения продолжительности светового дня.

2. В период минимального светового дня отмечено два типа реакций со стороны дофаминергической и гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной систем с параллельным повышением и снижением их активности.

3. В группе с повышающимся уровнем дофамина в период минимального светового дня регистрируется нарастание концентрации кортизола в крови.

Список литературы

1. Ульяновская С.А., Баженов Д.В., Шестакова В.Г., Калинин М.Н. Влияние климато-географических факторов Севера на адаптивные реакции организма человека. *Патол. физиол. и эксперим. терапия.* 2020;64(1):147–154. doi: 10.25557/0031-2991.2020.01.147-154

2. Хаснулин В.И., Хаснулин П.В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах. *Экол. человека.* 2012;(1):3–11.

3. Ткачев А.В., Бойко Е.Р., Губкина З.Д., Раменская Е.Б., Суханов С.Г. Эндокринная система и обмен веществ у человека на Севере. Сыктывкар: Коми науч. центр УрО РАН, 1992. 156 с.

4. Do N., Mino L., Merriam G.R., LeMar H., Case H.S., Palinkas L.A., Reedy K., Reed H.L. Elevation in serum thyroglobulin during prolonged Antarctic residence: effect of thyroxine supplement in the polar 3,5,3'-Triiodothyronine syndrome. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2004;89(4):1529–1533. doi: 10.1210/jc.2003-031747

5. Молодовская И.Н., Типисова Е.В., Попкова В.А., Елфимова А.Э., Потуткин Д.С. Фотопериодическая вариация гормонов щитовидной железы и аутоантител у мужчин Европейского Севера. *Якут. мед. ж.* 2020;(2):77–80. doi: 10.25789/YMJ.2020.70.23

6. Ильинских Н.Н., Ильинских Е.Н., Янковская А.Е. Цитогенетические последствия возрастания содержания дофамина в крови вахтовых рабочих нефтепромыслов севера Сибири. *Соврем. пробл. науки и образ.* 2015;(5):65–71.

7. Spedding S. Vitamin D and depression: a systematic review and meta-analysis comparing studies with and without biological flaws. *Nutrients.* 2014;6(4):1501–1518. doi: 10.3390/nu6041501

8. 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;314(1):27–36.

9. Brewerton T.D., Berrettini W.H., Nurnberger J.I., Linnoila M. Analysis of seasonal fluctuations of CSF monoamine metabolites and neuropeptides in normal controls: Findings with 5HIAA and HVA. *Psy-*

chiatry Res. 1988;23(3):257-265. doi: 10.1016/0165-1781(88)90016-9

10. Barbato G., Cirace F., Monteforte E., Costanzo A. Seasonal variation of spontaneous blink rate and beta EEG activity. *Psychiatry Res.* 2018;270:126–133. doi: 10.1016/j.psychres.2018.08.051

11. Сняжкова Н.А., Баженова Е.Ю., Куликова Е.А., Фурсенко Д.В., Куликова А.В. Влияние полиморфного варианта C1473G в гене триптофангидроксилазы 2 и длины фотопериода на дофаминовую систему мозга мышей. *Молекул. биол.* 2020;54(1):60–68. doi: 10.31857/S0026898420010140

12. Rubí B., Maechler P. Minireview: new roles for peripheral dopamine on metabolic control and tumor growth: let's seek the balance. *Endocrinology.* 2010;151(12):5570–5581. doi: 10.1210/en.2010-0745

13. Лычкова А.Э. Нервная регуляция функции щитовидной железы. *Вестн. РАМН.* 2013;68(6):49–55. doi: 10.15690/vramn.v68i6.673

14. Ben-Shlomo A., Liu N.A., Melmed S. Somatostatin and dopamine receptor regulation of pituitary somatotroph adenomas. *Pituitary.* 2017;20(1):93–99. doi: 10.1007/s11102-016-0778-2

15. Молодовская И.Н. Дофаминергическая система и ее взаимосвязь с гипоталамо-гипофизарно-гонадной и гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной системами (обзор литературы). *Сиб. науч. мед. ж.* 2020;40(6):34–43. doi: 10.15372/SSMJ20200604

16. Tipisova E.V., Gorenko I.N., Popkova V.A., Elfimova A.E., Potutkin D.S., Andronov S.V., Andronov S.V., Kochkin R.A., Popov A.I., Lobanov A.A., Bogdanova E.N. The relationship between blood thyroid hormone and dopamine levels in residents of the Arctic Regions of Russia. *International Journal of Biomedicine.* 2019;9(1):43–47. doi:10.21103/Article9(1)_OА8

17. Розанов В.А. Стресс и психическое здоровье (нейробиологические аспекты). *Соц. и клин. психиатрия.* 2013;23(1):79–86.

References

1. Ulyanovskaya S.A., Bazhenov D.V., Shestakova V.G., Kalinkin M.N. Effect of the climatic and geographic factors of the North on adaptive reactions of the human body. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya = Pathological Physiology and Experimental Therapy.* 2020;64(1):147–154. [In Russian]. doi: 10.25557/0031-2991.2020.01.147-154

2. Hasnulin V.I., Hasnulin P.V. Modern concepts of the mechanisms forming northern stress in humans at high latitudes. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology.* 2012;(1):3–11. [In Russian].

3. Tkachev A.V., Bojko E.R., Gubkina Z.D., Ramenskaya E.B., Sukhanov S.G. Endocrine system and metabolism at the residents in the north. Syktывkar: Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1992. 156 p. [In Russian].

4. Do N., Mino L., Merriam G.R., LeMar H., Case H.S., Palinkas L.A., Reedy K., Reed H.L. Elevation in serum thyroglobulin during prolonged Antarctic residence: effect of thyroxine supplement in the polar 3,5,3'-Triiodothyronine syndrome. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2004;89(4):1529–1533. doi: 10.1210/jc.2003-031747
5. Molodovskaya I.N., Tipisova E.V., Popkova V.A., Elfimova A.E., Potutkin D.S. Photoperiodic variation of thyroid hormones and autoantibodies in males of the European North. *Yakutskiy meditsinskiy zhurnal = Yakut Medical Journal.* 2020;(2):77–80. [In Russian]. doi: 10.25789/YMJ.2020.70.23
6. Ilinskikh N.N., Ilinskikh E.N., Yankovskaya A.E. Cytogenetic effects of the peripheral blood high dopamine levels in shift workers of oil fields of the Northern Siberia. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education.* 2015;5:65–71. [In Russian].
7. Spedding S. Vitamin D and depression: a systematic review and meta-analysis comparing studies with and without biological flaws. *Nutrients.* 2014;6(4):1501–1518. doi: 10.3390/nu6041501
8. 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;314(1):27–36. [In Russian].
9. Brewerton T.D., Berrettini W.H., Nurnberger J.I., Linnoila M. Analysis of seasonal fluctuations of CSF monoamine metabolites and neuropeptides in normal controls: Findings with 5HIAA and HVA. *Psychiatry Res.* 1988;23(3):257–265. doi: 10.1016/0165-1781(88)90016-9
10. Barbato G., Cirace F., Monteforte E., Costanzo A. Seasonal variation of spontaneous blink rate and beta EEG activity. *Psychiatry Res.* 2018;270:126–133. doi: 10.1016/j.psychres.2018.08.051
11. Sinyakova N.A., Bazhenova E.Yu., Kulikova E.A., Fursenko D.V., Kulikov A.V. Effect of the C1473G polymorphic variant of the tryptophan hydroxylase 2 gene and photoperiod length on the dopamine system of the mouse brain. *Mol. Biol.* 2020;54:51–58. doi: 10.1134/S0026893320010148
12. Rubi B., Maechler P. Minireview: new roles for peripheral dopamine on metabolic control and tumor growth: let's seek the balance. *Endocrinology.* 2010;151(12):5570–5581. doi: 10.1210/en.2010-0745
13. Lychkova A.E. Nervous regulation of thyroid function. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk = Annals of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2013;68(6):49–55. [In Russian]. doi: 10.15690/vramn.v68i6.673
14. Ben-Shlomo A., Liu N.A., Melmed S. Somatostatin and dopamine receptor regulation of pituitary somatotroph adenomas. *Pituitary.* 2017;20(1):93–99. doi: 10.1007/s11102-016-0778-2
15. Molodovskaya I.N. Dopaminergic system and its relationship with the hypothalamic-pituitary-gonadal and hypothalamic-pituitary-thyroid systems (review). *Sibirskiy nauchnyy medicinskiy zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal.* 2020;40(6):34–43. [In Russian]. doi: 10.15372/SSMJ20200604
16. Tipisova E.V., Gorenko I.N., Popkova V.A., Elfimova A.E., Potutkin D.S., Andronov S.V., Andronov S.V., Kochkin R.A., Popov A.I., Lobanov A.A., Bogdanova E.N. The relationship between blood thyroid hormone and dopamine levels in residents of the Arctic regions of Russia. *International Journal of Biomedicine.* 2019;9(1):43–47. doi: 10.21103/Article9(1)_OA8
17. Rozanov V.A. Stress and mental health (neurobiological aspects). *Sotsial'naya i klinicheskaya psikhatriya = Social and Clinical Psychiatry.* 2013;23(1):79–86. [In Russian].

Сведения об авторах:

Зябишева Валентина Николаевна, ORCID: 0000-0001-6133-8249, e-mail: razvalush@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
Аликина Виктория Анатольевна, к.б.н., ORCID: 0000-0003-3097-9427, e-mail: victoria-popcova@yandex.ru

Information about the authors:

Valentina N. Zyabisheva, ORCID: 0000-0001-6133-8249, e-mail: razvalush@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
Victoria A. Alikina, candidate of biological sciences, ORCID: 0000-0003-3097-9427, e-mail: victoria-popcova@yandex.ru

Поступила в редакцию 27.06.2023
После доработки 30.07.2023
Принята к публикации 19.09.2023

Received 27.06.2023
Revision received 30.07.2023
Accepted 19.09.2023