

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ЭНЕРГООБМЕНА ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ ТРЕВОЖНОСТИ У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.В. Грибанов^{1,2}, О.Н. Котцова¹, Н.Ю. Аникина¹,
М.Н. Панков³, И.Е. Корельская¹

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия,

²Институт возрастной физиологии РАО, г. Москва, Россия,

³Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия

Цель исследования. Определение изменений энергообмена головного мозга в течение годового цикла у молодых людей трудоспособного возраста, родившихся и проживающих в условиях Арктической зоны РФ, с разным уровнем личностной тревожности. **Материалы и методы.** Проведены исследования нейроэнергетического обмена у молодых людей 30–34 лет, жителей Арктической зоны РФ в осенний, зимний, весенний и летний сезоны года. Состояние энергообменных процессов изучалось на 5-канальном комплексе «Нейро-КМ» с регистрацией уровня постоянного потенциала и топографического картирования электрической активности головного мозга. **Результаты.** Выявлена тесная связь между световым режимом, состоянием энергообменных процессов головного мозга и тревожностью у жителей Арктической зоны РФ. Наиболее негативные изменения церебрального энергообмена происходят у «высокотревожных» лиц в летний период при максимальной естественной освещенности. В контрастные сезоны естественной освещенности у «высокотревожных» лиц наблюдается перераспределение церебрального энергообмена с усилением его во фронтальной и затылочной областях и формированием области истощения в височных. У лиц с умеренной тревожностью максимальная интенсивность нейроэнергетического обмена отмечается зимой, минимальная – в летний период; происходит активация энергообменных процессов во фронтальных и затылочных отделах коры головного мозга, в целом наблюдается снижение активности нейроэнергетического обмена коры головного мозга в летний период. **Выводы.** Благодаря высокой сенсорной реактивности организма процессы, связанные с нейроэнергетическим обменом, у лиц с тревожностью при фотопериодических реакциях протекают более напряженно.

Ключевые слова: Арктика, фотопериодизм, трудоспособное население, тревожность, церебральный энергообмен, постоянный потенциал головного мозга.

Введение. Сезонные изменения естественной освещенности сопровождаются у лиц, проживающих в высоких широтах, перестройкой всех видов обмена веществ, гемодинамики и биоэлектрической активности мозга [1–4, 14]. Регуляция данных изменений осуществляется центральной нервной системой (ЦНС) [11, 13, 17]. Сезонные адаптивные перестройки ЦНС [6, 10, 11] требуют усиленной работы различных отделов головного мозга и ведут к интенсификации энергообмена, что находит отражение в развитии «синдрома адаптационного профицита церебрального энергообмена» [5, 8]. Для оценки этих состояний является исследование уровня постоянных потенциалов головного мозга (УПП), одного из видов сверхмедленных потенциалов, которые являются психофизиологическими

маркерами тревожности [7, 9, 15, 16]. Показатели нейроэнергетического обмена используются для оценки функционального состояния головного мозга. В научной литературе не имеется данных об изменениях нейроэнергетического обмена у жителей северных широт с тревожностью в различные сезоны года.

Цель исследования – определить сезонные изменения нейроэнергетического обмена при разном уровне тревожности у молодых жителей Арктической зоны с помощью регистрации уровня постоянного потенциала головного мозга.

Материалы и методы исследования. Первый этап исследования включал анкетирование (опросник Спилберга – Ханина) у 49 человек 30–34 лет, родившихся и проживающих в Арктической зоне РФ. По результа-

там сформированы группы с умеренным и высоким уровнем личностной тревожности. На втором этапе исследовались церебральные энергетические процессы у двух групп: 28 человек – с умеренным уровнем тревожности и 21 человек – с высокой тревожностью по сезонам года. По данным сайта <http://meteo.infospace.ru> среднемесячная долгота дня составила 9 часов 59 минут в октябре, 4 часа 23 минуты – в декабре, 12 часов – в марте, 20 часов 50 минут – в июне. Исследования проводились в одно и то же время суток с одобрения этического комитета института медико-биологических исследований САФУ им. М.В. Ломоносова, протокол № 1 от 14.01.2019 г. Испытуемые находились в физическом и психическом покое. Каждый участник до включения в исследование подписывал информированное согласие в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Энергообмен головного мозга исследовался на 5-канальном диагностическом комплексе «Нейро-КМ» («АСТЕК», Россия). Активные электроды накладывали во фронтальном, центральном и окципитальном отделах (Fz, Cz, Oz), в правой и левой височных областях (Td, Ts) по международной схеме 10–20. Анализировались монополярные, локальные значения постоянного потенциала (ПП) и проводился расчет межэлектродной разности, в том числе межполушарный градиент (Td-Ts). Значения УПП оценивали путем сравнения с нормативами, встроенными в программное обеспечение комплекса «Нейро-КМ». Статистическая обработка данных проведена с помощью программы SPSS Statistics 26. Результаты исследования представлены в виде медианы (Me), различия результатов считались значимыми при $p < 0,05$. Непараметрический критерий Манна – Уитни использовался для сравнения групп, внутригрупповые сравнения проводились с помощью критерия знаковых рангов Вилкоксона, использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Результаты и обсуждение. В ходе исследования в течение всех четырех сезонов получены следующие результаты распределения УПП в монополярных и локальных отведениях (см. таблицу). Так, у лиц с умеренной тревожностью отмечено повышение УПП в лобных отведениях (максимальные значения Fz) в зимний период (наименьшей естественной освещенности) и летний период (максимального уровня естественного освещения).

В группе «высокотревожных» лиц максимальные значения показателя Fz отмечаются при нарастании естественной освещенности весной и при ее максимальных значениях – летом. Локальный потенциал Fz-X имеет отрицательные значения в обеих группах осенью и зимой и положительные – при увеличении светового дня (весной и летом). При межгрупповом сравнении статистически значимые отличия отмечены в лобном отведении (Fz) в зимний период у лиц с умеренной и высокой тревожностью. Таким образом, отмечается высокая интенсивность энергетических процессов в лобной коре относительно среднего уровня церебрального энергообмена в весенне-летний период как у лиц с умеренным уровнем тревожности, так и у «высокотревожных» лиц. При увеличении сенсорной информации (увеличение долготы дня) весной и летом в обеих группах отмечается активация затылочной коры (показатель Oz) – коркового центра зрительного анализатора. Локальный потенциал Oz-X имеет максимальные положительные значения в весенне-летний период. Локальные показатели Td-X, Ts-X на протяжении всех сезонов в обеих группах имеют отрицательные значения, что говорит о низкой интенсивности метаболизма в височной коре относительно среднего уровня церебрального энергообмена. Вероятно, на фоне тревожного состояния формируется область истощения в височных отделах, входящих в состав лимбической системы, отвечающей за эмоциональное состояние индивида. Об интенсивности энергообменных процессов судят по суммарным показателям 5 монополярных отведений (рис. 1).

У лиц с умеренной тревожностью наибольшие суммарные показатели УПП регистрируются в зимний период. В период максимальной долготы дня (летом) у данной группы отмечаются наиболее низкие суммарные показатели УПП, возникает угнетение коры головного мозга. У лиц с высоким уровнем тревожности на протяжении всех сезонов, кроме осени, отмечаются стабильно высокие показатели суммарных значений УПП.

Одной из основных характеристик нормального энергообмена является соблюдение «куполаобразности» распределения УПП с максимальными значениями в центральном отведении и снижением в периферийных [12] (рис. 2).

Сезонная динамика распределения УПП при разном уровне тревожности
у молодых людей в Арктическом регионе Me (Q1; Q3), мВ
Seasonal dynamics of cerebral potential in young people
with different anxiety levels born and raised in the Arctic Russia, Me (Q1; Q3), mV

Отведение Lead	Тревожность Anxiety	Осень Autumn	Зима Winter	Весна Spring	Лето Summer
Fz	Умерен. Moderate	*10,1 (-0,2; 18,9)	16,2 (6,7; 21,4)	15,5 (7,0; 22,7)	18,1 (12,5; 23,5)
	Высокая High	*6,4 (2,0; 19,0)	7,1 (1,2; 14,9) ▲	*14,6 (9,3; 24,1)	21,4 (15,5; 28,4)
Cz	Умерен. Moderate	14,7 (0,4; 22,8)	20,0 (12,7; 27,7)	16,5 (8,2; 31,8)	17,1 (7,1; 25,4)
	Высокая High	15,2 (7,9; 22,1)	19,9 (6,5; 27,8)	*20,3 (13,3; 31,5)	13,9 (8,1; 34,4)
Oz	Умерен. Moderate	11,0 (4,6; 18,8)	-4,1 (-11,5; 5,3)	15,0 (11,3; 27,0)	*11,8 (0,2; 17,8)
	Высокая High	10,9 (8,1; 14,8)	12,8 (4,8; 17,9)	*17,9 (9,6; 29,7)	15,5 (1,6; 28,1)
Td	Умерен. Moderate	*5,7 (0,9; 11,3)	*-3,7 (-8,1; 5,8)	*4,2 (-10,7; 10,9)	-9,7 (-26,7; 7,4)
	Высокая High	5,3 (2,9; 12,5)	8,7 (5,5; 20,3)	5,7 (-9,0; 16,3)	-2,2 (-25,6; 13,0)
Ts	Умерен. Moderate	*5,0 (-3,0; 14,1)	*-6,0 (-13,0; 4,3)	*-2,2 (14,0; 13,6)	*-12,2 (-28,3; 6,4)
	Высокая High	3,8 (-1,8; 8,8)	*9,9 (1,8; 20,3)	7,3 (-7,1; 19,6)	-6,3 (-25,9; 16,3)
Хер.	Умерен. Moderate	10,0 (5,4; 16,4)	-1,0 (-6,6; 9,9)	9,8 (2,6; 15,0)	2,8 (-4,4; 14,5)
	Высокая High	7,3 (6,1; 11,2)	12,9 (5,9; 18,2)	12,4 (4,4; 23,2)	10,2 (-4,2; 22,6)
Fz-X	Умерен. Moderate	*-0,5 (-5,0; 4,8)	-10,9 (-14,7; -7,0)	*5,0 (2,8; 8,0)	*14,9 (5,2; 22,3)
	Высокая High	*-2,2 (-6,2; 4,8)	-3,5 (-6,1; 0,4)	*2,9 (-1,5; 11,1)	*11,1 (1,3; 21,9)
Cz-X	Умерен. Moderate	*2,6 (-2,1; 12,0)	-2,5 (-7,5; 1,2)	9,5 (-0,9; 16,0)	10,2 (7,5; 18,0)
	Высокая High	*7,5 (-0,8; 10,9)	2,4 (-0,1; 9,3)	8,9 (2,8; 15,9)	12,0 (6,0; 15,2)
Oz-X	Умерен. Moderate	1,2 (-4,7; 7,6)	*-7,7 (-10,6; -5,3)	*4,0 (1,8; 15,8)	4,6 (-0,2; 8,7)
	Высокая High	2,9 (-1,2; 7,6)	*-1,2 (-2,9; 1,7)	*8,0 (1,1; 12,5)	8,3 (1,2; 11,0)
Td-X	Умерен. Moderate	*-3,2 (-11,4; 1,9)	-8,2 (-10,1; -4,6)	*-6,8 (-19,5; -3,1)	-10,9 (-22,3; -7,1)
	Высокая High	*-2,2 (-5,2; 1,4)	-0,9 (-5,1; 2,0)	*-6,1 (-17,0; 1,9)	-12,9 (-21,6; -4,4)
Ts-X	Умерен. Moderate	*-4,2 (-9,1; 1,8)	*-11,5 (-13,3; 8)	*-12,1-19,9; 0,2)	*-16,1 (-24,0; -8,7)
	Высокая High	*-6,1 (-9,5; 0,3)	-0,1 (-5,5; 3,2)	*-7,6 (-15,1; -0,6)	-14,4 (-19,7; -6,0)

Примечание: * – $p < 0,05$, статистическая значимость отличий между сезонами внутри одной группы; ▲ – $p < 0,05$, статистическая значимость отличий между группами и одним сезоном.

Note: * – $p < 0.05$, statistical differences between seasons within one group; ▲ – $p < 0.05$, statistical differences between groups within one season.

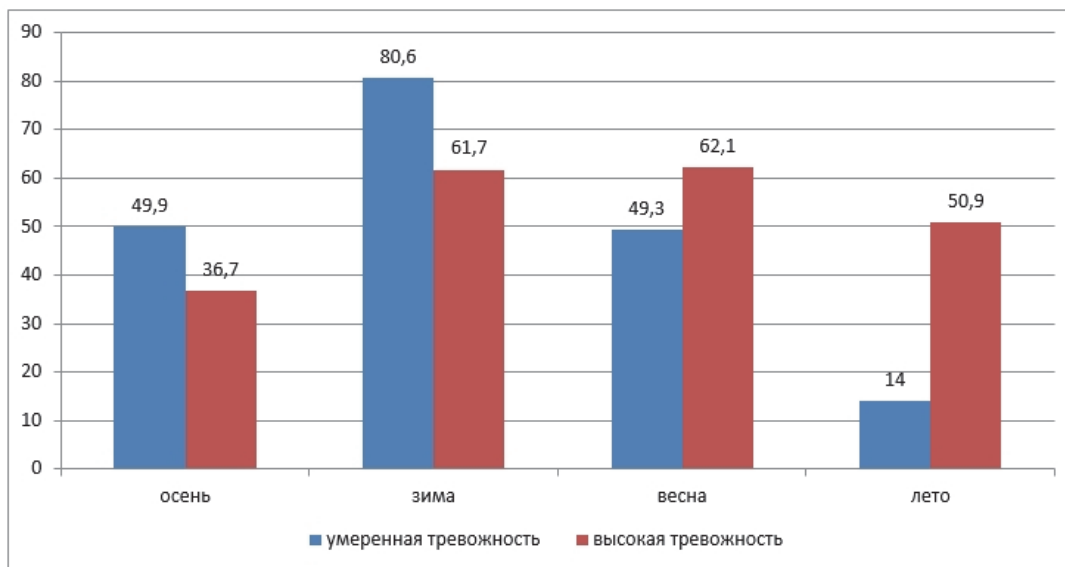


Рис. 1. Сезонная динамика суммарного распределения УПП при разных уровнях тревожности у молодых людей в Арктическом регионе

Fig. 1. Seasonal dynamics of total cerebral potential among young people with different anxiety levels born and raised in the Russian Arctic

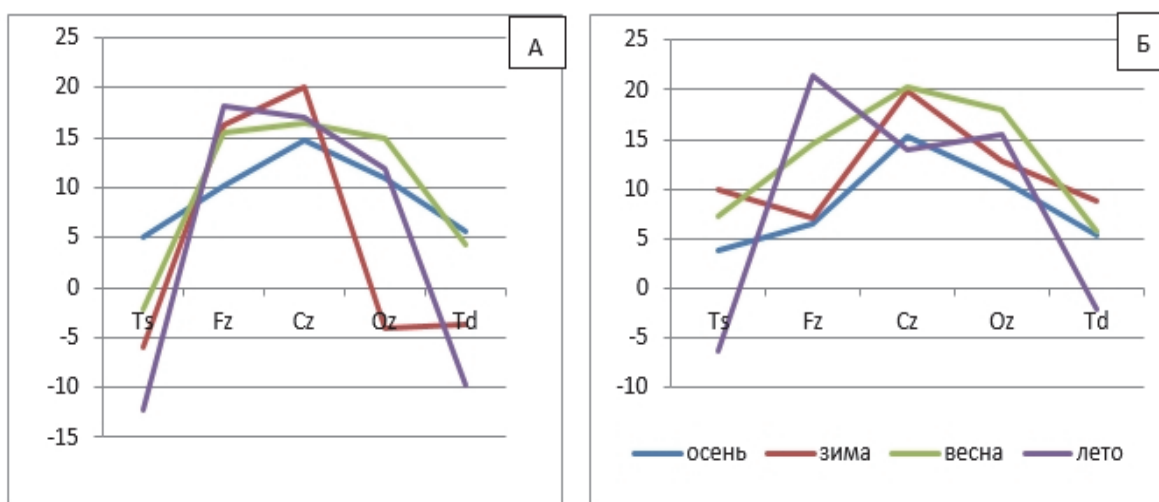


Рис. 2. Сезонные изменения профилей распределения УПП

у молодых людей Арктического региона с умеренным (А) и высоким (Б) уровнем тревожности
Fig. 2. Seasonal dynamics of cerebral potential among moderately (А) and highly (Б) anxious young people

Согласно приведенным рис. 1, 2, в обеих группах принцип куполообразности нарушен в сезоны с минимальным и максимальным уровнем естественной освещенности – зимой и летом. Таким образом, длина светового дня влияет на функциональное состояние головного мозга, вызывая напряжение адаптационных процессов.

В контрастные сезоны естественной освещенности у тревожных людей наблюдается ухудшение нейроэнергообмена с формированием области истощения в височных долях. Оценивая результаты межвисочной разности

(Td-Ts) у лиц с умеренной тревожностью по сезонам года, можно отметить преобладание активности левого полушария в зимний период со снижением межвисочной разности в весенний и инверсией полушарного доминирования в летний период. Осенью показатели межполушарной асимметрии сглажены (Td-Ts менее 1 мВ). Таким образом, для данной группы лиц увеличение длины светового дня является пусковым моментом для адаптивных перестроек нейроэнергометаболизма, происходит активация правого полушария. Активность субдоминантного полушария может быть свя-

зана с необходимостью включения зрительной памяти, проекция которой находится в правой височной области.

У «высокотревожных» лиц осенью наблюдается правополушарное доминирование со сглаживанием межполушарной асимметрии в зимний период (Td-Ts менее 1 мВ) и активация левого полушария в весенне-летний период. В данной группе при снижении уровня освещенности активируются ассоциативные поля правого полушария, ответственного за принятие нестандартных решений, с одновременным включением адаптационных механизмов.

При межгрупповом сравнении показателей Td-Ts статистически значимые отличия отмечены лишь в зимний период, когда у лиц с умеренной тревожностью наблюдается выраженная левополушарная асимметрия церебральных энергетических процессов, а у «высокотревожных» лиц показатели межполушарной асимметрии сглажены (Td-Ts менее 1 мВ). Сглаживание межполушарной асимметрии говорит об увеличении межполушарных связей в процессе адаптации организма. Анализ значений межэлектродных разностей свидетельствует о смещении энергетического баланса при нарастании интенсивности естественной освещенности во фронтальную и затылочную области (максимальные показатели, связанные с Fz и Oz, регистрируются весной и летом). Данный факт указывает на активацию лобной и затылочной коры при увеличении длительности светового дня.

Структура нейроэнергетического метаболизма у лиц с умеренной тревожностью характеризуется преобладанием энергетических процессов в правовисочных отделах коры головного мозга в осенний и весенний периоды. В периоды минимального (зима) и максимального (лето) уровня естественного освещения у данной группы преобладает энергообмен в лобной коре, ответственной за алгоритмизацию целевых установок в условиях адаптации организма.

У лиц с высокой тревожностью осенью преобладает активность лобной коры головного мозга, зимой и летом – затылочной, весной – правовисочной. В состоянии тревожности уменьшается количество процессов торможения чувствительного потока [14], вследствие этого можно сделать вывод, что сезонная асимметрия естественного освещения влияет на распределение церебрального энергообмена у тревожных лиц через увеличение сенсорной реактивности организма.

Заключение. Таким образом, существует тесная связь между световым режимом, состоянием энергообменных процессов головного мозга и тревожностью у жителей Арктической зоны РФ. Активное включение сенсорных центров, а также интенсивные процессы адаптации зрительных анализаторов к изменяющимся условиям естественной освещенности приводят к изменению церебрального энергообмена. А именно, усилению его во фронтальной и затылочной областях, замедлению в височных при увеличении солнечной активности, формируя, в конечном счете, характерные особенности энергообменных процессов головного мозга как отражение фотопериодических реакций. Причем в контрастные сезоны естественной освещенности (зимой и летом) из-за высокой сенсорной реактивности организма у лиц с тревожностью процессы, связанные с энергообеспечением мозга, протекают более напряженно.

Литература

1. Аникина, Н.Ю. 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.
2. Варенцова, И.А. Сезонное изменение психофункционального состояния студентов с разным типом вегетативной регуляции сердечного ритма / И.А. Варенцова, В.Н. Чеснокова, Л.В. Соколова // *Экология человека.* – 2011. – № 2. – С. 47–52.
3. Варенцова, И.А. Состояние здоровья студентов специальной медицинской группы на основе анализа показателей системы внешнего дыхания / И.А. Варенцова, В.Н. Пушкина, А.В. Кочнев, Т.В. Аношина // *Теория и практика физ. культуры.* – 2018. – № 10. – С. 42–44.
4. Воздействие внешних факторов на формирование адаптационных реакций организма человека / Н.А. Агаджанян, Г.М. Коновалова, Р.Ш. Ожева [и др.] // *Новые технологии.* – 2010. – № 2. – С. 142–144.
5. Грибанов, А.В. Фотопериодизм и изменения биоэлектрической активности головного мозга у школьников Арктической зоны / А.В. Грибанов, Ю.С. Джос, Т.В. Багрецова // *Физиология человека.* – 2016. – Т. 42. – № 2. – С. 16–26. DOI: 10.7868/S0131164616020065
6. Грибанов, А.В. Церебральный энергообмен как маркер адаптивных реакций чело-

века в природно-климатических условиях Арктической зоны Российской Федерации / А.В. Грибанов, Н.Ю. Аникина, А.Б. Гудков // *Экология человека*. – 2018. – № 8. – С. 32–40.

7. Каркавцева, И.А. Оценка индивидуальных психофизиологических свойств личности и уровня эмоциональной стабильности квалифицированных спортсменов / И.А. Каркавцева, И.Е. Корельская // *Теория и практика физ. культуры*. – 2018. – № 12. – С. 39.

8. Котцова, О.Н. Межполушарная асимметрия и церебральный энергообмен у молодых людей Арктической зоны Российской Федерации в сезоны с нарушенной фотопериодикой / О.Н. Котцова, Н.Ю. Аникина, А.В. Грибанов // *Журнал мед.-биол. исследований*. – 2020. – Т.8. – № 1. – С. 23–32.

9. Пат. 2590988 С1 Российская Федерация. Способ оценки тревожности у детей / А.В. Грибанов, А.Н. Нехорошкова, заявитель и патентообладатель Северный (Арктический) федеральный ун-т. – № 2015121166/14; заявл. 03.06.2015; опубл. 10.07.2016.

10. Пушкина, В.Н. Состояние системы внешнего дыхания у юношей, проживающих в разных регионах России / В.Н. Пушкина, И.Н. Гернет, Н.В. Оляшев, Е.А. Лубышев // *Теория и практика физ. культуры*. – 2020. – № 4. – С. 17–19.

11. Рожков, В.П. Сезонные перестройки гемодинамики и биоэлектрической активности мозга у детей и подростков Европей-

ского Севера / В.П. Рожков, С.С. Бекшаев, С.И. Сороко // *Ульянов. мед.-биол. журнал*. – 2012. – № 3. – С. 104–115.

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

13. Arendt, J. *Biological Rhythms During Residence in Polar Regions* / J. Arendt // *Chronobiol. Int.* – 2012. – Vol. 29. – No. 4 – P. 379–394.

14. Korf, H.W. *Signaling pathways to and from the hypophysial pars tuberalis, an important center for the control of seasonal rhythms* / H.W. Korf // *Gen. Comp. Endocrinol.* – 2018. – Vol. 258. – P. 236–243.

15. Knierim, M.T. *The Psychophysiology of Flow: A Systematic Review of Peripheral Nervous System Features* / M.T. Knierim, R. Rissler, V. Dörner et al. // *Information Systems and Neuroscience. Springer, Cham.* – 2018. – P. 109–120. DOI: 10.1007/978-3-319-67431-5_13

16. Speckmann E.-J. *Neurophysiological Basis of EEG and DC Potential* / E.-J. Speckmann, C.E. Elger, A. Gorji // *Niedermeyer's Electroencephalography* / Ed. by D.L. Schomer, F. Lopes da Silva. – 6th ed. Lippincott Williams and Wilkins. – 2011. – pp. 17–31.

17. Zhang, X. *Wearables, biomechanical feedback, and human motor-skills' learning & optimization* / X. Zhang, G. Shan, Y. Wang et al. // *Applied Sciences (Switzerland)*. – 2019. – Vol. 9 (2). – P. 226.

Грибанов Анатолий Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры биологии человека и биотехнических систем, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17; главный научный сотрудник лаборатории комплексных исследований процессов адаптации, Институт возрастной физиологии Российской академии образования. 119121, г. Москва, ул. Погодинская, д. 8, корп. 2. E-mail: a.gribanov@narfu.ru, ORCID: 0000-0002-4714-6408.

Котцова Ольга Николаевна, аспирант кафедры биологии человека и биотехнических систем, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17. E-mail: olgank29@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7004-6368.

Аникина Наталья Юрьевна, аспирант кафедры биологии человека и биотехнических систем, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17. E-mail: anikinanatalja@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8115-0291.

Панков Михаил Николаевич, кандидат медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник центральной научно-исследовательской лаборатории, Северный государственный медицинский университет. 163000, г. Архангельск, Троицкий проспект, д. 51. E-mail: m.pankov@narfu.ru, ORCID: 0000-0003-3293-5751.

Корельская Ирина Евгеньевна, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физической культуры, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17. E-mail: i.korelskaya@narfu.ru, ORCID: 0000-0002-4526-1509.

Поступила в редакцию 10 сентября 2021 г.

SEASONAL CHANGES IN CEREBRAL METABOLISM IN YOUNG PEOPLE FROM THE RUSSIAN ARCTIC WITH DIFFERENT LEVELS OF ANXIETY

A.V. Griбанov^{1,2}, a.gribanov@narfu.ru, ORCID: 0000-0002-4714-6408,
O.N. Kottsova¹, olgank29@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7004-6368,
N.Yu. Anikina¹, anikinatalja@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8115-0291,
M.N. Pankov³, m.pankov@narfu.ru, ORCID: 0000-0003-3293-5751,
I.E. Korelskaya¹, i.korelskaya@narfu.ru, ORCID: 0000-0002-4526-1509

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

²Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow, Russian Federation,

³Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation

Aim. The paper aims to describe annual changes in cerebral metabolism in working age people with different levels of personal anxiety born and raised in the Russian Arctic. **Material and Methods.** The study of annual neural and energy metabolism in people aged 30–34 years old born and raised in the Russian Arctic was performed in all seasons of the year. Energy metabolism was evaluated with a 5-channel Neuro-KM system for the topographic mapping of cerebral electrical activity with respect to the level of constant potential. **Results.** A close relationship was found between the light regime, cerebral metabolism and anxiety among the residents of the Russian Arctic. Negative changes in cerebral metabolism occurred in highly anxious subjects in summer at maximum natural light. In seasons with different natural light, highly anxious people were characterized by changes in cerebral metabolism with its increase in the frontal and occipital areas and a decrease in the temporal areas. In moderately anxious persons, the maximum values of neural and energy metabolism were recorded in winter, while the minimum values were observed in summer; in the summer period, there was an activation of metabolism in the frontal and occipital areas and a decrease of metabolic processes in the cerebral cortex. **Conclusions.** Due to the high sensory reactivity of the body, the processes associated with cerebral metabolism are more intense in people with high levels of anxiety under light conditions.

Keywords: Arctic, photoperiodism, working age population, anxiety, cerebral metabolism, cerebral potential.

References

1. Anikina N.Yu., Griбанov A.V., Kozhevnikova I.S. et al. Characteristics of Cerebral Energy Processes 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
2. Varentsova I.A., Chesnokova V.N., Sokolova L.V. [Seasonal Change in the Psycho-Functional State of Students with Different Types of Autonomic Regulation of Heart Rate]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2011, no. 2, pp. 47–52. (in Russ.)
3. Varentsova I.A., Pushkina V.N., Kochnev A.V., Anoshina T.V. [External Respiratory Function Rating in Special Health Group Health Tests]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2018, no. 10, pp. 42–44. (in Russ.)
4. Aghajanyan N.A., Konovalova G.M., Ozheva R.Sh. et al. Impact of External Factors on the Formation of Adaptive Reactions of the Human Body. *New Technologies*, 2010, no. 2, pp. 142–144. (in Russ.)
5. Griбанov A.V., Jos Yu.S., Bagretsova T.V. [Photoperiodism and Changes in the Bioelectrical Activity of the Brain in Schoolchildren in the Arctic Zone]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2016, vol. 42, no. 2, pp. 16–26. (in Russ.) DOI: 10.7868/S0131164616020065

6. Griбанov A.V., Anikina N.Yu., Gudkov A.B. [Cerebral Energy Exchange as a Marker of Human Adaptive Reactions in the Natural and 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
7. Karkavtseva I.A., Korelskaya I.E. [Assessment of Individual Psychophysiological Personality Traits and the Level of Emotional Stability of Qualified Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2018, no. 12, p. 39. (in Russ.)
8. Kottsova O.N., Anikina N.Yu., Griбанov A.V. [Interhemispheric Asymmetry and Cerebral Energy Exchange in Young People of the Arctic Zone of the Russian Federation During Seasons with Impaired Photoperiodicity]. *Journal medico-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Biomedical Research], 2020, vol. 8, no. 1, pp. 23–32. (in Russ.) DOI: 10.17238/issn2542-1298.2020.8.1.23
9. Griбанov A.V., Nekhoroshkova A.N. *Sposob otsenki trevozhnosti u detey* [Method for Assessing Anxiety in Children]. Patent RF, no. 2590988 C1, 2016.
10. Pushkina V.N., Gernet I.N., Olyashev N.V., Lubyshev E.A. [The State of the External Respiration System in Young Men Living in Different Regions of Russia]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2020, no. 4, pp. 17–19. (in Russ.)
11. Rozhkov V.P., Bekshaev S.S., Soroko S.I. [Seasonal Restructuring of Hemodynamics and Bioelectrical Activity of the Brain in Children and Adolescents of the European North]. *Ulyanovskiy medico-biologicheskii zhurnal* [Ulyanovsk Medical and Biological Journal], 2012, no. 3, pp. 104–115. (in Russ.)
12. Fokin V.F., Ponomarev N.V. *Energeticheskaya fiziologiya mozga* [Energy Physiology of the Brain]. Moscow, Antidor Publ., 2003. 288 p. (in Russ.)
13. Arendt J. Biological Rhythms During Residence in Polar Regions. *Chronobiol. Int.*, 2012, vol. 29, no. 4, pp. 379–394. DOI: 10.3109/07420528.2012.668997
14. 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, pp. 236–243. DOI: 10.1016/j.yggen.2017.05.011
15. Knierim M.T., Rissler R., Dorner V. et al. The Psychophysiology of Flow: A Systematic Review of Peripheral Nervous System Features. *Information Systems and Neuro-science. Springer, Cham*, 2018, pp. 109–120. DOI: 10.1007/978-3-319-67431-5_13
16. Speckmann E.-J., Elger C.E., Gorji A. Neurophysiological Basis of EEG and DC Potential. *Niedermeyer's Electroencephalography*. 6th ed. Lippincott Williams and Wilkins, 2011, pp. 17–31.
17. Zhang X., Shan G., Wang Y. et al. Wearables, Biomechanical Feedback, and Human Motor-Skills' Learning & Optimization. *Applied Sciences (Switzerland)*, 2019, vol. 9 (2), p. 226. DOI: 10.3390/app9020226

Received 10 September 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Сезонные изменения церебрального энергообмена при разном уровне тревожности у молодых людей в Арктической зоне Российской Федерации / А.В. Грибанов, О.Н. Котцова, Н.Ю. Аникина и др. // Человеческий Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 73–80. DOI: 10.14529/hsm210409

FOR CITATION

Griбанov A.V., Kottsova O.N., Anikina N.Yu., Pankov M.N., Korelskaya I.E. Seasonal Changes in Cerebral Metabolism in Young People from the Russian Arctic with Different Levels of Anxiety. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 73–80. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210409