

ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ ПРИ АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

Н.Ю. Аникина¹, А.В. Грибанов², И.С. Кожевникова²,
М.Н. Панков², С.Ф. Багрецов²

¹Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия,

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

Цель. Определить особенности церебральных энергетических процессов головного мозга у молодых людей на различных этапах адаптации в Арктическом регионе. **Материалы и методы.** Измерен уровень постоянных потенциалов (УПП) головного мозга у 146 молодых людей: 93 родившихся и постоянно проживающих в Арктическом регионе и 53 мигрантов, первые месяцы проживающих в новых климатических условиях. Исследование проводилось с помощью 12-канального аппаратно-программного комплекса для топографического картирования электрической активности мозга «Нейро-КМ». УПП регистрировали в монополярных отведениях по международной системе 10–20. Статистическая обработка полученных данных проводилась при помощи пакета программ SPSS-20 for Windows. **Результаты.** Выявлена функциональная асимметрия мозга с правополушарным доминированием практически во всех отведениях у молодых людей, постоянно проживающих в Арктическом регионе. У мигрантов, проживающих первые месяцы в климатических условиях Арктического региона, выявлены высокие значения энергозатрат и частичная асимметрия церебральных энергетических процессов. **Заключение.** Функционирование организма в привычной среде обитания характеризуется стереотипным набором регулирующих механизмов. В процессе адаптации формируются новые способы реагирования на перемены в окружающей среде, в зависимости от типа задачи происходит доминирование правого или левого полушария. Анализ межполушарной асимметрии энергозатрат при помощи метода нейроэнергоскартирования позволяет провести оценку степени доминанты. Доминирование энергозатрат левого полушария может свидетельствовать о вероятном сбое механизмов адаптации. Положительные межполушарные градиенты указывают на корректную работу регуляторных механизмов ЦНС в процессе перестройки к новым условиям окружающей среды.

Ключевые слова: головной мозг, межполушарная асимметрия, УПП, Арктический регион.

Введение. Проживание человека в условиях Арктического региона характеризуется воздействием целого ряда экстремальных климатогеографических факторов, таких как воздействие холода, высокая скорость ветра, повышенная ионизация воздуха, частые возмущения магнитных полей и специфичная фотопериодизация [5, 7, 12]. Функционирование организма человека в подобных условиях вызывает повышенное напряжение всех его функциональных систем, и прежде всего центральной нервной системы [10, 11]. Коренное население, обладая сформированными в про-

цессе эволюции фено- и генотипическими особенностями, легче переносит экстремальное воздействие условий окружающей среды [1, 5, 9]. У мигрантов проживание в столь суровых условиях приводит к истощению функциональных резервов организма, высокому напряжению ЦНС и формированию различного рода нарушений [2]. Обеспечение эффективного функционирования одних физиологических систем происходит за счет снижения эффективности регуляции других [6, 7]. При длительном воздействии жестких климатических факторов корректное функциониро-

вание организма достигается при определенных изменениях практически во всех системах жизнедеятельности [2, 9]. На начальном этапе адаптации реализуется срочный, но незавершенный набор защитно-компенсаторных реакций, осуществляемых за счет усиленного использования функциональных резервов. О превышении нормы функциональных резервов свидетельствует усиление компенсаторных реакций, что определяет неблагоприятный прогноз для дальнейшего функционирования организма [7, 9]. Одним из факторов успешности адаптационных механизмов может служить межполушарная асимметрия, отражающая роль коры головного мозга в процессе адаптации [4]. Правое полушарие активируется при оценке неопределенности среды и формировании прогноза маловероятных событий. Левое полушарие отвечает за формирование стереотипных регуляторных влияний в привычных условиях [5, 9]. Специфические условия Арктики обуславливают развитие комплекса специфических и неспецифических реакций [12]. Достижение адаптации в условиях Арктического региона осуществляется прежде всего перестройкой в организме энергетических обменных процессов. Организм человека переходит на энергосберегающий уровень регуляции [3, 6, 7]. Головной мозг не имеет запасов энергетических субстратов, вследствие чего анализ межполушарного церебрального энергообмена при переходе всего организма на энергосберегающий режим может являться одним из диагностических критериев успешной адаптации [2]. Регистрация уровня постоянного потенциала (УПП) позволяет оценить энергетическую активность головного мозга [8].

Цель – определить особенности церебральных энергетических процессов головного мозга у молодых людей на различных этапах адаптации в Арктическом регионе.

Материалы и методы. В исследовании принимали участие 146 человек (18–24 года). 93 человека – коренные жители, родились и постоянно проживают на территории Арктического региона. 53 человека – иностранные студенты, первые месяцы проживающие в новых климатических условиях. Исследование проводилось с помощью 12-канального аппаратно-программного комплекса для топографического картирования электрической активности мозга «Нейро-КМ». УПП регистрировали в монополярных отведениях по

международной системе 10–20. Анализ распределения УПП проводился путем картирования монополярных значений и расчетом их градиентов. Полученные характеристики распределения УПП сравнивали со среднестатистическими нормативными значениями для определенных возрастных периодов.

Статистический анализ данных проводился с использованием пакета программ SPSS-20 for Windows. Проверка на нормальность распределения осуществлялась тестом Колмогорова–Смирнова. В случае нормального распределения переменных применялись параметрические методы для независимых выборок (t-Стьюдента), в случае ненормального распределения анализ результатов производился непараметрическими методами. Так как большинство данных обладали нормальным распределением, итоговые результаты обработки данных представлялись в виде среднего значения (M) и средней ошибки (m). Для всех приведенных результатов различия считались значимыми при уровне $p < 0,05$. Предварительный статистический анализ не выявил достоверных половых различий, что позволило объединить лиц мужского и женского пола в единую группу.

Организация исследования. Исследование проводилось строго в утренние часы, при полном физическом и психологическом покое, через 1–1,5 часа после приема пищи с соблюдением всех этических и правовых норм. У всех участников было получено письменное информированное согласие в соответствии с принципами Хельсинкской декларации.

Результаты и обсуждение. Анализ монополярных значений УПП выявил статистически достоверное превышение энергозатрат коры головного мозга у мигрантов в сравнении с коренным населением (см. таблицу).

Отклонение от среднего указывает на наиболее и наименее энергетически затратные области коры головного мозга (рис. 1).

Графически показано, что характер перераспределения энергетических затрат у мигрантов и у северян по отделам коры головного мозга имеет некоторое сходство. Снижением церебральных энергетических процессов характеризуются лобные и височные отделы коры. Наибольшая интенсивность энергопроцессов регистрируется в центральных отделах.

Функциональную межполушарную асимметрию при регистрации УПП принято оценивать по межвисочной разности $T_d - T_s$ [8].

Распределение УПП в монополярных отведениях у молодых людей,
постоянно и временно проживающих в Арктическом регионе ($M \pm m$), мВ
DCP distribution in unipolar leads in young people living
permanently or temporarily in the Arctic region ($M \pm m$), mV

Отведение Leads	Приезжие Migrants (n = 53)	Местные Locals (n = 93)		Приезжие Migrants (n = 53)	Местные Locals (n = 93)
Fpz	16,01 ± 1,79	8,75 ± 1,28*	FzX	,46 ± 1,31	-1,74 ± 0,77
Fd	12,55 ± 1,53	6,96 ± 1,27*	FdX	-2,99 ± 0,95	-3,53 ± 0,76
Fs	13,41 ± 1,46	6,31 ± 1,22*	FsX	-2,13 ± 0,96	-4,19 ± 0,77
Cd	16,43 ± 1,53	13,04 ± 1,13	CdX	,88 ± 0,62	2,53 ± 0,69
Cz	19,28 ± 1,51	15,08 ± 1,17*	CzX	3,73 ± 0,72	4,57 ± 0,58
Cs	15,93 ± 1,75	10,49 ± 1,19*	CsX	,38 ± 0,83	-,00 ± 0,59
Pd	17,09 ± 1,43	11,38 ± 1,31*	PdX	1,54 ± 0,81	,88 ± 0,57
Pz	16,36 ± 1,54	12,98 ± 1,17	PzX	,81 ± 0,85	2,47 ± 0,69
Ps	17,09 ± 1,49	11,22 ± 1,17*	Psx	1,54 ± 0,62	,72 ± 0,67
Oz	15,97 ± 1,48	12,28 ± 1,26*	OzX	,42 ± 0,69	1,78 ± 0,62
Td	13,84 ± 1,59	8,91 ± 1,12*	TdX	-1,70 ± 0,90	-1,59 ± 0,62
Ts	12,56 ± 1,40	8,61 ± 1,12*	TsX	-2,98 ± 0,81	-1,89 ± 0,54
sum	186,59 ± 15,44	126,07 ± 12,07*	Xsr	15,54 ± 1,29	10,50 ± 1,01*

Примечание: * – $p < 0,05$.
Note: * – $p < 0,05$.

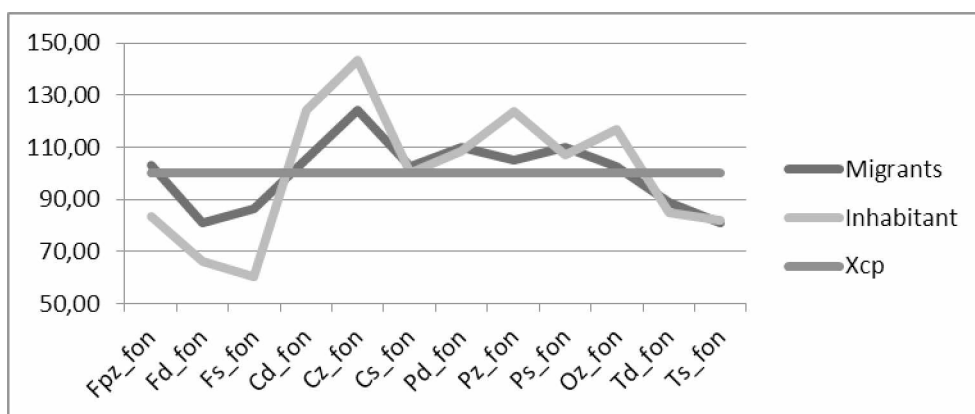


Рис. 1. Процентное отклонение монополярных значений УПП от среднего
Fig. 1. The percentage deviation of DCP unipolar values from the average

Результаты исследования выявили в обеих группах исследования положительную межвисочную разность ($Td - Ts_{\text{северяне}} = 0,30$ мВ, $Td - Ts_{\text{мигранты}} = 1,28$ мВ), указывающую на доминирование процессов правого полушария.

Помимо межвисочной разности в оценку межполушарной энергетической асимметрии включают разность между правым и левым центральными, лобными и затылочными отведениями. У северян отмечается превалирование правополушарного энергообмена во всех отделах (рис. 2).

Значения межполушарных разностей у северян в лобных (Fd-Fs) и центральных (Cd-Cs) отведениях (0,65 и 2,54 мВ) более существенны и также указывают на доминирование

энергообмена правого полушария. К активации правого полушария имеют отношения диэнцефальные образования, определяющие состояния напряжения или стресса [4]. Предполагается наличие в правом полушарии центров адаптации [9].

У мигрантов на начальном этапе адаптации регистрируется устойчивое доминирование энергетических процессов правого полушария в центральном и височном отделах. Межэлектродная разность в теменном отделе практически равна нулю, что совпадает со значениями у северян. Отсутствие доминирующего полушария может указывать на тесное межполушарное взаимодействие данного отдела коры головного мозга.

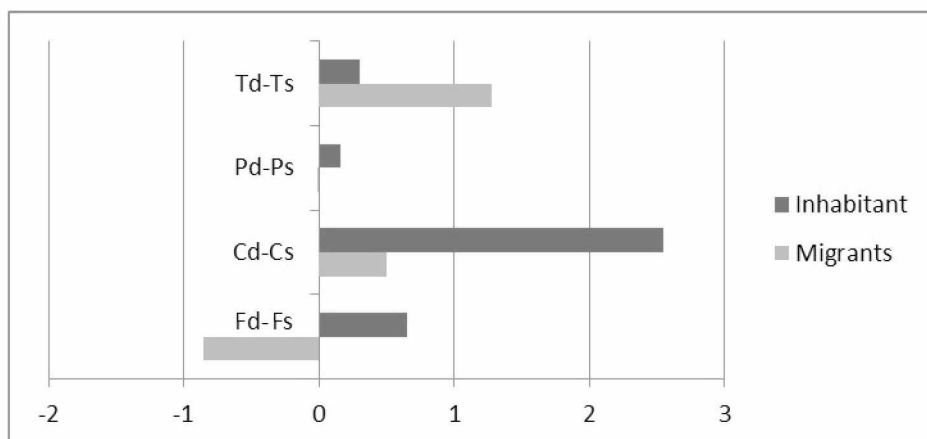


Рис. 2. Результаты межполушарных разностей у северян и мигрантов
 Fig. 2. Hemispheric differences in locals and migrants

Межполушарная разность в лобных отделах на начальном этапе адаптации указывает на активацию энергетических процессов во фронтальной части левого полушария. У северян же на этапе долгосрочной адаптации отмечается устойчивое превалирование энергообмена фронтальной области правого полушария и снижение активности во фронтальных отделах левого полушария. Снижение активности в левом лобном отведении с одновременным нарастанием активности в правом лобном отведении выявлено и в результате ЭЭГ-исследований при изменениях солнечной радиации [5, 9]. Ассоциативная кора правой лобной доли, по мнению некоторых авторов, ответственна за обеспечение неосознаваемых адаптационных реакций [6]. Возможно, происходящее изменение спектрального состава электромагнитного излучения воспринимается как новая информационная компонента, требующая анализа и переработки.

Заключение. Функционирование организма в привычной среде обитания характеризуется стереотипным набором регулирующих механизмов и устоявшимися моделями поведенческих реакций. В то же время процесс адаптации подразумевает формирование нового видения привычных явлений и создания иных способов реагирования на перемены в окружающей среде. Таким образом, в зависимости от типа задачи происходит доминирование правого или левого полушария. Анализ межполушарной асимметрии энергозатрат при помощи метода нейроэнергокартирования позволяет провести оценку степени доминанты. Доминирование энергозатрат левого полушария может свидетельствовать о вероят-

ном сбое механизмов адаптации, что может привести к различного рода расстройствам. Напротив, положительные межполушарные градиенты указывают на корректную работу регуляторных механизмов ЦНС в процессе перестройки к новым условиям окружающей среды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Архангельской области в рамках научного проекта № 18-44-290006.

Литература

1. Башкатова, Ю.В. Общая характеристика функциональных систем организма человека в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры / Ю.В. Башкатова, В.А. Каргин // *Экология человека*. – 2014. – № 5. – С. 9–16.
2. 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.
3. Грибанов, А.В. Кровообращение и дыхание у школьников в циркумполярных условиях: моногр. / А.В. Грибанов, А.Б. Гудков, И.Н. Попова, И.Н. Крайнова. – Архангельск: САФУ, 2016. – 270 с.
4. Куликов, В.Ю. Влияние типа функциональной межполушарной асимметрии мозга на стратегию поведения индивида в стрессовой ситуации / В.Ю. Куликов, Л.К. Антропова, Л.А. Козлова // *Медицина и образование в Сибири*. – 2010. – № 5. – С. 10.
5. Севостьянова, Е.В. Влияние типа

функциональной межполушарной асимметрии головного мозга на формирование устойчивости организма человека к экстремальным геоэкологическим факторам / Е.В. Севостьянова, В.И. Хаснулин // Бюл. СО РАМН. – 2010. – Т. 30, № 5. – С. 113–119.

6. Системные механизмы адаптации и компенсации / С.Г. Кривошеков, В.П. Леутин, В.Э. Диверт и др. // Бюл. СО РАМН. – 2004. – № 2. – С. 148–153.

7. Сороко, С.И. Оценка состояния основных функций организма у детей, проживающих в условиях Европейского Севера / С.И. Сороко, Э.А. Бурых, С.С. Бекшаев и др. // Человек на Севере: системные механизмы адаптации. – Магадан, 2007. – С. 68–110.

8. Фокин, В.Ф. Энергетическая физиология мозга / В.Ф. Фокин, Н.В. Пономарева. – М.: Антидор, 2003. – 288 с.

9. Хаснулин, В.И. Психоэмоциональный стресс и метеореакции как системные проявления дизадаптации человека в условиях изменения климата на севере России / В.И. Хаснулин, А.В. Хаснулина // Экология человека. – 2012. – № 8. – С. 3–7.

10. Delahajj, R. Hardiness and the response to stressful situations: Investigating mediating processes / R. Delahajj, A.W.K. Gaillard, & K. Dam // Personality and Individual Differences. – 2010. – No. 49. – P. 386–390.

11. Everly, G.S. The Concept of Stress / G.S. Everly, J.M. Lating // A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response. – Springer, New York, 2013. – P. 3–15.

12. Fan, S. [Going global by adapting local: a review of recent human adaptation] / S. Fan, M.E. Hansen, Y. Lo, S.A. Tishkoff // Science. – 2016. – Vol. 354. – P. 54–9.

Аникина Наталья Юрьевна, ассистент кафедры биомедицинской физики, Северный государственный медицинский университет. 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, 51. E-mail: anikinanatalja@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8115-0291.

Грибанов Анатолий Владимирович, заслуженный деятель науки РФ, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории функциональных резервов организма института медико-биологических исследований, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, 3. E-mail: a.gribanov@narfu.ru, ORCID: 0000-0002-4714-6408.

Кожевникова Ирина Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории функциональных резервов организма института медико-биологических исследований, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, 3. E-mail: kogechnikovais@narfu.ru, ORCID: 0000-0001-7194-9465.

Панков Михаил Николаевич, кандидат медицинских наук, доцент, директор института медико-биологических исследований, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, 3. E-mail: m.pankov@narfu.ru, ORCID: 0000-0003-3293-5751.

Багретсов Сергей Федорович, преподаватель кафедры физической культуры Высшей школы психологии, педагогики и физической культуры, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова. 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, 3. E-mail: s.bagretsov@narfu.ru, ORCID: 0000-0003-0722-1597.

Поступила в редакцию 21 марта 2019 г.

CEREBRAL ENERGY METABOLISM IN YOUNG PEOPLE DURING ADAPTATION TO THE CONDITIONS OF THE ARCTIC REGION

N.Yu. Anikina¹, anikinanatalja@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8115-0291,
 A.V. Griбанov², a.gribanov@narfu.ru, ORCID: 0000-0002-4714-6408,
 I.S. Kozhevnikova², kogevnikovais@narfu.ru, ORCID: 0000-0001-7194-9465,
 M.N. Pankov², m.pankov@narfu.ru, ORCID: 0000-0003-3293-5751,
 S.F. Bagretsov², s.bagretsov@narfu.ru, ORCID: 0000-0003-0722-1597

¹Northern State Medical University, Arkhangel'sk, Russian Federation,

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangel'sk, Russian Federation

Aim. The article deals with determining the features of cerebral energy metabolism in young people at different stages of adaptation in the Arctic region. **Materials and methods.** The level of permanent brain direct current potentials (DCP) was measured in 146 young people: 93 born and permanently living in the Arctic region and 53 migrants living in new climatic conditions for the first months. The study was conducted by using a “Neuro-KM” 12-channel hardware-software complex for the topographic mapping of brain electrical activity. DCP were recorded in the unipolar leads according to the 10-20 international system. Statistical processing of the data obtained was carried out with the software package SPSS-20 for Windows. **Results.** In young people permanently living in the Arctic region, we revealed functional asymmetry of the brain with right-hemisphere dominance in almost all leads. In migrants living in the climatic conditions of the Arctic region for the first months, we established high values of energy consumption and partial asymmetry of cerebral energy metabolism. **Conclusion.** Body functioning in the usual habitat is characterized by a stereotypical set of regulatory mechanisms. During adaptation, new ways of responding to changes in the environment are formed. The dominance of the right or left hemisphere occurs depending on the type of tasks. The analysis of interhemispheric asymmetry of energy consumption performed by using the method of brain mapping allows assessing the degree of dominance. The dominance of energy consumption in the left hemisphere may indicate a possible failure of adaptation mechanisms. Positive interhemispheric gradients indicate the correct performance of CNS regulatory mechanisms during adaptation to new environmental conditions.

Keywords: brain, hemispheric asymmetry, DCP, Arctic region.

References

1. Bashkatova Yu.V., Karpin V.A. [General Characteristics of the Functional Systems of the Human Body in the Conditions of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Ugra]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2014, no. 5, pp. 9–16. (in Russ.)
2. Griбанov A.V., Anikina N.Yu., Gudkov A.B. [Cerebral Energy Exchange as a Marker of Adaptive Human Responses in the Climatic Conditions of the Arctic Zone of the Russian Federation]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2018, no. 8, pp. 32–40. (in Russ.) DOI: 10.33396/1728-0869-2018-8-32-40
3. Griбанov A.V., Gudkov A.B., Popova I.N., Kraynova I.N. *Krovoobrashcheniye i dykhaniye u shkol'nikov v tsirkumpolyarnykh usloviyakh: monografiya* [Blood Circulation and Respiration in School-children in Circumpolar Conditions. Monograph]. Arkhangel'sk, SAFU Publ., 2016. 270 p.
4. Kulikov V.Yu., Antropova L.K., Kozlova L.A. [Influence of the Type of Functional Interhemispheric Asymmetry of the Brain on the Strategy of an Individual's Behavior in a Stressful Situation]. *Meditsina i obrazovaniye v Sibiri* [Medicine and Education in Siberia], 2010, no. 5, 10 p. (in Russ.)
5. Sevost'yanova E.V., Khasnulin V.I. [Influence of the Type of Functional Interhemispheric Asymmetry of the Brain on the Formation of the Resistance of the Human Body to Extreme Geoecological Factors]. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk* [Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences], 2010, vol. 30, no. 5, pp. 113–119. (in Russ.)

6. Krivoshchekov S.G., Leutin V.P., Divert V.E. et al. [System Mechanisms of Adaptation and Compensation]. *Byulleten' SO RAMN* [Bulletin of the SB RAMS], 2004, no. 2, pp. 148–153. (in Russ.)
7. Soroko S.I., Burykh E.A., Bekshayevi S.S. et al. [Assessment of the State of the Main Body Functions in Children Living in the European North]. *Chelovek na Severe: sistemnyye mekhanizmy adaptatsii* [Man in the North. Systemic Mechanisms of Adaptation], 2007, pp. 68–110. (in Russ.)
8. Fokin V.F., Ponomareva N.V. *Energeticheskaya fiziologiya mozga* [Energetic Physiology of the Brain]. Moscow, Antidor Publ., 2003. 288 p.
9. Khasnulin V.I., Khasnulina A.V. [Psycho-Emotional Stress and Meteorological Reactions as Systemic Manifestations of Human Disadaptation in a Changing Climate in Northern Russia]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2012, no. 8, pp. 3–7. (in Russ.)
10. Delahajj R., Gaillard A.W.K., Dam K. Hardiness and the Response to Stressful Situations: Investigating Mediating Processes. *Personality and Individual Differences*, 2010, no. 49, pp. 386–390. DOI: 10.1016/j.paid.2010.04.002
11. Everly G.S., Lating J.M. The Concept of Stress. *A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response*, Springer, New York, 2013, pp. 3–15. DOI: 10.1007/978-1-4614-5538-7_1
12. Fan S., Hansen M.E., Lo Y., Tishkoff SA. Going Global by Adapting Local: a Review of Recent Human Adaptation. *Science*, 2016, vol. 354, pp. 54–59. DOI: 10.1126/science.aaf5098

Received 21 March 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Характеристика церебральных энергетических процессов у молодых людей при адаптации к условиям Арктического региона / Н.Ю. Аникина, А.В. Грибанов, И.С. Кожевникова и др. // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2019. – Т. 19, № 2. – С. 7–13. DOI: 10.14529/hsm190201

FOR CITATION

Anikina N.Yu., Gribanov A.V., Kozhevnikova I.S., Pankov M.N., Bagretsov S.F. Cerebral Energy Metabolism in Young People During Adaptation to the Conditions of the Arctic Region. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. 2, pp. 7–13. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm190201