

УДК 612.821+159.9+616-053.9

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ЖЕНЩИН ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

© 2016 г. И. С. Депутат, А. В. Грибанов, А. Н. Нехорошкова,
Л. Ф. Старцева, И. Л. Большевидцева

Институт медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета
имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск

В статье представлены результаты исследования энергетического обмена головного мозга у 267 женщин-северянок пожилого возраста, оценка которого осуществлялась путем регистрации постоянного потенциала головного мозга. Уровень постоянного потенциала (УПП) анализировали с помощью 12-канального аппаратно-программного диагностического комплекса «Нейроэнергометр-КМ» в монополярных отведениях. Полученные характеристики распределения УПП сравнивали со среднестатистическими «эталонными» значениями для соответствующего возрастного периода, встроенными в программное обеспечение комплекса. В результате исследования выявлено изменение распределения УПП по всем отделам головного мозга у пожилых женщин, проживающих в условиях Севера, в сравнении с эталонными значениями, выражающееся в повышении суммарных показателей постоянного потенциала, абсолютных значений по всем отведениям, что можно расценивать как проявления экологической адаптированности к условиям Севера. Повышение УПП головного мозга у пожилых женщин-северянок в сравнении с эталонными значениями реализуется за счет его увеличения во всех областях, что свидетельствует о функциональном напряжении головного мозга и снижении его резервных возможностей. Обнаружено также сохранение принципа куполообразности распределения постоянного потенциала мозга у пожилых северян, с тенденцией к деформации плавности; относительное уменьшение межполушарных различий и высокая интраиндивидуальная вариабельность показателей УПП; сглаживание регионарных различий, что может быть связано с уменьшением специализации коры в процессе старения.

Ключевые слова: север, женщины пожилого возраста, энергетическое состояние головного мозга, уровень постоянного потенциала

BRAIN ENERGY STATE IN ELDERLY WOMEN LIVING IN THE NORTH

I. S. Deputat, A. V. Griбанov, A. N. Nekhoroshkova, L. F. Startseva, I. L. Bolshevidceva

Institute of Biological and Medical Research, Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov,
Arkhangelsk, Russia

The article presents the results of a study of brain energy metabolism in elderly women living in the North. The assessment was carried out by registering brain constant potential. The level of constant potential was analyzed using a 12-channel hardware and software diagnostic complex "Neuroenergometr-coms" in the unipolar leads. Obtained characteristics of constant potential distribution were compared with the average reference information of the respective age period, built in the complex software. The study revealed changes in the level of constant potential distribution in all parts of the brain in elderly women living in the North, compared with reference values. It is stated in rising of constant potential consolidate figures, all leads absolute values which can be estimated as ecologic adaptation to the northern conditions. Rising of brain constant potential level in elderly women-northerners in comparison with reference values is implemented by means of its growth in all spheres that shows brain functional stress and loss of space capacity. We also found the principle of conservation of the dome-shaped distribution of brain constant potential in the elderly northerners, with a tendency to deformation; relative decrease of the hemispheric differences and high interindividual variability of constant potential data; regional leveling that can be connected to decrease of cortex specialty in aging process

Keywords: North, elderly women, brain energy metabolism, level of constant potential

Библиографическая ссылка:

Депутат И. С., Грибанов А. В., Нехорошкова А. Н., Старцева Л. Ф., Большевидцева И. Л. Энергетическое состояние головного мозга у женщин пожилого возраста, проживающих в условиях Севера // Экология человека. 2016. № 9. С. 40–45.

Deputat I. S., Griбанov A. V., Nekhoroshkova A. N., Startseva L. F., Bolshevidceva I. L. Brain Energy State in Elderly Women Living in the North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2016, 9, pp. 40-45.

Проблемы жизнедеятельности человека в неблагоприятных климатических условиях приобретают все большую актуальность, а вопрос о повышении адаптации человека к условиям Севера в настоящее время имеет стратегическое значение [9, 15].

Известно, что проживание человека в условиях Севера сопровождается дополнительными функциональными нагрузками, а одной из наиболее уязвимых к действию неблагоприятных климатогеографических

факторов Севера социальных групп являются люди пожилого возраста. Экстремальные условия внешней среды, такие как резкие колебания атмосферного давления, холод, высокая активность гелиокосмических факторов и другие, способствуют нарушениям приспособительных и развитию хронических стрессовых реакций в организме человека, что в конечном итоге приводит к преждевременной потере трудоспособности, ранней смертности. Хроническое функциональное

напряжение снижает адаптированность пожилого человека к различным условиям среды и усиливает процессы старения, что наиболее ярко проявляется в женской популяции [4, 8, 14].

Оценка системных возрастных изменений невозможна без определения мозговых изменений в процессе старения [10, 11, 17]. Важным фактором, оказывающим значительное влияние на сохранность психической деятельности человека в пожилом возрасте, является состояние энергетического обмена головного мозга, характеризующее процесс утилизации глюкозы мозгом. Даже минимальные изменения церебрального энергетического обмена сказываются на стабильности его функционирования, повышая чувствительность мозга к окислительному стрессу и ряду других повреждающих факторов [13, 18, 19].

В настоящее время одним из перспективных направлений в изучении энергообмена мозга является такой метод функциональной нейровизуализации церебральных энергетических процессов головного мозга, как нейроэнергокартирование [6, 16, 19]. Этот метод основан на измерении уровня постоянного потенциала (УПП) мозга, который представляет собой медленно меняющийся потенциал милливольтного диапазона, отражающий мембранные потенциалы нейронов, глии и гематоэнцефалического барьера. Характеристики УПП как интегральные показатели энергетического состояния головного мозга не только отражают нейрофизиологические механизмы стационарного назначения, но и связаны с комплексом биохимических и иммунологических параметров, характеризующих функциональное состояние адаптивных систем организма в целом [2, 13, 21, 22].

Все это и предопределило проведение настоящего исследования, целью которого явился анализ энергетического состояния головного мозга у женщин пожилого возраста, проживающих в условиях Севера.

Методы

Исследование проводилось на базе Института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова. В поперечном одномоментном исследовании принимали участие 267 женщин пожилого возраста (простая случайная выборка). Возраст испытуемых — 55–64 года, средний возраст составил 61 год. Обследование проводилось в первой половине дня (с 9.00 до 12.00) с информированного согласия участников.

Нейроэнергообмен головного мозга оценивался посредством анализа УПП, который регистрировали, обрабатывали и анализировали с помощью 12-канального аппаратно-программного диагностического комплекса «Нейроэнергометр-КМ» НМФ «Статокин» в монополярных отведениях. Активные электроды располагали на голове по схеме 10–20, референтный — на запястье правой руки. Электроды располагались в лобной области (Fz), лобной правой области (Fd), лобной левой области (Fs), централь-

ной области (Cz), центральной правой области (Cd), центральной левой области (Cs), теменной области (Pz), теменной правой области (Pd), теменной левой области (Ps), затылочной области (Oz), правой и левой височной областях (Td, Ts). Регистрацию производили после мероприятий, направленных на элиминацию артефактов электродного и кожного происхождения: до наложения электродов на голову испытуемого производилось их предварительное тестирование в гипертоническом растворе (30 %) NaCl, при котором измерялось сопротивление между электродами в отсутствие биологического объекта, разность потенциалов между электродами не превышала 20 мВ, а межэлектродное сопротивление 1–20 кОм. Длительность измерения составляла 15 минут, в этот период осуществлялся контроль значений кожного сопротивления (не выше 30 кОм) в местах отведений УПП.

Активность энергетического метаболизма оценивали по фоновому уровню УПП. Полученные характеристики распределения УПП сравнивались со среднестатистическими нормативными значениями для соответствующего возрастного периода, встроенными в программное обеспечение комплекса «Нейроэнергометр-КМ».

Полученные данные подвергнуты статистической обработке с применением пакета Statistic и пакета прикладных программ SPSS 21.0 for Windows. Для каждого из исследуемого показателя проводилась оценка распределения признаков на нормальность с использованием критериев Колмогорова — Смирнова. Для выявления различий между показателями использовали t-критерий Стьюдента для двух независимых выборок, результаты представлялись в виде средних значений (M) и стандартной ошибки среднего (m). Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез в исследовании принимался $\leq 0,05$.

Результаты

Полученные результаты распределения уровня постоянного потенциала мозга и их сравнение со среднестатистическими нормативными значениями для соответствующего возрастного периода, встроенными в программное обеспечение комплекса «Нейроэнергометр-КМ», свидетельствуют об особенностях церебральных энергетических процессов у пожилых женщин, живущих на Севере (таблица).

Анализ фоновых значений УПП внутри исследуемой группы показал, что наиболее высокие значения УПП зарегистрированы в центральных, теменных и затылочной областях (Cz, Cd, Cs, Pz, Pd, Ps, Oz), значение показателей УПП снижается в височных областях (Td, Ts), а наиболее низкие значения в данной группе наблюдаются в лобных областях (Fz, Fd, Fs).

Особенности протекания церебральных энергетических процессов у пожилых жительниц Севера выявлены и при анализе распределения постоянного потенциала по отделам мозга.

Показатели уровня постоянного потенциала мозга у женщин пожилого возраста, проживающих в условиях Севера ($M \pm m$)

Показатель, Мв	Эталон	Опытная группа (n=267)
Fz	9,10±0,01	10,70±0,57**
Fd	5,40±0,02	9,70±0,61***
Fs	6,70±0,01	10,20±0,57***
Cz	10,30±0,05	17,00±0,53***
Cd	7,50±0,04	15,20±0,54***
Cs	7,50±0,04	15,20±0,56***
Pz	9,30±0,04	15,10±0,52***
Pd	8,10±0,04	14,20±0,55***
Ps	8,10±0,04	14,70±0,55***
Oz	8,10±0,04	14,30±0,5***
Td	7,00±0,05	11,80±0,56***
Ts	10,50±0,01	12,60±0,58***
Sum	97,60±0,33	160,70±4,86***

Примечание. Уровни статистической значимости: ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Основной характеристикой нормального нейро-энергообмена выступает принцип куполообразности, при котором максимальные значения потенциала регистрируются в центральном отведении (Cz) и плавно снижаются к периферии [13, 16] (значения УПП в центральных отведениях (Fz, Pz, Oz) — «вертикаль» куполообразности); значения УПП в правых и левых отведениях (Fd, Fs, Cd, Cs, Pd, Ps, Td, Ts) должны снижаться по отношению к УПП в соответствующих центральных отведениях (Fz, Cz, Pz) — «горизонталь» куполообразности.

В распределении УПП у пожилых женщин-северянок наблюдается относительное сохранение принципа куполообразности, когда максимальное значение показателей, регистрируемых в центральном отделе, плавно снижается к периферии. В исследуемой группе зарегистрированные в центральном отделе мозга значения УПП превышали таковые в остальных отведениях. Так, разница между показателями центрального и затылочного отведения составила 2,7 мВ,

центрального и лобного — 6,3 мВ, центрального и теменного отведения — 2 мВ.

Однако если в эталонных значениях УПП мы наблюдаем плавное снижение значений (как по вертикали, так и по горизонтали), то в группе северян это снижение носит несколько скачкообразный характер. Особенно резкий скачек происходит в снижении значений УПП в лобных отведениях. Этот факт подкрепляется наибольшей разностью потенциалов на участках Fz—Cz, Fz—Pz, Fz—Oz, которая составила в исследуемой группе —6,3 мВ, 5,7 мВ и —3,6 мВ соответственно.

Также привлекает внимание уменьшение разности потенциалов Td—Ts в исследуемой группе, позволяющее судить о межполушарной асимметрии. Эталонные значения Td—Ts составляют —3,5 Мв, тогда как в группе северян —0,7 Мв, но при этом левополушарное доминирование сохраняется.

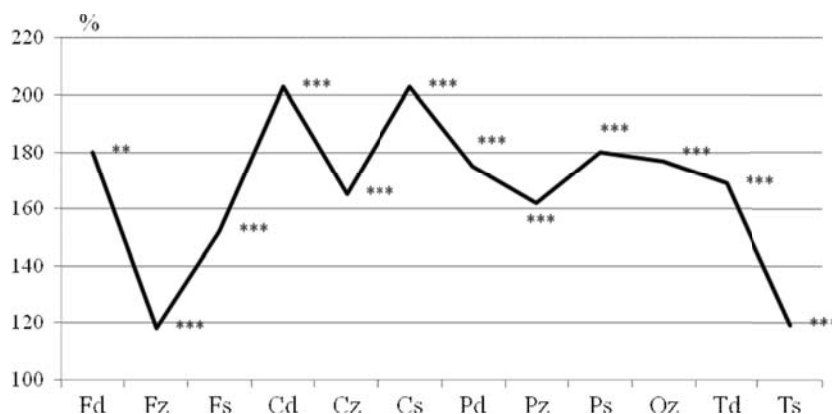
Суммарные показатели УПП головного мозга пожилых женщин-северянок превышают эталонные показатели более чем в 1,5 раза: 160,7 и 97,6 соответственно, $p \leq 0,001$.

В целом энергетические затраты у женщин данной группы оказались на 63 % выше эталонных значений. Увеличение суммарного УПП в данном случае происходит за счет повышения значений потенциалов во всех областях мозга: было выявлено увеличение фоновых показателей метаболизма по всем 12 отведениям (рисунок).

Абсолютные значения УПП у пожилых северянок (в сравнении с эталоном) в среднем были повышены на 5,3 мВ, хотя и неравномерно в разных отведениях. Анализ процентного соотношения показателей УПП выявил наибольшую разницу по правому и левому центральному отведениям, их повышение у северян составляет около 102 % (Cs, Cd).

Обсуждение результатов

Известно, что постоянные потенциалы головного мозга относятся к так называемой «медленной управляющей системе мозга», отвечающей за функциональное состояние организма в целом, поддержание



Профиль распределения уровня постоянного потенциала головного мозга у северян пожилого возраста

Примечания: за 100 % приняты эталонные возрастные значения УПП; уровни статистической значимости: ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

гомеостазиса и реагирующей на систематически действующие факторы окружающей среды, к которым относится и проживание в условиях Севера [2, 5, 20].

Полученные нами результаты распределения УПП мозга свидетельствуют об особенностях церебрального энергетического обмена у пожилых женщин, живущих на Севере.

Повышение суммарных показателей УПП головного мозга у пожилых женщин-северянок в сравнении с эталонными значениями реализуется за счет увеличения УПП во всех областях, что свидетельствует о функциональном напряжении головного мозга и снижении его резервных возможностей.

В целом для пожилого возраста, как показано в ряде исследований [1, 12, 23], закономерным является снижение локального УПП по сравнению с более молодым возрастом, что обусловлено нарушением проницаемости гематоэнцефалического барьера, снижением мозгового кровообращения. При сниженных или средних значениях УПП, то есть при умеренной выраженности вышеуказанных процессов, характеристики состояния высших психических функций остаются сохранными. Тогда как повышенные значения УПП указывают на усиление анаэробного окисления, уменьшение мозгового кровотока, возможную гипоксию мозга.

Рост локальных показателей распределения УПП у северян, выявленный в нашем исследовании, указывает на усиление церебрального энергетического метаболизма и мозгового кровотока, при котором происходит перестройка энергетических обменных процессов, увеличение доли анаэробного окисления, как резервного механизма энергообмена, и накопление продуктов окисления жирных кислот в мозговой ткани.

Повышение значений постоянных потенциалов у женщин, живущих в условиях Севера, косвенно может указывать на функциональную гиперактивацию мозга при развертывании первой стадии физиологического стресса, обусловленного в том числе и условиями проживания на Севере.

Наиболее высокие фоновые значения УПП внутри исследуемой группы зарегистрированы в центральных, теменных и затылочной отведениях (Cz, Cd, Cs, Pz, Pd, Ps, Oz). Интересен тот факт, что повышение уровня нейрометаболизма в центральных и затылочных областях связывают и с повышенной тревогой, сопровождающей жизнедеятельность человека. Подобное длительное состояние гиперактивации резервного метаболизма головного мозга может быть связано с недостаточностью адаптационных возможностей организма северян.

Отмеченные в центральных отведениях изменения, отражающие значительное повышение энергозатрат в подкорковых структурах, могут указывать на состояние эмоциональной нестабильности, стрессового состояния испытуемых. Рост УПП в центрально-теменных отведениях говорит о повышенном энергообмене в срединных структурах мозга.

Значительное снижение УПП в лобных отведениях по сравнению с потенциалами в других точках регистрации свидетельствует о снижении здесь энергетического метаболизма и, соответственно, нарушении функционирования фронтальных структур мозга, которые являются ключевыми звеньями в регуляции эмоциональной и мотивационной сфер, поведения в целом и служат ключевыми структурами в обеспечении процессов избирательной активации ЦНС.

В фоновой картине УПП в исследуемой группе прослеживается сохранение принципа куполообразности, тогда как, по данным предыдущих исследований [3, 5, 7], у детей, проживающих в условиях Севера, наблюдается нарушение данного принципа распределения УПП, связанное преимущественно с существенным повышением энергозатрат в затылочных областях мозга. Вероятно, сохранение этого принципа в пожилом возрасте говорит об определенной адаптивности мозга в сравнении с периодом детства.

Обнаруженные в распределении УПП у пожилых женщин-северянок сглаживание регионарных различий и высокая интериндивидуальная вариабельность показателей УПП соответствуют эталонному и, вероятно, связаны с уменьшением специализации коры в процессе старения. Относительное уменьшение межполушарных различий и повышение разности между височными отведениями вносят свой вклад в увеличение уровня психоэмоционального напряжения, связанного с проживанием в условиях Севера.

Таким образом, выявлено изменение распределения УПП по всем отделам головного мозга у пожилых женщин, проживающих в условиях Севера, в сравнении с эталонными значениями. Обнаружено сохранение принципа куполообразности распределения постоянного потенциала мозга у пожилых северян. В целом повышение показателей распределения УПП можно расценивать как проявление экологической адаптированности к условиям Севера.

Работа выполнена в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки РФ на 2014–2016 гг., № 2025 Северному (Арктическому) федеральному университету имени М. В. Ломоносова.

Список литературы

1. Гайфутдинова А. В., Червяков А. В., Фокин В. Ф. Возрастные особенности энергетической активности мозга у пациентов, перенесших черепно-мозговую травму и инфаркт мозга // Успехи геронтологии. 2012. Т. 25, № 4. С. 675–679.
2. Галимов Н. М., Вильданов Э. Р., Хидиятов И. И., Кальметьев А. Х., Султанов А. Ф., Валиуллин Р. Ч. Сверхмедленные физиологические процессы головного мозга человека и животных в экспериментальных и клинических исследованиях // Медицинский вестник Башкортостана. 2009. № 3. Т. 4. С. 63–69.
3. Грибанов А. В., Панков М. Н., Подоплекин А. Н. Уровень постоянных потенциалов головного мозга у детей при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью // Физиология человека. 2009. Т. 35, № 6. С. 43–48.

4. Гудков А. Б., Дёмин А. В. Особенности пострурального баланса у мужчин пожилого и старческого возраста с синдромом страха падения // Успехи геронтологии. 2012. Т. 25, № 1. С. 166–170.
5. Депутат И. С., Нехорошкова А. Н., Грибанов А. В., Большевидцева И. Л., Старцева Л. Ф. Анализ распределения уровня постоянного потенциала головного мозга в оценке функционального состояния организма (обзор) // Экология человека. 2015. № 10. С. 27–37.
6. Миронов Н. П., Соколова Л. П., Борисова Ю. В., Нейроэнергетическое картирование. Оценка функционального состояния мозга при когнитивных нарушениях различной этиологии // Вестник «МЕДСИ». 2010. № 8. С. 32–37.
7. Нехорошкова А. Н., Грибанов А. В. Распределение уровня постоянного потенциала головного мозга у младших школьников с высокой тревожностью // Вестник САФУ (серия «Медико-биологические науки»). 2015. № 3. С. 30–36.
8. Пономарева Н. В., Фокин В. Ф., Орлов О. А., Селезнева Н. Д., Павлова О. А. Стресс и нарушение психофизиологического состояния человека при старении // Материалы 14-й Международной конференции по нейрокибернетике «Проблемы нейрокибернетики». Ростов-на-Дону, 2005. Т. 1. С. 207–208.
9. Проблемы адаптации человека к экологическим и социальным условиям Севера / под ред. Е. Р. Бойко. Сыктывкар; СПб.: Политехника-сервис, 2009. 264 с.
10. Соколова Л. П. Сопоставление нейropsychологических особенностей и локального нейрометаболизма мозга у пациентов с додементными когнитивными расстройствами (ДКР) на фоне хронической недостаточности кровоснабжения мозга // Международный журнал экспериментального образования. 2011. № 6. С. 29.
11. Союстова Е. Л., Клименко Л. Л., Деев А. И., Фокин В. Ф. Изменение энергетического метаболизма мозга у старших возрастных групп при патологии щитовидной железы // Клиническая геронтология. 2008. Т. 14, № 7. С. 51–56.
12. Фокин В. Ф., Пономарева Н. В., Букатина Е. Е. Уровень постоянного потенциала головного мозга человека в молодом, зрелом и старческом возрасте. Журнал патологической физиологии и экспериментальной терапии. 1986. № 6. С. 72–74.
13. Фокин В. Ф., Пономарева Н. В. Энергетическая физиология мозга. М.: Антидор, 2003. 288 с.
14. Хаснулин В. И., Хаснулин П. В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // Экология человека. 2012. № 1. С. 4–11.
15. Чащин В. П., Сюрин С. А., Гудков А. Б., Попова О. Н., Воронин А. Ю. Воздействие промышленных загрязнений атмосферного воздуха на организм работников, выполняющих трудовые операции на открытом воздухе в условиях холода // Медицина труда и промышленная экология. 2014. № 9. С. 20–26.
16. Шмырев В. И., Витько Н. К., Миронов Н. П., Соколова Л. П. Нейроэнергетическое картирование (НЭК) — высокоинформативный метод оценки функционального состояния мозга: методические рекомендации. М., 2010. 21 с.
17. Bohnen N. I., Koeppe R. A., Minoshima, S., Giordani B., Albin R. L., Frey K. A., Kuhl D. E. (2011). Cerebral glucose metabolic features of Parkinson disease and incident dementia: longitudinal study // Soc Nucl. Med. Vol. 52(6). P. 848–855.
18. Borghammer P., Hansen S. B., Eggers C., Chakravarty M., Vang K., Aanerud J., Hilker R., et al. Glucose metabolism in small subcortical structures in Parkinson's disease // Acta Neurol Scandinavica. 2011. P. 1–8.
19. Felipe A. Beltrán, Aníbal I. Acuña, María Paz Miró and Maite A. Castro (2012). Brain Energy Metabolism in Health and Disease, Neuroscience — Dealing With Frontiers, Dr. Carlos M. Contreras (Ed.), ISBN: 978-953-51-0207-6, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/neuroscience-dealing-with-frontiers/brainenergy-metabolism-in-health-and-disease> (дата обращения: 11.04.2016).
20. Haschke W., Speckmann E.-J. Slow Potential Changes in the Brain // Springer Science+Business Media New York, 1993. 294 p.
21. Murik S. The use of DC/EEG to estimate functional and metabolic state of nervous tissue of the brain at hyper- and hypoventilation // World Journal of Neuroscience. 2012. N 2. P. 172–182.
22. Speckmann E.-J., Elger C. E., Gorji. A. Neurophysiological Basis of EEG and DC Potential. In Donald L. Schomer and Fernando Lopes da Silva (Eds.) // Niedermeyer's Electroencephalography, 6th edition Lippincott Williams & Wilkins, 2011. P. 17–31.
23. Sokolova L. P. Brain metabolism versus morphological changes of brain in cases of mild cognitive impairments against the background of brain injury consequences // European journal of neurology. 2011. Vol.18. P. 315.

References

1. Gajfutdinova A. V., Chervjakov A. V., Fokin V. F. Age features of energetic activity of the brain in patients after traumatic brain injury and cerebral infarction. *Uspekhi gerontologii* [Successes of Gerontology]. 2012, 25 (4), pp. 675–679. [in Russian]
2. Galimov N. M., Vil'danov Je. R., Hidijatov I. I., Kal'met'ev A. H., Sultanov A. F., Valiullin R. Ch. Infralow physiological processes of the human and animal brain in experimental and clinical studies. *Meditinskii Vestnik Bashkortostana* [Medical Journal of Bashkortostan]. 2009, 4 (3), pp. 63–69. [in Russian]
3. Griбанov A. V., Pankov M. N., Podoplekin A. N. The level of permanent brain potentials in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2009, 35 (6), pp.43–48. [in Russian]
4. Gudkov A. B., Demin A. V. Features of postural balance in men elderly with a syndrome of fear of falling successes. *Uspekhi gerontologii* [Successes of Gerontology]. 2012, 25 (1), pp. 166–170. [in Russian]
5. Deputat I. S., Nekhoroshkova A. N., Griбанov A. V., Bolshevidceva I. L., Startseva L. F. Analysis of DC-potential Level in Assessment of Body Functional State (Review). *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 10, pp. 27–37. [in Russian]
6. Mironov N. P., Sokolova L. P., Borisova Ju. V. Neuroenergokartirovanie. Evaluation of the functional state of the brain during cognitive disorders of different etiology. *Vestnik "MEDSI"* [MEDSI]. 2010, 8, pp. 32–37. [in Russian]
7. Nekhoroshkova A. N., Griбанov A. V. Distribution of dc potential level in primary school children with high level of anxiety. *Vestnik SAFU (ser. «Mediko-biologicheskie nauki»)* [Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Medical and Biological Sciences]. 2015, 3, pp. 30–36. [in Russian]
8. Ponomareva N. V., Fokin V. F., Orlov O. A., Selezneva N. D., Pavlova O. A. Stress i narushenie psikhofiziologicheskogo sostoyaniya cheloveka pri starenii [Stress and violation of human psychophysiological state during aging]. In *Materialy 14-i Mezhdunarodnoi konferentsii po neirokibernetike*

«*Problemy neirokibernetiki*» [Proceedings of the 14th International Conference on Neurocybernetics "Problems Neurocybernetics"]. Rostov-on-Don, 2005, 1, pp. 207-208.

9. *Problemy adaptatsii cheloveka k ekologicheskim i sotsial'nym usloviyam Severa* [Issues of human adaptation to environmental and social conditions of the North]. Eds. E. R. Boiko. Syktyvkar, Saint Petersburg, 2009. 264 p.

10. Sokolova L. P. Comparison of neuropsychological features and local brain metabolism in patients with cognitive impairment (VDCs) on the background of chronic insufficiency of blood supply to the brain. *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya* [International journal of experimental education]. 2011, 6, p. 29. [in Russian]

11. Soyustova E. L., Klimenko L. L., Deev A. I., Fokin V. F. Changes in brain energy metabolism in the older age groups in thyroid pathology. *Klinicheskaya gerontologiya* [Clinical Gerontology]. 2008, 14 (7), pp. 51-56. [in Russian]

12. Fokin V. F., Ponomareva N. V., Bukatina E. E. The level of permanent capacity of the human brain in young, mature and old age. *Zhurnal patologicheskoi fiziologii i eksperimental'noi terapii* [Journal of Pathophysiology and Experimental Therapy]. 1986, 6, pp. 72-74. [in Russian]

13. Fokin V. F., Ponomareva N. V. *Energeticheskaya fiziologiya mozga* [Energy physiology of the brain]. Moscow, 2003. 288 p.

14. Hasnulin V. I., Hasnulin P. V. Modern Concepts of the Mechanisms Forming Northern Stress in Humans in High Latitudes. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 1, pp. 4-11. [in Russian]

15. Chashchin V. P., Sjurin S. A., Gudkov A. B., Popova O. N., Voronin A. Ju. Influence of industrial pollution of ambient air on health of workers engaged into open air activities in cold conditions. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational Medicine and Industrial Ecology] 2014, 9, pp. 20-26. [in Russian]

16. Shmyrev V. I., Vit'ko N. K., Mironov N. P., Sokolova L. P. *Neiroenergokartirovanie (NEK) - vysokoinformativnyi metod otsenki funktsional'nogo sostoyaniya mozga : metodicheskie rekomendatsii* [Neuroenergokartirovanie (NEC) - a highly informative method of assessing the functional state of the brain. Guidelines]. Moscow, 2010. 21 p.

17. Bohnen N. I., Koeppe R. A., Minoshima S., Giordani B., Albin R. L., Frey K. A., & Kuhl D. E. Cerebral glucose metabolic features of Parkinson disease and incident dementia: longitudinal study. *Soc Nucl Med.* 2011, 52 (6), pp. 848-855.

18. Borghammer P., Hansen S. B., Eggers C., Chakravarty M., Vang K., Aanerud J., Hilker R., et al. Glucose metabolism in small subcortical structures in Parkinson's disease. *Acta Neurol Scandinavica.* 2011, pp. 1-8.

19. Felipe A. Beltrán, Anibal I. Acuña, María Paz Miró and Maite A. Castro Brain Energy Metabolism in Health and Disease, Neuroscience - Dealing With Frontiers, Dr. Carlos M. Contreras (Ed.). 2012, ISBN: 978-953-51-0207-6, InTech, Available from: URL: <http://www.intechopen.com/books/neuroscience-dealing-with-frontiers/brainenergy-metabolism-in-health-and-disease>. (date of the application: 11.04.2016).

20. Haschke W., Speckmann E.-J. Slow Potential Changes in the Brain. *Springer Science+Business Media*. New York, 1993. 294 p.

21. Murik S. The use of DC/EEG to estimate functional and metabolic state of nervous tissue of the brain at hyper- and hypoventilation. *World Journal of Neuroscience.* 2012, 2, pp. 172-182.

22. Speckmann E.-J., Elger C. E., Gorji. A. Neurophysiological Basis of EEG and DC Potential. In Donald L. Schomer and Fernando Lopes da Silva (Eds.). *Niedermeyer's Electroencephalography*, 6th edition Lippincott Williams & Wilkins. 2011, pp. 17-31.

23. Sokolova L.P. Brain metabolism versus morphological changes of brain in cases of mild cognitive impairments against the background of brain injury consequences. *European journal of neurology.* 2011, 18, 315 p.

Контактная информация:

Старцева Лариса Федоровна — кандидат биологических наук, доцент, ученый секретарь института медико-биологических исследований ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Министерства образования и науки Российской Федерации
Адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадицина, д. 3
E-mail: l.starceva@narfu.ru