

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco312586>

Функциональная активность головного мозга у пожилых женщин Арктической зоны Российской Федерации с различным вегетативным тонусом

А.В. Грибанов¹, Т.П. Ширяева¹, И.Л. Фатеева², Д.М. Федотов^{1, 3},
О.С. Преминина¹, Т.В. Аношина¹

¹ Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Российская Федерация;

² Новодвинский детский дом-интернат для детей с серьезными нарушениями в интеллектуальном развитии, Новодвинск, Российская Федерация;

³ Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Цель. Выявить характерные особенности мозговой активности по данным распределения уровня постоянного потенциала (УПП) при различном уровне вегетативного тонуса у женщин пожилого возраста, проживающих в Арктической зоне РФ.

Материалы и методы. В поперечном одномоментном исследовании рассмотрены различия показателей УПП у женщин 60–74 лет ($n=121$), постоянно проживающих на территории Арктической зоны РФ, которых разделили на три группы с различным уровнем вегетативного тонуса: ваготоники, нормотоники, симпатотоники. Регистрацию УПП головного мозга проводили с помощью 12-канального аппаратно-программного диагностического комплекса «Нейро-КМ». Вегетативную регуляцию сердечного ритма оценивали с применением аппаратного комплекса «ВНС-спектр».

Результаты. Выявлены более высокие суммарные и средние показатели энергетических затрат головного мозга у женщин группы симпатотоников по сравнению как с нормотониками, так и с ваготониками. По всем монополярным отведениям наблюдалась чёткая тенденция к увеличению нейроэнергеметаболизма головного мозга у пожилых женщин с преобладающей активностью симпатического отдела ВНС. Определено нарушение принципа куполообразности у симпато- и ваготоников. В группе нормотоников и ваготоников ведущими являются факторы функциональной активности центральной и лобной областей головного мозга, в то время как в группе симпатотоников наибольший удельный вес определён у факторов, определяющих мозговую активность правой височной и лобной областей.

Заключение. Исследование функциональной активности головного мозга у женщин пожилого возраста с различным вегетативным тонусом продемонстрировало наличие специфических изменений в распределении уровня постоянного потенциала для каждого типа вегетативного тонуса. Наиболее выраженные изменения отмечены у женщин с симпатотоническим типом ВНС, что может характеризовать процессы незавершённой адаптации.

Ключевые слова: женщины пожилого возраста; уровень постоянного потенциала; функциональная активность головного мозга; вегетативная нервная система; вегетативный тонус.

Как цитировать:

Грибанов А.В., Ширяева Т.П., Фатеева И.Л., Федотов Д.М., Преминина О.С., Аношина Т.В. Функциональная активность головного мозга у пожилых женщин Арктической зоны Российской Федерации с различным вегетативным тонусом // Экология человека. 2023. Т. 30, № 3. С. 231–240. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco312586>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco312586>

Functional activity of the brain among elderly women with different autonomic tones in the Arctic zone of the Russian Federation

Anatoliy V. Gribanov¹, Taisiia P. Shiryayeva¹, Irina L. Fateeva², Denis M. Fedotov^{1, 3}, Oksana S. Preminina¹, Tatiana V. Anoshina¹

¹ Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation;

² Novodvinsk Orphanage for Children with Intellectual Disabilities, Novodvinsk, Russian Federation;

³ Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation

ABSTRACT

AIM: To identify the distinctive features of brain activity based on the distribution of DC-potential levels among elderly women across different autonomic tones in the Russian Arctic.

MATERIALS AND METHODS: In total, 121 60–74 years old women permanently living in Arctic Russia participated in a cross-sectional study. Differences in the indicators of DC-potential levels were measured in three groups of elderly women with different levels of autonomic tone, namely, in vagotonics, normotonics and sympathotonics. Registration of the DC-potential levels of the brain was carried out using a 12-channel “Neuro-KM” diagnostic equipment. The assessment of the autonomic regulation of the heart rate was carried out using the “VNS-spectrum” equipment.

RESULTS: Greater total and average indicators of DC-potential distribution were observed in the sympathotonic group compared with the two other groups. For all monopolar leads, a clear trend towards an increase in neuroenergometabolism of the brain in elderly women with predominant activity of the sympathetic part of the ANS was observed. The dome-shaped principle was violated in both sympathotonics and vagotonics. In the group of normotonics and vagotonics, the leading factors were the functional activity of the central and frontal regions of the brain, while in the group of sympathotonics, the greatest proportion was determined by the factors regulating brain activity of the right temporal and frontal regions.

CONCLUSION: The study of the functional activity of the brain in elderly women with different autonomic tones demonstrates the presence of specific changes in the distribution of values of the constant potential level, which may indicate some change in the mechanisms characterizing the state of cerebral energy exchange. The most pronounced changes were observed in women with the sympathotonic type of ANS, which may characterize the processes of incomplete adaptation.

Keywords: elderly women; DC-potential level; functional activity of the brain; autonomic nervous system; autonomic tone.

To cite this article:

Gribanov AV, Shiryayeva TP, Fateeva IL, Fedotov DM, Preminina OS, Anoshina TV. Functional activity of the brain among elderly women with different autonomic tones in the Arctic zone of the Russian Federation. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(3):231–240. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco312586>

ОБОСНОВАНИЕ

Пожилый возраст является кризисным периодом в жизни человека [1]. Женщины, в отличие от мужчин, проходят через первый этап геронтогенеза гораздо сложнее, что обусловлено сочетанием психосоциальных и гормональных изменений [2, 3]. Известно также, что нейрорегуляторные и нейроэнергетические возможности головного мозга истощаются в ситуации полимодального и затяжного стресса гораздо быстрее, и это обуславливает напряжение всех функциональных систем организма [4].

В процессе старения организма роль вегетативной нервной системы (ВНС) увеличивается [5] и подверженность пожилых женщин психогенно-обусловленным вегетативным нарушениям только растёт. Исследование взаимосвязи вегетативного тонуса и нейроэнергетического обмена становится особенно актуальным в плане изучения механизмов старения человека, так как геронтологи видят в изменении гомеостаза важный инволютивный физиологический признак [6, 7].

Тонус ВНС является одним из проявлений и одновременно механизмов стабилизации гомеостатического состояния человека [8]. Во многих исследованиях отмечается, что основное функциональное назначение ВНС заключается в возможности сохранения параметров различных систем организма в рамках гомеостатических показателей [9, 10]. Так, ВНС влияет на постоянство внутренней среды, участвует в поддержании определённого уровня психической и физической активности [11], оказывает значительное воздействие на адаптационные возможности и приспособительные реакции организма в целом [12].

Центры управления ВНС находятся в центральных и периферических отделах нервной системы человека, а от их совместной работы зависит автономность многих систем организма, в том числе и регуляция тонуса стенок сосудов кровеносной системы головного мозга [13]. Соответственно, можно предположить, что вегетосудистые изменения будут оказывать существенное влияние на процесс энергетического обеспечения головного мозга человека.

В настоящее время для исследования интенсивности некоторых церебральных биохимических процессов, связанных в первую очередь с энергетическим обменом, применяют различные методы: позитронно-эмиссионную томографию, однофотонную эмиссионную компьютерную томографию, магнитно-резонансную томографию и некоторые другие [14]. Это дорогостоящие и сложные в подготовке к исследованию методы. В то же время применение метода нейроэнергокартирования с регистрацией уровня постоянного потенциала (УПП) безопасно, неинвазивно, занимает немного времени для диагностики и интерпретации результатов исследования. УПП представляет собой медленно меняющийся потенциал милливольтного диапазона, интегрально отражающего мембранные

потенциалы нейронов, глии и гематоэнцефалического барьера, коррелирующего с кислотно-щелочным равновесием, что позволяет оценить нейроэнергетический метаболизм головного мозга [7].

В настоящее время имеется незначительное количество работ, посвящённых взаимодействию мозговой активности, выявленному по данным УПП, у лиц пожилого возраста, проживающих в Арктической зоне РФ [6, 15, 16]. Настоящая работа посвящена установлению особенностей мозговой активности при различном тоне ВНС как модулирующего и координирующего центра для всех физиологических адаптационных процессов, протекающих в организме стареющего человека.

Цель исследования. Выявить характерные особенности мозговой активности по данным распределения уровня постоянного потенциала при различном уровне вегетативного тонуса у женщин пожилого возраста, проживающих в Арктической зоне РФ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В поперечном одномоментном исследовании приняли участие женщины 60–74 лет ($n=121$, средний возраст — $68,6 \pm 2,2$ года), проживающие на территории Арктической зоны РФ. Исследование осуществляли при получении информированного согласия участниц. Из исследовательской выборки были исключены испытуемые, которые в анамнезе имели инфаркт миокарда, мерцательную аритмию, нарушения мозгового кровообращения, черепно-мозговые травмы, нейродегенеративные заболевания.

Исследование мозговой активности проводили методом нейроэнергокартирования, заключающегося в регистрации УПП, который характеризует метаболические процессы. Главной особенностью метода УПП является то, что он основан на детекции изменений сверхмедленной электрической активности головного мозга. УПП регистрировали с помощью 12-канального аппаратно-программного диагностического комплекса «Нейро-КМ» («Статокин», Россия) [7, 13, 15]. Регистрация УПП велась монополярно, электроды располагались на голове по международной системе 10–20. Референтный электрод располагался на запястье левой руки.

Вегетативный тонус определяли с помощью аппаратно-программного комплекса «ВНС-спектр» («Нейрософт», Россия). Участниц исследования с величиной индекса напряжения (ИН) менее 50 у.е. рассматривали как ваготоников (группа 1) ($n=36$, средний возраст — $68,7 \pm 2,1$ года), с ИН от 50 до 200 у.е. — нормотоников (группа 2) ($n=42$, средний возраст — $68,8 \pm 2,3$ года), с ИН более 200 у.е. — симпатотоников (группа 3) ($n=43$, средний возраст — $68,5 \pm 2,3$ года) [17–19]. Сравниваемые нами группы не имели статистически значимых различий по календарному возрасту.

Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью пакета прикладных программ SPSS 26.0

для Windows. Нормальность распределения признаков в группах оценивали с использованием критерия Шапиро–Уилка. При выявлении различий между сравниваемыми группами по качественным показателям применяли критерий Краскела–Уоллиса. Для описательной статистики признаков использовали медиану (Me) и интервал значений от 1-го (Q1) до 3-го квартиля (Q3). Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в исследовании принимали как $p < 0,017$. Для построения факторных моделей показателей УПП головного мозга у женщин исследуемых групп проведён факторный анализ с использованием ортогонального вращения по методу варимакс, нижнюю границу коэффициента значимости для переменных принимали равной 0,6.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе проведённого исследования выявлены статистически значимые различия между показателями УПП в группах нормотоников и симпатотоников, а также

симпатотоников и ваготоников. В свою очередь значимые различия между исследуемыми показателями у групп нормотоников и ваготоников отсутствовали как по отдельным отведениям, так и по суммарным и средним значениям (табл. 1).

В результате анализа данных выявлены более высокие суммарные (Sum) энергетические затраты головного мозга у женщин группы симпатотоников (на 25,19%) по сравнению с женщинами группы нормотоников, а при сравнении групп симпатотоников и ваготоников — более высокие (на 24,8%) показатели УПП у первых ($p=0,001$ и $p=0,003$ соответственно) (рис. 1).

Средние значения УПП ($\bar{X}_{cp}$) симпатотоников оказались выше как по сравнению с нормотониками — на 24,96% ($p=0,001$), так и с ваготониками — на 24,7% ($p=0,003$).

По всем монополярным отведениям наблюдалась чёткая тенденция к увеличению нейроэнергетического метаболизма головного мозга у пожилых женщин с преобладающей активностью симпатического отдела ВНС, т.е. в группе

Таблица. 1. Уровень постоянного потенциала головного мозга пожилых женщин с различным вегетативным тонусом, mV (Me (Q1–Q3))

Table 1. DC-potential level of brain in elderly women with different autonomic tone, mV (Me (Q1–Q3))

Отведения Lead	Группа 1 (симпатотоники) Group 1 (Sympathotonics) (n=43)	Группа 2 (нормотоники) Group 2 (Normotonics) (n=42)	Группа 3 (ваготоники) Group 3 (Vagotonics) (n=36)	p	p_{1-2}	p_{2-3}	p_{1-3}
Fpz	11,38 (4,36–16,84)	10,67 (6,17–17,9)	9,90 (6,19–16,08)	0,795			
Fd	13,57 (8,47–22,98)	8,72 (4,60–14,75)	6,84 (5,17–12,12)	0,002	0,003	0,499	0,002
Fs	15,98 (8,94–22,83)	10,12 (4,36–13,51)	7,21 (3,67–20,27)	0,002	0,001	0,916	0,007
Cd	18,22 (14,81–23,17)	16,48 (9,92–21,12)	14,93 (9,44–22,88)	0,173			
Cz	19,23 (16,18–24,99)	15,55 (10,79–22,05)	16,90 (11,66–24,63)	0,109			
Cs	17,55 (13,15–22,31)	15,73 (10,14–19,54)	14,84 (8,35–22,12)	0,289			
Pd	17,33 (11,15–21,24)	16,50 (7,35–19,24)	14,60 (6,96–19,89)	0,163			
Pz	17,04 (12,27–20,29)	17,34 (11,74–21,42)	12,22 (8,17–20,36)	0,118			
Ps	16,89 (10,63–21,09)	16,67 (7,77–20,53)	12,39 (5,74–20,73)	0,162			
Oz	16,49 (11,53–20,89)	14,43 (10,20–18,37)	12,80 (8,31–18,73)	0,104			
Td	15,51 (10,07–21,83)	9,0 (5,56–11,63)	11,55 (4,77–19,31)	0,001	0,001	0,284	0,057
Ts	16,82 (7,48–20,22)	11,18 (5,95–15,33)	12,66 (6,11–18,74)	0,036	0,009	0,277	0,197
Sum	205,77 (163,50–226,95)	164,36 (128,69–185,09)	154,68 (103,10–208,10)	0,001	0,001	0,568	0,003
$\bar{X}_{cp}$ / $\bar{X}_{av}$	17,12 (13,62–18,91)	13,70 (10,64–15,42)	12,89 (8,59–17,33)	0,001	0,001	0,568	0,003

Примечание: Fpz — лобное центральное отведение, Fd — правое лобное отведение, Fs — левое лобное отведение; Cz — центральное отведение, Cd — правое центральное отведение, Cs — левое центральное отведение; Pz — центральное теменное отведение, Pd — правое теменное отведение, Ps — левое теменное отведение; Oz — затылочное отведение; Td — правое височное отведение, Ts — левое височное отведение. Sum — суммарные значения УПП по 12 отведениям; $\bar{X}_{cp}$ — среднее значение УПП по 12 отведениям.

Note: Fpz — frontal central lead, Fd — right frontal lead, Fs — left frontal lead; Cz — central lead, Cd — right central lead, Cs — left central lead; Pz — central parietal lead, Pd — right parietal lead, Ps — left parietal lead; Oz — occipital assignment; Td — right temporal lead, Ts — left temporal lead. Sum — sum of all values for 12 leads; $\bar{X}_{av}$ is the average value for all 12 leads.

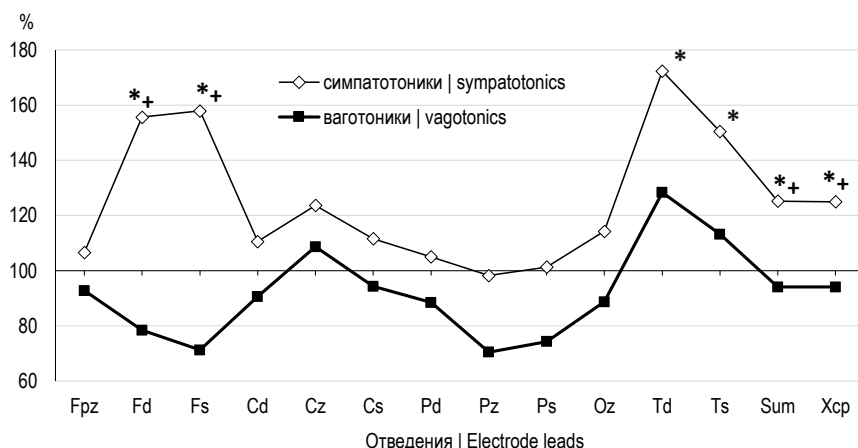


Рис. 1. Профиль распределения значений уровня постоянного потенциала в группах пожилых женщин с различным вегетативным тонусом: * статистически значимые различия между группами симпатотоников и нормотоников; + статистически значимые различия между группами симпатотоников и ваготоников.

Fig. 1. Distribution of the DC-potential level in elderly women with different autonomic tone: * statistically significant differences between sympatotonics and normotonics; + statistically significant differences between sympatotonics and vagotonics.

симпатотоников. Между группами нормотоников и симпатотоников в нейроэнергообмене головного мозга по монополярным отведениям обнаружены значимые различия в лобной и височных областях. Так, в лобной области показатели УПП симпатотоников оказались значимо выше в правом (Fd) и левом (Fs) лобных отведениях — на 55,62 и 57,91% ($p=0,003$; $p=0,001$ соответственно), в правой (Td) и левой (Ts) височных областях исследуемые показатели оказались выше на 72,33 и 50,45% ($p=0,001$; $p=0,009$ соответственно) по сравнению с показателями нормотоников.

Значимые различия между группами симпатотоников и ваготоников были обнаружены в лобных областях в правом (Fd) и левом (Fs) отведениях. Так, симпатотоники продемонстрировали более высокие исследуемые показатели по сравнению с ваготониками — на 49,6 и 54,9% ($p=0,002$; $p=0,007$) соответственно.

Кроме того, из-за высоких значений УПП в височных отделах и низких — в лобных и теменных у ваготоников, а также чрезмерно высоких значений в лобных и височных отделах у симпатотоников у этих исследуемых наблюдается нарушение нормальности распределения УПП. Данный факт находит своё отражение в несоблюдении принципа «куполообразности», когда максимальные значения УПП наблюдаются в центральных отведениях, а затем снижаются к периферии [7, 20]. В наибольшей степени соответствуют этому принципу показатели нормотоников.

Проведённый факторный анализ также помог выявить некоторые характерные особенности УПП в исследуемых группах. На рис. 2 отражены полученные результаты распределения факторов в группе нормотоников.

Проведённый факторный анализ показал, что в группе женщин нормотоников 1-й фактор функциональной активности центральной области головного мозга, составляющий 30,37% дисперсии, включает в себя показатели Cz–Oz, Cz–Td, Cz–Ts, Cz–Xcp, Td–Xcp, которые характеризуют активность преимущественно в центральной,

а также в височных и затылочной областях головного мозга.

2-й фактор функциональной активности лобной области, удельный вес которого составил 26,40%, включает показатели Fz–Cz, Fz–Oz, Fz–Td, Fz–Ts, Fz–Xcp, отражающие активность в лобной и в меньшей степени — в височных и затылочной областях головного мозга.

3-й фактор функциональной активности височных областей (информативность — 24,03%) объединяет показатели Td–Ts, Oz–Ts, Ts–Xcp, Oz–Xcp и определяет энергетическую активность преимущественно в височных областях и в меньшей степени — в затылочной области головного мозга. Суммарная дисперсия составила 80,77%.

На рис. 3 отражены результаты факторного анализа в группе симпатотоников.

Проведённый факторный анализ показателей УПП головного мозга выявил, что в группе женщин-сим-

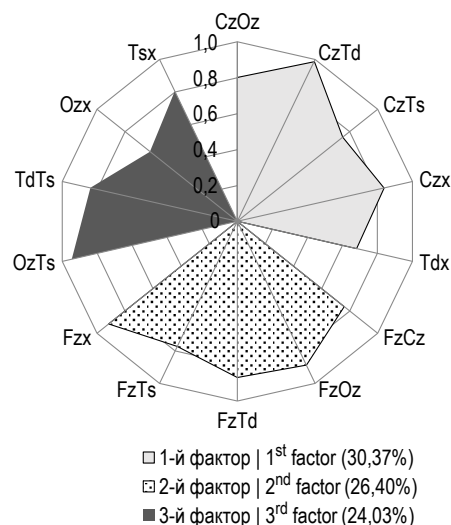


Рис. 2. Распределение уровня постоянного потенциала в группе нормотоников.

Fig. 2. Distribution of the DC-potential level of brain in normotonics.

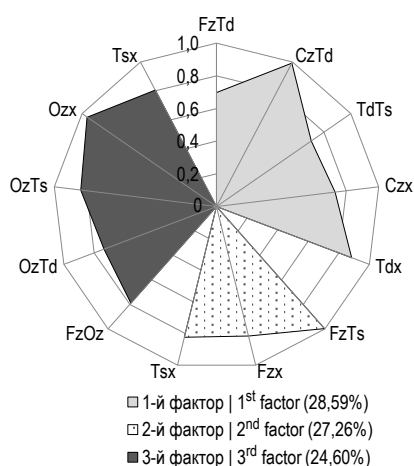


Рис. 3. Распределение уровня постоянного потенциала в группе симпатотоников.

Fig. 3. Distribution of the DC-potential level of brain in sympathotonics.

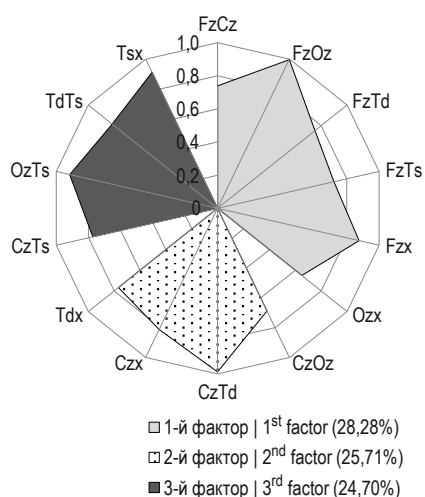


Рис. 4. Распределение уровня постоянного потенциала в группе ваготоников.

Fig. 4. Distribution of the DC-potential level of brain in vagotonics.

патотоников наиболее значимым фактором, информативность которого составила 28,59%, выступает фактор функциональной активности правой височной области, объединяющий показатели Fz–Td, Cz–Td, Td–Ts, Cz–Хср и Td–Хср, которые отражают нейроэнергетическую активность преимущественно в правой височной области, а также в лобной и центральной областях головного мозга.

Несколько менее весомым фактором (информативность — 27,26%) является фактор функциональной активности лобной области, объединяющий показатели Fz–Ts, Fz–Хср, Ts–Хср и характеризующий энергетическую активность в большей степени в лобной и в меньшей степени — в левой височной областях головного мозга.

Удельный вес 3-го фактора функциональной активности затылочной области составил 24,60%. В нём объединены показатели Fz–Oz, Oz–Td, Oz–Ts, Oz–Хср, Ts–Хср,

которые описывают энергетическую активность в затылочной, а также в лобной и височных областях. Суммарная дисперсия составила 80,45%.

На рис. 4 представлены результаты факторного анализа в группе ваготоников.

При рассмотрении результатов факторного анализа группы женщин-ваготоников установлено, что ведущим выступает фактор лобной активности (информативность — 28,28%), объединивший показатели Fz–Cz, Fz–Oz, Fz–Td, Fz–Ts, Fz–Хср и Oz–Хср, которые в свою очередь характеризуют активность в большей степени в лобной и в меньшей — в затылочной, височных и центральной областях головного мозга.

За ним расположился фактор функциональной активности центральной области (информативность — 25,71%), объединяющий показатели Cz–Oz, Cz–Td, Cz–Хср, Td–Хср, которые определяют активность преимущественно в центральной, а также в правой височной и затылочной областях головного мозга.

3-й фактор функциональной активности височных областей, насчитывающий 24,70% дисперсии, объединил показатели Cz–Ts, Oz–Ts, Td–Ts, Ts–Хср, описывающие активность энергообмена преимущественно в височных и в меньшей степени — в центральной и затылочной областях головного мозга. Суммарная дисперсия составила 78%.

ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что вегетативный тонус является полифункциональным фактором, влияющим на большинство систем организма человека, в том числе и на работу сосудов мозга, а УПП в свою очередь принято считать маркером интенсивности потребления энергии в головном мозге [21].

Показатели УПП головного мозга группы нормотоников занимают промежуточные значения относительно показателей симпатотоников и ваготоников по суммарным, средним и монополярным отведениям УПП. Схожие данные были получены в рамках исследований и других возрастных групп людей, проживающих в условиях Арктической зоны РФ [19]. Установленный факт, по нашему мнению, объясняется наиболее сохранной регуляторной функцией ВНС относительно тонуса сосудистого русла всех областей головного мозга, от которого во многом зависят показатели энергетического метаболизма [22, 23].

Значимое увеличение УПП в лобных, центральных и височных областях в группе симпатотоников по сравнению группой нормотоников может свидетельствовать о содружественной активизации трёх структурных блоков мозга (теория функциональных блоков А.Р. Лурия), что в долгосрочной перспективе повышает риск истощения энергетических ресурсов головного мозга и может привести к психофизиологической дизадаптации [24, 25].

Повышение показателей УПП в лобных областях в группе симпатотоников относительно группы ваготоников, по всей вероятности, характеризует повышение управляющей функции фронтальных областей головного мозга пожилых женщин при симпатотонии [26, 27].

С помощью факторного анализа получены данные о локализации преобладающей мозговой активности у пожилых женщин, а также о перераспределении структуры и удельного веса факторов при различных типах вегетативного тонуса. Факторные структуры, составленные в ходе исследования, демонстрируют разницу энергетических процессов в коре головного мозга у симпатотоников, нормотоников и ваготоников.

В группе нормотоников и ваготоников ведущими являются факторы функциональной активности центральной и лобной областей (1-й и 2-й факторы) головного мозга. По нашему мнению, такие результаты определяют содружественную и уравновешенную работу восходящих и нисходящих путей афферентного и эфферентного взаимодействия при регуляции ВНС.

В группе симпатотоников наибольший удельный вес определён у факторов, определяющих мозговую активность правой височной и лобной областей (1-й и 2-й факторы), что характеризует активацию контролирующей функции нисходящих путей, идущих от височных и лобных отделов к подкорковым образованиям ствола мозга, которые осуществляют эффекторное влияние на различные системы организма, а также участвуют в поддержании гомеостаза. Можно предположить, что это обусловлено напряжением адаптационных механизмов в работе головного мозга, направленных на нормализацию и сохранение гомеостаза вегетативной регуляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование функциональной активности головного мозга у женщин пожилого возраста с различным вегетативным тонусом показало наличие специфических изменений в распределении значений уровня постоянного потенциала. Установлено, что повышение показателей уровня постоянного потенциала в большей степени характерно для симпатотоников, что свидетельствует о нарастании функциональной напряжённости в работе головного мозга и снижении его энергетического ресурса, которое в свою очередь способно негативно сказываться на адаптационных возможностях всего организма в целом. Обнаружены также значимые различия в нейро-энергообмене головного мозга по отдельным отведениям между группами симпатотоников и нормотоников в лобной, центральной и височных областях, а между симпатотониками и ваготониками — в лобных областях (в правом и левом отведениях).

По данным факторного анализа выявлены особенности локализации преобладающей функциональной активности отделов головного мозга у пожилых женщин при различных типах вегетативного тонуса. Так, для нормотоников и ваготоников в большей степени характерна активность в центральной и лобной областях головного мозга, а для симпатотоников — в правой височной и лобной областях головного мозга, что может характеризовать процессы незавершённой адаптации.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО / ADDITIONAL INFORMATION

Вклад авторов: А.В. Грибанов — идея статьи, существенный вклад в анализ и интерпретацию результатов, утверждение окончательного варианта статьи; И.Л. Фатеева — подготовка первого варианта статьи, сбор данных и анализ результатов; Т.П. Ширяева и Д.М. Федотов — существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; О.С. Преминина и Т.В. Аношина — анализ данных, редактирование текста и формулирование выводов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Authors' contribution: A.V. Gribanov — the idea of the article, a significant contribution to the analysis and interpretation of the results, approval of the final version of the article; I.L. Fateeva — preparation of the first version of the article, data collection and analysis of the results; T.P. Shiryaeva and D.M. Fedotov — a significant contribution to the concept and design of the study, obtaining, analyzing and interpreting data; O.S. Preminina and T.V. Anoshina — data analysis, text editing and conclusions formulation. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Финансирование исследования. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых — кандидатов наук в рамках научного проекта № МК-4405.2022.1.4, а также при поддержке научно-образовательного центра мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования».

Funding sources. The study was supported by the grant from the President of the Russian Federation for young scientists — candidates of sciences within the framework of the project No. MK-4405.2022.1.4 and by the World-Class Scientific and Educational Center "Russian Arctic: new materials, technologies and research methods".

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Канделя М.В., Койсман Л.А., Назарова В.П. Физиологические и психологические изменения в пожилом возрасте // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2019. № 2. С. 105–116.
2. Григорьева И.А. Пожилые женщины: «вниз по лестнице» возраста и гендера // Женщина в российском обществе. 2018. С. 5–18.
3. Крапивина О.В. Особенности самоотношения у женщин, переживающих кризис пожилого возраста // Вестник Томского государственного университета. Математика. 2011. Т. 16, № 1. С. 389–390.
4. Дубовая А.В., Ярошенко С.Я., Прилуцкая О.А. Хронический стресс и нейротрофический фактор головного мозга // Практическая медицина. 2021. Т. 19, № 2. С. 19–27.
5. Халепо О.В., Молотков О.В., Корчигина Н.В., и др. Состояние вегетативной регуляции у больных пожилого и старческого возраста с различными формами сердечно-сосудистой патологии // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2019. Т. 18, № 2. С. 135–143.
6. Wu J.K., Huang Z., Zhang Z., et al. Quantitative assessment of autonomic regulation of the cardiac system // J Healthc Eng. 2019. Vol. 2019. P. 4501502. doi: 10.1155/2019/4501502
7. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Энергетическая физиология мозга. Москва: Антидор, 2003. 288 с.
8. Zygmunt A., Stanczyk J. Methods of evaluation of autonomic nervous system function // Arch Med Sci. 2010. Vol. 6, N 1. P. 11–18. doi: 10.5114/aoms.2010.13500
9. Рабаданова А.И. Возрастные особенности изменения физиологических и биохимических показателей у людей с различной степенью активности вегетативной нервной системы // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. С. 634.
10. Реутов В.П., Черток В.М. Новые представления о роли вегетативной нервной системы и систем генерации оксида азота в сосудах мозга // Тихоокеанский медицинский журнал. 2016. № 2. С. 10–19.
11. Rodin E., Bornfleth H., Johnson M. DC-EEG recordings of mindfulness // Clin Neurophysiol. 2017. Vol. 128, N 4. P. 512–519. doi: 10.1016/j.clinph.2016.12.031
12. Чеснокова Н.П., Понукалина Е.В., ПолUTOва Н.В., Бизенкова М.Н. Значение вегетативных нервных влияний и активности гипоталамо-гипофизарной системы в регуляции функции периферических эндокринных желез, общесоматического и метаболического статусов // Научное обозрение. Медицинские науки. 2016. № 1. С. 54–55.
13. Бабиянц А.Я., Афонин А.А. Морфофункциональные особенности респираторно-гемодинамического взаимоотношения в антенатальный период развития // Журнал фундаментальной медицины и биологии. 2018. № 1. С. 37–47.
14. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Интенсивность церебрального энергетического обмена: возможности его оценки электрофизиологическим методом // Вестник Российской академии медицинских наук. 2001. № 8. С. 38–43.
15. Депутат И.С., Грибанов А.В., Большевидцева И.Л. Особенности энергетического обмена головного мозга у жительниц Европейского Севера России в пожилом возрасте (на примере Архангельской области) // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2016. № 4. С. 5–12. doi: 10.17238/issn2308-3174.2016.4.5
16. Волокитина Т.В., Аникина Н.Ю., Котцова О.Н., Грибанов А.В. Проявления экологической адаптированности церебрального энергообмена у молодых жителей арктического региона с различным вегетативным тонусом // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6. С. 93.
17. Депутат И.С., Нехорошкова А.Н., Грибанов А.В., и др. Анализ распределения уровня постоянного потенциала головного мозга в оценке функционального состояния организма (обзор) // Экология человека. 2015. Т. 22, № 10. С. 27–36.
18. Мелькова Л.А., Федотов Д.М. Состояние вегетативной регуляции ритма сердца при пассивном ортостазе у женщин пожилого и старческого возраста // Журнал медико-биологических исследований. 2015. № 2. С. 44–51.
19. Sawatzky A., Cunsolo A., Jones-Bitton A., et al. Responding to climate and environmental change impacts on human health via integrated surveillance in the circumpolar north: a systematic realist review // Int J Environ Res Public Health. 2018. Vol. 15, N 12. P. 2706. doi: 10.3390/ijerph15122706
20. Котцова О.Н., Аникина Н.Ю., Грибанов А.В. Половые различия церебрального энергообмена у жителей Арктической зоны РФ // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2021. Том 18, №1. С. 4–12. doi: 10.22138/2500-0918-2021-18-1-4-12
21. Sato N., Katori Y. Infra-slow electroencephalogram power associates with reaction time in simple discrimination tasks. In: Lecture notes in computer science. 2019. P. 501–511.
22. Ernst G. Heart-rate variability-more than heart beats? // Front Public Health. 2017. Vol. 5. P. 240. doi: 10.3389/fpubh.2017.00240
23. Abboud F.M., Singh M.V. Autonomic regulation of the immune system in cardiovascular diseases // Adv Physiol Educ. 2017. Vol. 41, № 4. P. 578–593. doi: 10.1152/advan.00061.2017
24. Korf H.W. Signaling pathways to and from the hypophysial pars tuberalis, an important center for the control of seasonal rhythms // Gen Comp Endocrinol. 2018. Vol. 258. P. 236–243. doi: 10.1016/j.ygcen.2017.05.011
25. Вецлер М.В., Черкасова В.Г., Муравьев С.В., и др. Когнитивные функции и вегетативная регуляция у практически здоровых лиц молодого возраста с разным уровнем здоровья // Пермский медицинский журнал. 2018. № 4. С. 77–82. doi: 10.17816/pmj35477-82
26. Willie C.K., Tzeng Y.C., Fisher J.A., Ainslie P.N. Integrative regulation of human brain blood flow // J Physiol. 2014. Vol. 592, N 5. P. 841–859. doi: 10.1113/jphysiol.2013.268953
27. Tentolouris N., Argyrakopoulou G., Katsilambros N. Perturbed autonomic nervous system function in metabolic syndrome // Neuromolecular Med. 2008. Vol. 10, N 3. P. 169–178. doi: 10.1007/s12017-008-8022-5

REFERENCES

1. Kandelya MV, Koisman LA, Nazarova VP. Physiological and psychological changes in old age. *Vestnik Priamurskogo gosudarstvennogo universiteta im. Sholom-Alejhema*. 2019;(2):105–116. (In Russ).
2. Grigorieva IA. Elderly women: over the hill — age- and gender-wise. *Woman in Russian Society*. 2018;(1):5–18. (In Russ).
3. Krapivina OV. Peculiarities of women's self-assessment during old age crisis period. *Tomsk State University Journals*. 2011;16(1):389–390. (In Russ).
4. Dubovaya AV, Iaroshenko SYa, Prilutskaya OA. Chronic stress and brain-derived neurotrophic factor. *Practical medicine*. 2021;19(2):19–27. (In Russ).
5. Khalepo OV, Molotkov OV, Korchigina NV, et al. Vegetative regulation condition in patients of elderly and senile age with various forms of cardiovascular pathology. *Vestnik of the Smolensk State Medical Academy*. 2019;18(2):135–143. (In Russ).
6. Wu JK, Huang Z, Zhang Z, et al. Quantitative assessment of autonomic regulation of the cardiac system. *J Healthc Eng*. 2019;2019:4501502. doi: 10.1155/2019/4501502
7. Fokin VF, Ponomareva NV. *Jenergeticheskaja fiziologija mozga*. Moscow: Antidor; 2003. 288 p. (In Russ).
8. Zygmunt A, Stanczyk J. Methods of evaluation of autonomic nervous system function. *Arch Med Sci*. 2010;6(1):11–18. doi: 10.5114/aoms.2010.13500
9. Rabadanova AI. Age features changes in physiological and biochemical indices in people with different degrees of activity of the autonomic nervous system. *Modern Problems of Science and Education*. 2015;(5):634. (In Russ).
10. Reutov VP, Chertok VM. The new understanding of the autonomic nervous system role and the nitric oxide generating system in the brain vessels. *Pacific Medical Journal*. 2016;(26):10–20. (In Russ).
11. Rodin E, Bornfleth H, Johnson M. DC-EEG recordings of mindfulness. *Clin Neurophysiol*. 2017;128(4):512–519. (In Russ). doi: 10.1016/j.clinph.2016.12.031
12. Chesnokova NP, Ponukalina EV, Polutova NV, Bizenkova MN. Znachenie vegetativnyh nervnyh vlijanij i aktivnosti gipotalamo-gipofizarnoj sistemy v reguljacii funkcii perifericheskikh jendokrinnyh zhelez, obshhesomaticheskogo i metabolicheskogo statusov. *Scientific Review. Medical Sciences*. 2016;(1):54–55. (In Russ).
13. Babiyants AYa, Afonin AA. Morphological and functional features respiratory-hemodynamic relationship in the antenatal period of development. *Zhurnal fundamental'noj mediciny i biologii*. 2018;(1):37–47. (In Russ).
14. Fokin VF, Ponomareva NV. Intensivnost' cerebral'nogo energeticheskogo obmena: vozmozhnosti ego ocenki elektrofiziologicheskimi metodami. *Vestnik Rossijskoj akademii medicinskih nauk*. 2001;(8):38–43. (In Russ).
15. Deputat IS, Gribanov AV, Bol'shevidtseva IL. Cerebral energy metabolism in older women living in the European North of Russia (Exemplified by the Arkhangelsk region). *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*. 2016;(4):5–12. (In Russ). doi: 10.17238/issn2308-3174.2016.4.5
16. Volokitina TV, Anikina NY, Kottsova ON, Gribanov AV. Manifestations of ecological adaptedness of cerebral power exchange at young inhabitants of the arctic region with various vegetative tone. *Modern Problems of Science and Education*. 2018;(6):93. (In Russ).
17. Deputat IS, Nekhoroshkova AN, Gribanov AV, et al. Analysis of dc-potential level in assessment of body functional state (review). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2015;22(10):27–36. (In Russ).
18. Melkova LA, Fedotov DM. Autonomic regulation of heart rate in elderly and senile women during tilt table test. *Journal of Medical and Biological Research*. 2015;(2):44–51. (In Russ).
19. Sawatzky A, Cunsolo A, Jones-Bitton A, et al. Responding to climate and environmental change impacts on human health via integrated surveillance in the circumpolar north: a systematic realist review. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(12):2706. doi: 10.3390/ijerph15122706
20. Kottsova ON, Anikina NYu, Gribanov AV. Sex differences in cerebral energy exchange among residents of the arctic zone of the Russian Federation. *Journal of Ural Medical Academic Science*. 2021;18(1): 4–12. (In Russ). doi: 10.22138/2500-0918-2021-18-1-4-12
21. Sato N, Katori Y. Infra-slow electroencephalogram power associates with reaction time in simple discrimination tasks. In: *Lecture notes in computer science*. 2019. P. 501–511.
22. Ernst G. Heart-rate variability—more than heart beats? *Front Public Health*. 2017;5:240.
23. Abboud FM, Singh MV. Autonomic regulation of the immune system in cardiovascular diseases. *Adv Physiol Educ*. 2017;41(4):578–593. doi: 10.1152/advan.00061.2017
24. Korf HW. Signaling pathways to and from the hypophysial pars tuberalis, an important center for the control of seasonal rhythms. *Gen Comp Endocrinol*. 2018;258:236–243. doi: 10.1016/j.ygcen.2017.05.011
25. Vetsler MV, Cherkasova VG, Muravijov SV, et al. Cognitive functions and vegetative regulation in practically healthy young people with different health status. *Perm Medical Journal*. 2018;(4):77–82. (In Russ). doi: 10.17816/pmj35477-82
26. Willie CK, Tzeng YC, Fisher JA, Ainslie PN. Integrative regulation of human brain blood flow. *J Physiol*. 2014;592(5):841–859. doi: 10.1113/jphysiol.2013.268953
27. Tentolouris N, Argyrakopoulou G, Katsilambros N. Perturbed autonomic nervous system function in metabolic syndrome. *Neuromolecular Med*. 2008;10(3):169–178. doi: 10.1007/s12017-008-8022-5

ОБ АВТОРАХ

* **Грибанов Анатолий Владимирович**, д.м.н., профессор;
адрес: Россия, 163002, Архангельск, набережная
Северной Двины, д. 17;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4714-6408>;
eLibrary SPIN: 2788-8167;
e-mail: a.gribanov@narfu.ru

Ширяева Таисия Петровна, к.б.н., доцент;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9458-3224>;
eLibrary SPIN: 6330-0832;
e-mail: t.shiryaeva@narfu.ru

Фатеева Ирина Леопольдовна, врач-дефектолог;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4506-5871>;
eLibrary SPIN: 1934-8901;
e-mail: irana1307@mail.ru

Федотов Денис Михайлович, к.м.н., доцент;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4067-8364>;
eLibrary SPIN: 1209-7657;
e-mail: doctorpro@yandex.ru

Преминина Оксана Сергеевна, к.б.н., доцент;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9664-8773>;
eLibrary SPIN: 4975-5736;
e-mail: o.premminina@narfu.ru

Аношина Татьяна Васильевна, доцент;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4882-7512>;
eLibrary SPIN: 8580-6240;
e-mail: t.anoshina@narfu.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

* **Anatoliy V. Gribanov**, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;
address: 17 naberezhnaja Severnoj Dviny, 163002 Arhangel'sk,
Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4714-6408>;
eLibrary SPIN: 2788-8167;
e-mail: a.gribanov@narfu.ru

Taisiia P. Shiryaeva, Cand. Sci. (Biol.), associate professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9458-3224>;
eLibrary SPIN: 6330-0832;
e-mail: t.shiryaeva@narfu.ru

Irina L. Fateeva, MD, defectologist;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4506-5871>;
eLibrary SPIN: 1934-8901;
e-mail: irana1307@mail.ru

Denis M. Fedotov, MD, Cand. Sci. (Med.), associate professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4067-8364>;
eLibrary SPIN: 1209-7657;
e-mail: doctorpro@yandex.ru

Oksana S. Premminina, Cand. Sci. (Biol.), associate professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9664-8773>;
eLibrary SPIN: 4975-5736;
e-mail: o.premminina@narfu.ru

Tatiana Vasil'evna Anoshina, associate professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4882-7512>;
eLibrary SPIN: 8580-6240;
e-mail: t.anoshina@narfu.ru