

УДК 612.017.2

*А.В. Грибанов^{1,2}, О.Н. Котцова¹, Н.Ю. Аникина²***РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА ПРИ СНИЖЕНИИ
ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ**¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
г. Архангельск, Российская Федерация;²Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Российская Федерация*A.V. Gribanov^{1,2}, O.N. Kottsova¹, N.Yu. Anikina²***THE DISTRIBUTION OF CEREBRAL ENERGY METABOLISM THE
YOUNG PEOPLE OF THE ARCTIC REGION BY REDUCING OF DAYLIGHT**¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
Arkhangelsk, Russian Federation²Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation

Резюме. Цель настоящей работы — выявить особенности церебральных энергетических процессов у молодых людей, постоянно проживающих в Арктическом регионе, при снижении сезонной естественной освещенности. **Материал и методы.** Исследование проводилось в октябре (среднемесячная долгота дня 9 час 53 мин) и в декабре (4 час 23 мин) у 26 мужчин и 27 женщин, с помощью 5-канального аппаратно-программного диагностического комплекса «Нейро-КМ» для топографического картирования электрической активности мозга по данным уровня постоянного потенциала (УПП). Анализ распределения УПП проводили путем картирования монополярных значений постоянного потенциала (ПП) и расчета их градиентов. Полученные значения УПП сравнивали со средне-статистическими нормативными значениями. Статистическую обработку полученных данных проводили при помощи пакета программ SPSS 20 для Windows. Для анализа различий между показателями в сравниваемых группах использовали t-критерий Стьюдента при условии нормального распределения. **Результаты исследования.** При снижении естественной освещенности у молодых мужчин выявлен рост УПП в лобном и височных отведениях, что может быть связано с активацией центров вегетативной регуляции, централизацией регуляторных процессов и более напряженным функционированием управляющих систем мозга. У женщин снижение естественной освещенности приводит к увеличению значений УПП в затылочном отделе и снижению уровня потенциала в височных отделах, что может отражать включение механизмов саморегуляции функционального состояния организма. **Заключение.** При снижении естественной освещенности для мужчин характерно усиление энергообменных процессов отделов коры головного мозга, регулирую-

Abstract. The purpose of this work is to identify the features of cerebral energy processes in young people of different sexes, permanently living in the Arctic region, with a decrease in seasonal daylight. **Material and methods.** The study was conducted in October (average monthly daylight 9 hours 53 minutes) and December (4 hours 23 minutes) in 26 men and 27 women, using a 5-channel hardware-software diagnostic complex «Neuro-KM» for topographic mapping of electrical activity of the brain according to the level of DC potential (LDCP). The analysis of LDCP distribution was carried out by mapping the monopolar values of DC potential (DCP) and calculating their gradients. The obtained LDCP values were compared with the average normative values. Statistical processing of the data was performed using the software package SPSS 20 for Windows. To analyze the differences between the indicators in the compared groups, the student's t-test was used under the condition of normal distribution. **Research result.** Young men has increases of LDCP in the frontal and temporal leads was revealed with a decrease of daylight, which may be associated with the activation of the centers of autonomic regulation, centralization of regulatory processes and more intense functioning of the control systems of the brain. When decreases daylight women has increases of values of DC-potential in the occipital region and a decreases of the level of potential in the temporal regions, which may reflect the inclusion of mechanisms for self-regulation of the functional state of the body. **Conclusion.** With a decrease of daylight, men are characterized by an increase in the energy exchange processes of the cerebral cortex, regulating cardiovascular reactions and the tone of the sympathetic nervous system, and for women – the inclusion of self-regulation mechanisms.

щих сердечно-сосудистые реакции и тонус симпатической нервной системы, а для женщин — включение механизмов саморегуляции.

Ключевые слова: Арктический регион, трудоспособное население, адаптация, фотопериодизм, церебральный энергетический обмен, уровень постоянного потенциала мозга

Keywords: Arctic region, able-bodied population, adaptation, photoperiodism, cerebral energy metabolism, level of permanent brain potential

Конфликт интересов отсутствует.

Контактная информация автора, ответственного за переписку:

Грибанов Анатолий Владимирович

a.gribanov@narfu.ru

Дата поступления 15.04.2019.

Образец цитирования:

Грибанов А.В., Котцова О.Н., Аникина Н.Ю. Распределение церебральных энергетических процессов у молодых людей Арктического региона при снижении естественного освещения. Вестник уральской медицинской академической науки. 2019, Том 16, №2, с. 103-109, DOI: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-103-109

There is no conflict of interest.

Contact details of the corresponding author:

Anatoly V. Gribanov

a.gribanov@narfu.ru

Received 15.04.2019.

For citation:

Gribanov A.V., Kottsova O.N., Anikina N.Yu. The distribution of cerebral energy metabolism the young people of the Arctic Region by reducing of daylight. Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki. = Journal of Ural Medical Academic Science. 2019, Vol. 16, no. 2, pp. 103-109. DOI: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-103-109 (In Russ)

Известно, что солнечная активность является одним из важнейших природных факторов, оказывающих влияние на формирование климата и изменение погоды [1, 2] и ряда морфофункциональных параметров организма человека [3, 4, 5].

Интенсивность солнечной радиации зависит от высоты стояния солнца над горизонтом, массы атмосферы, которую проходит луч солнца, наличия облаков. С изменением высоты стояния солнца над горизонтом меняется и спектральный состав прямой солнечной радиации [6]. Исходя из активного биологического влияния ультрафиолетового излучения на человека предложено понятие «биологическая тьма», когда отсутствует эритемное ультрафиолетовое облучение [7]. При этом высота стояния солнца над горизонтом в 20° является предельной для использования УФ-лучей в терапевтических целях [7, 8]. В Архангельске, расположенном на Севере Европейской части России, севернее 64 параллели, в дельте реки Северной Двины, и отнесенном к Арктической зоне, климат определяется как географической широтой, влиянием холодных вод Белого и Баренцева морей, так и интенсивностью солнечного излучения. С ноября по февраль наблюдается низкое стояние солнца и небольшая продолжительность его сияния, вследствие чего количество ультрафиолетовой радиации резко снижено и практически наступает «биологическая полярная ночь» [5].

Продолжительность солнечного сияния в Архангельске в среднем за год составляет 1639 часов. В течение года наибольшая продолжительность солнечного сияния отмечается в июле (334 часа), наименьшая — в декабре (1 час).

Выраженная сезонная асимметрия естественной

освещенности северного региона, особенно демонстративна зимой и летом, может способствовать десинхронизации биологических ритмов. Увеличение длительности светового дня первоначально оказывает возбуждающее действие на психоэмоциональную сферу человека, а затем может приводить к перевозбуждению и переутомлению.

Исследования ряда авторов подтверждают, что в периоды полярной ночи и полярного дня у молодых людей независимо от типа вегетативной регуляции наблюдается значительное повышение личностной и ситуативной тревожности, преобладание тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, повышение уровня адреналина и кортикостероидов в крови [9, 10], а также снижение активности и умственной работоспособности [11, 12]. Таким образом, длительное и непрерывное возбуждение переходит в состояние охранительного торможения [13]. В обоих случаях в большей или меньшей степени происходит нарушение суточной ритмики физиологических функций, общей длительности и структуры сна [14].

Существующие сезонные изменения функционального состояния у лиц, проживающих в высоких широтах, компенсаторно-приспособительные реакции организма которых, направленные на поддержание гомеостаза в условиях жизни на Севере, регулируются, прежде всего, центральной нервной системой (ЦНС) [1, 15]. В качестве показателя реакции ЦНС широко применяются регистрации биоэлектрической активности головного мозга [16]. Маркером же адаптивных реакций ЦНС могут быть церебральные энергетические процессы [17].

Происходящие в центральной нервной системе

компенсаторно-приспособительные изменения под влиянием изменяющихся климатических факторов, в том числе и постоянные изменения естественной освещенности, ведут к значительным изменениям энергетического состояния головного мозга, т.е. дополнительные функциональные нагрузки, обусловленные адаптационными перестройками, также требуют усиленной работы различных структур мозга и ведут к изменению его энергетического состояния [18, 19, 20, 21]. Однако, несмотря на значимость показателей церебральных энергетических процессов, до сих пор нет данных об их изменениях под влиянием естественной освещенности. Все это и предопределило проведение данной работы, цель которой — выявить особенности церебральных энергетических процессов у молодых людей, проживающих в Арктическом регионе при снижении естественной освещенности.

Из всех методов, позволяющих визуализировать некоторые процессы в мозге и исследовать церебральный энергетический метаболизм, наиболее приемлемым при массовых исследованиях является метод регистрации распределения уровня постоянного потенциала (УПП) головного мозга.

Уровень постоянного потенциала головного мозга — это медленно меняющийся устойчивый потенциал милливольтного диапазона, являющийся одним из видов сверхмедленных физиологических процессов (СМФП) головного мозга, генез которого связан преимущественно с разностью потенциалов на мембранах клеток гематоэнцефалического барьера и сосудов головного мозга [18]. Параметры же УПП отражают уровень Ph, который является конечной характеристикой энергетического процесса.

Материалы и методы

Основу настоящей работы составили исследования церебральных энергетических процессов у молодых людей трудоспособного возраста (средний возраст 30 лет), родившихся и проживающих на территории Арктического региона (мужчин — 26 человек, женщин — 27 человек). Исследования проводились в первую половину октября (осень) и во вторую половину декабря (зима). Среднемесячная долгота дня в октябре 2018 года составила 9 часов 53 минуты и в декабре — 4 часа 23 минуты.

Все исследования проводили в одно и то же время суток, при максимальном физическом и психическом покое испытуемых.

Для регистрации, обработки и анализа УПП головного мозга применяли 5-канальный аппаратно-программный диагностический комплекс «Нейро-КМ». Использование специальных методов анализа и топографического картирования УПП позволяет проводить оценку суммарных энергозатрат головного мозга и его отдельных областей [18].

УПП регистрировали монополярно с помощью неполяризуемых хлорсеребряных электродов «ЭВЛ-1-М4»

(референтный) и «ЕЕ-G2» (активный) и усилителя постоянного тока с входным сопротивлением 10 МОм. До наложения электродов на голову испытуемого производили их предварительное тестирование в физиологическом растворе, при котором измеряли разность потенциалов и сопротивление между электродами в отсутствии биологического объекта, разность потенциалов между электродами не превышала 20 мВ, а межэлектродное сопротивление 15-20 кОм. Дрейф электродного потенциала не превышал 1-2 мВ за 10 минут.

Затем референтный электрод располагали на запястье правой руки, активные — вдоль сагиттальной линии — в лобной, центральной, затылочной областях, а также в правом и левом височных отделах (точки Fz, Cz, Oz, Td, Ts по международной системе «10-20%»).

Анализ распределения УПП проводился путем картирования монополярных значений постоянного потенциала (ПП) и расчетом их градиентов. Полученные значения УПП сравнивали со среднестатистическими нормативными значениями, встроенными в программное обеспечение комплекса.

Информацию об истинном значении УПП головного мозга получали благодаря автоматическому вычитанию из суммарных регистрируемых значений потенциалов межэлектродной разности потенциалов. Полученные данные обрабатывались с помощью специального программного обеспечения с построением карты распределения уровня постоянного потенциала.

Полученные данные были подвергнуты математической обработке с помощью пакета прикладных статистических программ «SPSS20». Вычислялась одномерная описательная статистика для каждого из исследуемых показателей, производилась оценка распределений признаков на нормальность. Различия между показателями у сравниваемых групп испытуемых оценивались по χ^2 и критерию t-Стьюдента. В тех случаях, когда распределение не соответствовало критериям нормальности, применялся его непараметрический аналог — критерий Манна-Уитни.

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных данных выявил в осенний период значительное увеличение энергообменных процессов по трем основным отведениям в подгруппе мужчин, у женщин — в лобном и затылочном отделах (табл. 1, рис. 1). Энергетические процессы в височных областях, напротив, характеризуются резким снижением.

У мужчин характерным признаком распределения УПП в осенний период являются высокие значения уровня потенциала в центральном отведении и снижением УПП в височных областях. С уменьшением длительности светового дня происходит увеличение уровня потенциала во фронтальной и височных областях, с одновременным снижением УПП в центральном отделе.

Таблица 1

Распределение УПП головного мозга у молодых людей Арктического региона при различной длительности естественного освещения, мВ (M+m)

Table 1

Distribution of brain LDCP in young people of the Arctic region with different duration of daylight, mV (M+m)

№	Отведение/ Lead	Осень/Autumn		Зима/Winter	
		Мужчины /men, n=26	женщины/women, n=27	мужчины/ men, n=26	женщины/women, n=27
1	Fz	11,98±2,69	9,43±1,83	*14,73±2,16	10,57±2,51
2	Cz	18,63±2,24	*10,68±2,65*	*17,05±2,53	*19,11±2,80*
3	Oz	12,49±1,56	12,23±1,63	13,44±1,50	11,96±2,83
4	Td	7,61±1,93	7,79±1,96	15,01±2,27*	12,76±2,89*
5	Ts	6,74±2,35	5,00±2,34	14,07±3,07	10,77±3,07*
6	Sum	57,45±7,47	45,12±6,82	74,30±9,69*	65,17±12,31
7	Xcp.	11,49±1,42	9,02±1,36	14,86±1,42*	13,02±2,46

Примечание. * справа — достоверность между показателями в различные периоды естественной освещенности; * слева — достоверные отличия между показателями мужчин и женщин в одинаковые периоды естественной освещенности

Note. * on the right — the reliability between the indicators in different periods of natural light; * on the left — significant differences between the indicators of men and women in the same periods of natural light

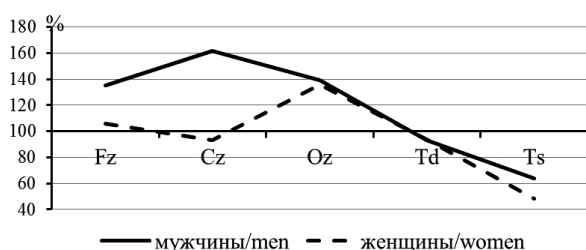


Рис.1. Профиль распределения УПП головного мозга у молодых людей Арктического региона по отношению к нормативным значениям в осенний период. За 100% приняты нормативные значения по Средней полосе Fig. 1. Distribution profile of brain SCP in young people of the Arctic region in relation to the normative values in the autumn period. For 100% accepted normative values for the Middle band

У женщин УПП в осенний период характеризуется высокими значениями в затылочном отведении и снижением уровня потенциала в височных отделах. С наступлением зимы происходит значительный рост УПП в центральном и височных отделах, и снижение уровня потенциала в затылочном отведении.

При снижении естественной освещенности, у северян регистрируется увеличение активности церебральных энергетических процессов по всей коре головного мозга (рис. 2).

Наибольший рост УПП в обеих группах исследования наблюдается в левой височной области (на 108,8% у мужчин и на 115,4% у женщин). Известно, что нижневисочная область, как и фронтальный неокортекс, относятся к числу наиболее молодых корковых формаций, с деятельностью которых связываются наиболее сложные формы поведения. В первую очередь с их

участием формируются так называемые гибкие звенья рабочих мозговых систем. Согласно данным исследований нижневисочные области являются одними из основных зон мозга, тесно взаимодействующих с лобными областями [22, 23].

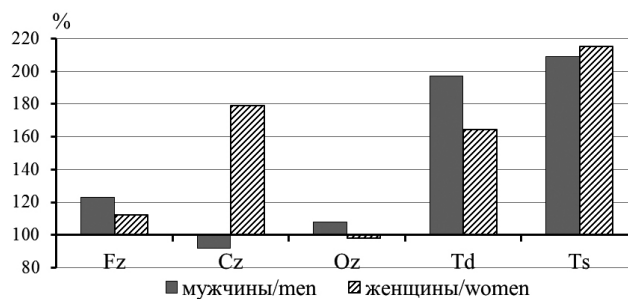


Рис. 2. Изменение УПП головного мозга у молодых людей Арктического региона в зимний период по отношению к значениям осени. За 100% приняты значения осеннего периода

Fig. 2. Changes in brain SCP in young people in the Arctic region in winter relative to the values of autumn. 100% of accepted values for the autumn period

Рост УПП в подгруппе мужчин в лобном и височных отделах при смене сезона может указывать на активацию центров вегетативной регуляции. Согласно данным литературы по корковому представительству вегетативных функций висцеральных систем и отдельных органов, лобные и височные зоны коры являются корковыми структурами, принимающими участие в центральной регуляции висцеральных функций, а также в реализации эмоций. Коровое представительство блуждающего нерва, определяющего функциональную активность сердечно-сосудистой, дыхательной,

пищеварительной (верхние отделы) систем, связано с зонами поясной и орбитальной извилин, что может соответствовать височным отведениям Td и Ts.

Заключение

Таким образом, снижение естественной освещенности в зимний период года оказывает влияние на организм, что проявляется в изменении церебральных энергетических процессов в коре головного мозга у жителей Арктического региона. Причем, энергообменные процессы коры головного мозга изменяются у мужчин и женщин по-разному. У мужчин усиливаются энергообменные процессы отделов коры головного мозга, регулирующие сердечно-сосудистые реакции и тонус симпатической нервной системы.

У женщин увеличиваются энергообменные процессы в центральном и височных отделах коры головного

мозга, что может быть обусловлено активирующими влияниями на кору со стороны неспецифической таламической системы, деятельность которой тесно связана с механизмами саморегуляции функционального состояния организма.

То есть результаты исследования свидетельствуют, что снижение естественной освещенности в условиях Арктического региона может приводить к более напряженному функционированию сердечно-сосудистой системы у мужчин и включению механизмов саморегуляции у женщин.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Архангельской области в рамках научного проекта № 18-44-290006.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубашов Б.М. Проблемы солнечной активности / Б.М. Рубашов. – М.-Л., 1964. – 185 с.
2. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. 2-е изд. / А.Л. Чижевский. – М., 1976. – 368 с.
3. Максимов А.Л. Современные методологические аспекты адаптации аборигенных и коренных популяций на Северо-Востоке России // Экология человека. – 2009. – № 6. – С. 17–21.
4. Рожков В.П. Сравнительные исследования мозгового кровотока у детей и подростков, проживающих в Северном и Арктическом регионах / В.П. Рожков, С.И. Сороко // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2019. – Т. 105, № 1. – С. 43–61. DOI: 10.1134/S0869813919010072.
5. Грибанов А.В. Общая характеристика климато-географических условий Русского Севера и адаптивных реакций человека в холодной климатической зоне (обзор) / А.В. Грибанов, Р.И. Данилова // Север. Дети. Школа: Сб. науч. тр. / Под ред. А.В. Грибанова. – Архангельск: Изд-во Поморского педуниверситета, 1994. – Вып. 1. – С. 4–27.
6. Калитин Н.Н. Лучи солнца / Н.Н. Калитин. – М.: Изд-во АМН СССР, 1947. – 122 с.
7. Галанин Н.Ф. Проблема компенсации природной ультрафиолетовой недостаточности на Севере / Н.Ф. Галанин // Гигиена и санитария. – 1955. – № 5. – С. 54–55.
8. Кричагин В.Н. Нормирование УФ лучей, применяемых в профилактических целях / В.Н. Кричагин // УФ излучения. – М., 1958. – С. 208–213.
9. Адаптация организма подростков к учебной нагрузке / Под ред. Д.В. Колесова. М.: Педагогика, 1987. – 152 с.
10. Адо А.Д. Опосредование биологического социальным в современной нозологии / А.Д. Адо // Диалектика в науках о природе и человеке: Человек, общество и природа в век НТР. – М.: Наука, 1983. – С. 387–392.

REFERENCES

1. Rubashov B.M. Problemi solnechnoi aktivnosti. Problems of solar activity. Moscow-Leningrad, 1964, 185 p. (in Russ)
2. Chijevskii A.L. Zemnoe eho solnechnih bur'. 2-e izd. Earth's echo of solar storms. 2nd edition. Moscow, 1976, 368 p. (in Russ)
3. Maksimov A.L. Sovremennie metodologicheskie aspekti adaptazii aborigennih i korennih populyazii na Severo-Vostoke Rossii. Modern Methodological Aspects of Adaptation of Aboriginal and Indigenous Populations in the Northeast of Russia. Ekologiya cheloveka. 2009; 6, pp. 17-21. (in Russ)
4. Rojkov V.P., Soroko S.I. Sravnitel'nie issledovaniya mozgovogo krovotoka u detei i podrostkov, projivayushih v Severnom i Arkticheskom regionah. Comparative studies of cerebral blood flow in children and adolescents living in the Northern and Arctic regions. Rossiiskii fiziologicheskii jurnalim. I.M. Sechenova. 2019; 105 (1), pp. 43-61. DOI: 10.1134/S0869813919010072. (in Russ)
5. Gribanov A.V., Danilova R.I. Obshayaharakteristikaklimato-geograficheskikhuslovii RussskogoSevera i adaptivnih reakzii cheloveka v holodnoi klimaticheskoi zone (obzor). General characteristics of climatic and geographical conditions of the Russian North and adaptive human reactions in the cold climatic zone (review). North. Children. School: Sat. science. Ed. A.V. Gribanov. Arkhangelsk, 1994, V. 1, pp. 4-27. (in Russ)
6. Kalitin N.N. Luchisolnza. Sun ray. Moscow, 1947, 122 p. (in Russ)
7. Galanin N.F. Problemakompensazii prirodnoi ul'trafiolotovoinedostatochnostina Severe. Problem of compensation of natural ultraviolet insufficiency in the North. Gigena i sanitariya. 1955; 5, pp. 54-55. (in Russ)
8. Krichagin V.N. Normirovanie UF luchej, primenyaemih v profilakticheskikh zelyah. Rationing of UV rays applied in the preventive purposes. UF izlucheniya. Moscow, 1958, pp. 208-213. (in Russ)
9. Adaptaziya organizma podrostkov k uchebnoi

11. Алексеева Т.И. Географическая изменчивость морфофизиологических признаков в связи с проблемой адаптации / Т.И. Алексеева // Вопросы антропологии. – 1979. – Вып. 60. – С. 15–23.
12. Алисов Б.П. Климатология /Б.П. Алисов, Б.В. Полтараус. – М., 1978. – 299 с.
13. Некоторые аспекты адаптации человека в приполярных районах / А.П. Авцын, Н.Д. Володин, А.А. Жаворонков и др. // Биологические проблемы Севера. – Якутск, 1974. – С. 17–22.
14. Андропова Т.И. Гелио-метеотропные реакции здорового и больного человека / Т.И. Андропова, Н.Р. Деряпа, А.П. Соломатин. – Л.: Медицина, 1982. – 248 с.
15. Кривошеков С.Г. Системные механизмы адаптации и компенсации / С.Г. Кривошеков, В.П. Леутин, В.Э. Диверти др. // Бюл. СО РАМН. – 2004. – № 2(112). – С. 148–153.
16. Фотопериодизм и изменения биоэлектрической активности головного мозга у школьников в Арктической зоне / А.В. Грибанов, Ю.С. Джос, Т.В. Багрецова, И.С. Бирюков // Физиология человека. – 2016. – Т.42, № 2. – С. 16–26. DOI: 10.7868/S0131164616020065.
17. Грибанов А.В. Церебральный энергообмен как маркер адаптивных реакций человека в природно-климатических условиях Арктической зоны Российской Федерации / А.В. Грибанов, Н.Ю. Аникина, А.Б. Гудков // Экология человека. – 2018. – № 8. – С. 32–40.
18. Фокин В.Ф. Энергетическая физиология мозга /В.Ф.Фокин, Н.В. Пономарева. – М.: Антидор, 2003. – 288 с.
19. Фокин В.Ф. Динамическая функциональная асимметрия как отражение функциональных состояний / В.Ф. Фокин // Асимметрия. – 2007. – Т. 1, № 1. – С. 4–9.
20. Аникина Н.Ю. Церебральные энергетические процессы у студентов, проживающих на территории Арктической зоны/Н.Ю. Аникина, А.В. Грибанов // Агаджаньяновские чтения: материалы II Всерос. науч.-практ. конф., Москва, 26–27 января 2018 г.– М.: РУДН, 2018. – С. 22–23.
21. Кожевникова И.С. Факторная структура экологической адаптивности церебрального метаболизма у молодых людей, проживающих в условиях Арктического региона / И.С. Кожевникова, Н.Ю. Аникина, Т.В. Волокитина, О.Н. Котцова, А.В. Грибанов, М.Н. Панков // Журнал медико-биологических исследований. – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 340–347. DOI: 10.17238.
22. Мачинская Р.И. Управляющие системы мозга / Р.И. Мачинская // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. – 2015. – Т. 65, № 1. – С. 33.
23. Petrides M. Association pathways of the prefrontal cortex and functional observations. Principles of Frontal Lobe Function / M. Petrides, D.N. Pandya; Eds: D.T. Stuss, R.T. Knight. – New York: Oxford University Press, 2002. – P. 31.
- nagruzke. Adaptation of the body of adolescents to the training load. Ed. D.V. Kolesova. Moscow, 1987, 152 p. (in Russ)
10. Ado A.D. Oposredovanie biologicheskogo sozial'nim v sovremennoi nozologii. The biological mediation of the social in contemporary nosologies. Dialektika v naukah o prirode i cheloveke: Chelovek, obshestvo i priroda v vek NTR. Dialectics in the Sciences of nature and man: Man, society and nature in the age of STD. Moscow, 1983, pp. 387-392. (in Russ)
11. Alekseeva T.I. Geograficheskaya izmenchivost' morfofiziologicheskikh priznakov v svyazi s problemoi adaptazii. Geographical variability of morphophysiological features in connection with the problem of adaptation. Voprosiantropologii. 1979; 60, pp.15-23. (in Russ)
12. Alisov B.P., Poltaraus B.V. Klimatologiya. Climatology. Moscow, 1978, 299 p. (in Russ)
13. Avzin A.P., Volodin N.D., Javoronkov A.A. et al. Nekotorie aspekti adaptazii cheloveka v pripolyarnih raionah. Some aspects of human adaptation in polar regions. Biologicheskie problemi Severa. Biological problems of the North. Yakutsk, 1974, pp. 17-22. (in Russ)
14. Andronova T.I., Deryapa N.R., Solomatin A.P. Gelio-meteotropnie reakzii zdorovogo i bol'nogo cheloveka. Heliometeotropic reactions of a healthy and sick person. Leningrad, 1982, 248 p. (in Russ)
15. Krivoshekov S.G., Leutin V.P., Divert V.E. et al. Sistemnie mehanizmi adaptazii i kompensazii. System Mechanisms of Adaptation and Compensation. Byulleten' SO RAMN. 2004; 2(112), pp. 148-153. (in Russ)
16. Griбанov A.V., Djos Yu.S., Bagrezova T.V., Biryukov I.S. Fotoperiodizmi izmeneniya bioelektricheskoi aktivnosti golovnogogo mozga u shkol'nikov v Arkticheskoi zone. Photoperiodism and changes in bioelectric brain activity in schoolchildren in the Arctic zone. Fiziologiya cheloveka. 2016; 42 (2), pp. 16-26. DOI: 10.7868/S0131164616020065. (in Russ)
17. Griбанov A.V., Anikina N.Yu., Gudkov A.B. Zerebral'nii energoobmen kak marker adaptivnih reakzii cheloveka v prirodno-klimaticheskikh usloviyah Arkticheskoi zoni Rossiiskoi Federazii. Cerebral energy exchange as a marker of human adaptive reactions in climatic conditions of the Arctic zone of the Russian Federation. Ekologiya cheloveka. 2018; 8, pp. 32-40. (in Russ)
18. Fokin V.F., Ponomareva N.V. Energeticheskaya fiziologiya mozga. Energy physiology of the brain. Moscow, 2003, 288 p. (in Russ)
19. Fokin V.F. Dinamicheskaya funktsional'naya asimmetriya kak otrajenie funktsional'nih sostoyanii. Dynamic Functional Asymmetry as a Reflection of Functional States. Asimmetriya. 2007; 1 (1), pp. 4-9. (in Russ)
20. Anikina N.Yu., Griбанov A.V. Zerebral'nie energeticheskie prozessi u studentov, projivayushih na territorii Arkticheskoi zoni. Cerebral Energy Processes in Students Living in the Arctic Zone. Aгаджаньяновские

chteniya. Moscow, 2018, pp. 22–23. (in Russ)

21. Kojevnikova I.S., Anikina N.Yu., Volokitina T.V., Kotcova O.N., Griбанov A.V., Pankov M.N. Faktornayas trukturaekologicheskoi adaptirovannostizerebral'nogom etabolizma u molodih lyudei, proživayushih v usloviyah Arkticheskogo regiona. Factoral structure of ecological adaptation of cerebral energy metabolism in young people living in arctic region conditions. *Jurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*. 2018; 6 (4), pp. 340-347. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.4.340. (in Russ)

22. Machinskaya R.I. Upravlyayushie sistemi mozga. The control system of the brain. *Jurnal vissheinervnoi deyatel'nostiim*. I.P. Pavlova. 2015; 65 (1), p. 33. (in Russ)

23. Petrides M., Pandya D.N. Association pathways of the prefrontal cortex and functional observations. *Principles of Frontal Lobe Function*; Eds: D.T. Stuss, R.T. Knight. New York: Oxford University Press, 2002, p. 31.

Авторы

Грибанов Анатолий Владимирович

Институт медико-биологических исследований Северного Арктического федерального университета им. М.В. Ломоносова

Доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, Заслуженный деятель науки РФ
Российская Федерация, 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, д. 3

a.gribanov@narfu.ru

Котцова Ольга Николаевна

Институт медико-биологических исследований Северного Арктического федерального университета им. М.В. Ломоносова

Аспирант

Российская Федерация, 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, д. 3

olgank29@mail.ru

Аникина Наталья Юрьевна

Северный государственный медицинский университет

ассистент кафедры биомедицинской физики

Российская Федерация, 163000, г. Архангельск, просп. Троицкий, 51

anikinanatalja@yandex.ru

Authors

Anatoly V. Griбанov

Institute of biomedical research of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief researcher, Honored worker of science of the Russian Federation

Badigina str. 3 Arkhangelsk 163045 Russian Federation
a.gribanov@narfu.ru

Ol'ga N. Kottsova

Institute of biomedical research of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Post-graduate student

Badigina str. 3 Arkhangelsk 163045 Russian Federation
olgank29@mail.ru

Natal'ya Yu. Anikina

Northern State Medical University

Assistant of the Department of Biomedical Physics

Troitsky av. 51 Arkhangelsk 163000 Russian Federation
anikinanatalja@yandex.ru