

АНИКИНА Наталья Юрьевна

**ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ЭНЕРГООБМЕНА
У ЖИТЕЛЕЙ ЮЖНОЙ ИНДИИ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ОБУЧЕНИЯ
В СЕВЕРНОМ ВУЗЕ**

03.03.01 – физиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Москва – 2020

Работа выполнена на кафедре биологии человека и биотехнических систем Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова».

Научный руководитель: Грибанов Анатолий Владимирович - Заслуженный деятель науки РФ, Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», профессор кафедры биологии человека и биотехнических систем

Официальные оппоненты:

Дерягина Лариса Евгеньевна доктор медицинских наук, профессор, Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя, профессор кафедры психологии

Шилов Сергей Николаевич доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Красноярский государственный педагогический университет им.В.П. Астафьева, заведующий кафедрой специальной психологии

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Институт возрастной физиологии Российской академии образования

Защита диссертации состоится 24 сентября 2020 г. в ____ часов на заседании диссертационного совета ПДС 0300.003 ФГАОУ ВО "Российский университет дружбы народов" по адресу: 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.8.

С диссертацией можно ознакомиться в УНИБЦ (Научной библиотеке) ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» по адресу: 117198, ул. Миклухо-Маклая, д.6 и на сайте <http://dissovet.rudn.ru>

Объявление о защите и автореферат диссертации размещены на сайтах: <http://vak2.ed.gov.ru> и <http://dissovet.rudn.ru>

Автореферат разослан «_____» _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор медицинских наук, профессор

Ермакова Наталья Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Активизация деятельности человека на Арктических территориях в значительной мере актуализировала проблему адаптации и здоровья населения в неблагоприятных климатических условиях. Большинство исследователей рассматривают проживание в высоких широтах как жизнь при дополнительных функциональных нагрузках (Агаджанян Н.А. с соавт., 2010; Нагибович О.А. с соавт. 2016; Nunes A.R. 2018; Felix M.Key et al, 2018). Несомненно, что холод в совокупности с остальными природными факторами Севера способствует развитию в организме человека перестроек многих функциональных систем (Агаджанян Н.А., 2009; Гудков А.Б. с соавт. 2017; Плахотская Ж.В. с соавт. 2018). Важную роль в таких адаптивных перестройках играет центральная нервная система, осуществляющая, прежде всего, функции регуляции и координации систем жизнедеятельности (Сороко С.И. с соавт. 2009; Грибанов А.В., Депутат И.С., 2016; Ергешова С.З. 2019; Scult M.A., 2017).

Новая стратегия социально-экономического развития Арктических территорий РФ направлена, в том числе, и на привлечение трудовых и образовательных ресурсов, как из средней полосы и юга России, так и стран ближнего и дальнего зарубежья. Иностранные специалисты из Индии и стран Азии принимают активное участие в освоении и разработке Арктического шельфа. С каждым годом увеличивается и приток студентов из данных регионов для обучения в северных ВУЗах. Изменение региона в широтно-долготном направлении вызывает фазовый сдвиг геофизических и социальных синхронизаторов по отношению к фазам биоритмов организма (Dalglish T. et al 1996). При этом наиболее выраженное стрессирующее действие на организм, оказывают природно-климатические факторы Севера на начальном этапе адаптации (Агаджанян Н.А., Нотова С.В., 2009; Савин М.Н. с соавт. 2018, J.D.Fordetal, 2016). Поэтому исследование механизмов срочной адаптации у молодых людей является актуальной проблемой в изучении адаптации и здоровья человека на Севере.

Степень разработанности темы исследования. При длительном проживании в условиях высоких широт формируются экологически обусловленные адаптационные механизмы сезонных ритмов. У жителей Индии по мере увеличения времени проживания на территории Арктического региона отмечается перестройка эндокринной системы с доминированием активности щитовидной железы, развитие психоэмоционального напряжения с высоким уровнем тревожности, усиление активности симпатического отдела вегетативной нервной системы с сопутствующим изменением в функциональном состоянии сердечно-сосудистой, пищеварительной систем и обмене веществ (Дерягина Л.Е., 1995, Корельская И.Е. с соавт., 2018).

Формирование адаптационных перестроек у молодых людей на фоне значительных умственных нагрузок требует, прежде всего, повышенной работы структур головного мозга, что, в свою очередь, ведет к изменению его энергетического состояния (Фокин В.Ф., Пономарева Н.В., 2003; Murik S., 2012). Однако, несмотря на значимость показателей энергетического обмена коры головного мозга в развитии и оценке адаптационных перестроек, эти вопросы до сих пор остаются практически неизученными. Большинство методов исследования энергообменных процессов основываются на использовании дорогостоящего оборудования и радиоактивных препаратов. Поэтому особую актуальность приобретает метод регистрации распределения уровня постоянного потенциала (УПП) головного мозга, как одного из вида сверхмедленных физиологических процессов, позволяющий достоверно оценивать церебральный энергетический метаболизм (Фокин В.Ф., Пономарева Н.В., 1999). Согласно ряду исследований у северян регистрируется интенсификация энергообменных процессов коры головного мозга в сравнении с жителями средней полосы, с одновременным снижением энергозатрат фронтальных структур и правополушарным доминированием церебрального энергообмена (Нехорошкова А.Н., Грибанов А.В., 2015; Депутат И.С., Грибанов А.В. с соавт. 2016; Фатеева И.Л., Грибанов А.В., 2019). Однако в литературе отсутствует информация о перестройках церебральных энергетических процессов при срочной адаптации в

суровых климатических условиях. Нет сведений о реакции церебрального энергообмена на холодовое воздействие и в процессе дальнейшего восстановления. На решение этих вопросов и направлено данное исследование, которое по нашему мнению, является весьма актуальным и с теоретической, и с практической точек зрения.

Цель исследования: – определить особенности церебральных энергетических процессов и динамику их изменений у жителей Южной Индии на начальном этапе обучения в северном ВУЗе.

Применительно к этой цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Установить характерные особенности энергетического метаболизма у жителей Индии в состоянии относительного покоя на этапе срочной климатической адаптации в сравнении с жителями Арктического региона.

2. Выявить особенности реакции энергообмена головного мозга у жителей Индии на краткосрочное локальное холодовое воздействие в водной среде.

3. Определить изменения церебрального энергетического обмена у студентов из Индии в восстановительный период после холодовой пробы.

Научная новизна полученных результатов. Впервые получены новые данные о церебральных энергетических процессах у жителей тропической зоны на начальном этапе адаптации при переезде в Арктическую зону РФ. Выявлено усиление энергообменных процессов головного мозга у приезжих, нарушение принципа «куполообразности распределения УПП», межполушарная асимметрия с формированием правополушарного доминирования. В результате исследования доказаны различия в механизмах адаптации энергообмена головного мозга в зависимости от пола. У юношей превалирует активность фронтоталамической системы, у девушек – таламопариетальной.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные результаты диссертационного исследования о состоянии церебральных энергетических процессов у студентов при адаптации к Арктическим условиям расширяют и дополняют современные теоретические представления об экологической физиологии мозга. Важным в теоретическом отношении является

определение не только характерных сходных признаков изменения энергетического состояния головного мозга при различных видах климатической адаптации, но и особенностей адаптивных механизмов у мигрантов в зависимости от пола.

Результаты исследования церебральных энергетических процессов могут применяться для экспресс-диагностики функционального состояния головного мозга с целью оценки адаптационных возможностей, как коренных жителей, так и мигрантов, а также при проведении и оценке эффективности коррекционно-реабилитационных мероприятий у студентов на начальном этапе обучения.

Методология и методы исследования. Методологическую основу составили работы отечественных и зарубежных авторов в области теории адаптации (Г.Селье, Ф.З.Меерсон, Н.А. Агаджанян, В.П. Казначеев), теории функциональных систем (П.К.Анохин, К.В.Судаков), применения регистрации уровня постоянного потенциала (УПП), как одного из видов сверхмедленной активности головного мозга для анализа церебральных энергетических процессов (Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. 2001; Шмырев И.А., Витько Н.К. 2010; Боравова А.И. с соавт. 2012; Филиппов И.В. с соавт. 2013; KublerA. et al. 2002; SpeckmannE.J. et al. 2011). Проведен временной и амплитудный анализ УПП с расчетом локальных и градиентных значений. Кроме того, стрессорное воздействие климатогеографических условий Севера моделировалось при помощи одномоментного локального холодового воздействия. Полученные данные проанализированы с применением статистических способов обработки информации, систематизированы и изложены в главах собственных исследований.

Положения, выносимые на защиту.

1). На начальном этапе адаптации, при обучении в северном ВУЗе, у студентов из Индии церебральный энергообмен характеризуется, прежде всего, высокими показателями УПП в центральных отделах коры головного мозга, нарушением принципа «куполообразности» распределения УПП и межполушарной асимметрией энергообменных процессов с формированием

правополушарного доминирования, что может являться нейрофизиологическим проявлением начальной стадии стресса (Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. 2001). Механизмы развития этих проявлений зависят от половой принадлежности: у юношей превалирует активность фронтоталамической системы, у девушек – таламопариетальной системы.

2). При локальном охлаждении направление сдвигов распределения УПП соответствует степени изменения церебрального энергообмена при адаптивных реакциях в натуральных условиях, причем у жителей Индии максимальная интенсификация энергообменных процессов происходит в левом височном отделе, что отражает активацию сенсомоторных реакций, а у северян во фронтальной области, что может свидетельствовать о запуске сформированных адаптационных реакций на холодное воздействие.

3). Изменения церебральных энергетических процессов у студентов из Индии при локальных холодных воздействиях более выражены у лиц женского пола в левой височной области; восстановительный период у них протекает быстрее и более полно. У юношей наблюдается увеличение интенсивности энергетических процессов после 10-минутного восстановления, что, очевидно, связано с отсроченной по времени реакцией на охлаждение.

Внедрение результатов исследования. Результаты исследования используются в учебном процессе при проведении занятий по нейрофизиологии и психофизиологии на кафедре биологии человека и биотехнических систем Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, на кафедре гигиены и медицинской экологии Северного государственного медицинского университета, в научных исследованиях лаборатории функциональных резервов организма института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность результатов исследования подтверждается объемом фактического материала, и

использованием современных сертифицированных методов исследования и статистической обработки данных.

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на: заседаниях учёного совета института медико-биологических исследований САФУ имени М.В. Ломоносова (г. Архангельск, 2015, 2016, 2017, 2019); заседании Регионального отделения Общества физиологов им. И.П. Павлова (г. Архангельск, 2016, 2018); I и II Всероссийских научно-практических конференциях "Агаджаньяновские чтения" (Москва, 2016, 2018); XXIV Международной научно-практической конференции "Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты" (г. Архангельск, 2016); III и IV Международных медицинских молодежных форумах «Медицина будущего – Арктике» (г. Архангельск, 2017, 2018); VII Международной научно-практической конференции «Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды» (г. Челябинск, 2018); XVIII Всероссийском симпозиуме с международным участием «Эколого-физиологические проблемы адаптации» (Москва, 2019).

Связь с планом научно-исследовательских работ. Диссертационное исследование проводилось в соответствии с планом НИР по приоритетному направлению научных исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова «Человек в Арктике» по комплексной теме «Адаптация и церебральные энергетические процессы при жизнедеятельности человека в условиях Арктической зоны РФ».

На Региональном конкурсе научных работ РФФИ и Правительства Архангельской области данное исследование получило поддержку, войдя в число победителей (проект № 18-44-290006).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности
Диссертационная работа Аникиной Н.Ю. «Характеристика церебрального энергообмена у жителей Южной Индии на начальном этапе обучения в северном ВУЗе» представленная к защите по специальности 03.03.01 – физиология (биологические науки), соответствует паспорту специальности (пп.3,8). Исследования, изложенные в данной работе, позволяют понять закономерности

функционирования центральной нервной системы организма и ее адаптивные возможности в арктических условиях жизнедеятельности.

Публикации. По материалам диссертации за последние пять лет опубликовано 17 печатных работ, в том числе 5 статей в журналах, индексируемых в международных базах данных, из которых 1 - Web of Science, 4 – Scopus, и 5 - в изданиях из Перечня ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 137 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и приложений. Работа иллюстрирована 16 таблицами и 15 рисунками. Библиография включает 286 источников, из которых 197 отечественных и 89 зарубежных публикаций.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Методы и методика исследования. Для решения поставленных задач были обследованы 208 студентов I и II групп здоровья в возрасте 18–19 лет, не принимающих какие-либо медикаментозные препараты и первый год проходивших обучение в ВУЗах города Архангельска. Критериями исключения были хронические заболевания внутренних органов и травмы головы в анамнезе, а также фолликулярная фаза менструального цикла у девушек. Молодые люди были разделены на две группы. Каждая из групп, в свою очередь, была поделена на подгруппы в зависимости от пола. К первой группе были отнесены 110 студентов-иностранцев, прибывших для обучения из Южной Индии и не более 50 дней находившихся в климатогеографических условиях севера. В контрольную группу вошли 98 студента первокурсника Северного государственного медицинского университета, родившихся и постоянно проживающих на территории Европейского Севера России. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие в соответствии с принципами Хельсинкской декларации.

Исследование энергетического состояния головного мозга у студентов проводилось в осенне-зимний период (ноябрь, декабрь) в первой половине дня, в помещении с температурой 20–22⁰С после 10–15-минутного отдыха, через 1–1,5

часа после еды, при максимальном физическом и психическом покое испытуемых.

Для регистрации, обработки и анализа уровня постоянных потенциалов головного мозга применялся аппаратно-программный диагностический комплекс «Нейро-КМ» (Рег. удостоверение №ФСР 2009/ 0537 сертификат соответствия №РОСС RU. ИМ 25. ВО2563). Специальные методы анализа и топографического картирования УПП, заложенные в программный комплекс, позволяют производить оценку как суммарных энергозатрат головного мозга, так и его отдельных областей.

Регистрация УПП осуществлялась в милливольтках монополярно с помощью пяти активных неполяризуемых хлорсеребряных чашечковых электродов "ЕЕ-G2" и референтного "ЭВЛ-1-М4". Активные электроды располагались по международной схеме «10–20%» вдоль сагиттальной линии – в лобной (Fz), центральной (Cz), затылочной (Oz) областях, а также в правом и левом височных отделах (Td, Ts). Референтный электрод накладывали на тыльную сторону запястья левой руки.

Непосредственно регистрация УПП у обследуемых проводилась через 5–7 минут после наложения на точки отведения электродов, при постоянном контроле значений кожного сопротивления в местах отведения УПП. После стабилизации и регистрации фоновых значений проводилась холодовая проба, при которой обследуемый удерживал кисть правой руки в холодной воде с температурой 4–6°C в течении одной минуты. По окончании холодовой пробы кисть правой руки обследуемого осушали. Для анализа степени охлаждения использовали тепловизор. В среднем падение температуры кисти составляло 15° С ($t_{\text{кисти}} = 21^0$ С). Далее, при условии нахождения обследуемого в полном физическом и психологическом покое, проводилась непрерывная регистрация УПП на протяжении 10-минутного восстановительного периода.

В ходе исследования УПП подвергался временному и пространственному анализу путем картирования полученных с помощью монополярного измерения амплитудных значений потенциала. Проводился расчет усредненного (X), локальных (Fz-X, Cz-X...) и градиентных (Fz-Cz,...Oz-Td,...Td-Ts) отклонений

УПП. Полученные характеристики распределения УПП сравнивались со среднестатистическими нормативными значениями для определенных возрастных периодов, встроенных в программное обеспечение комплекса «Нейро-КМ» (Фокин В.Ф., Пономарева Н.В., 2003)

Полученные данные подвергались комплексной математической и статистической обработке с использованием прикладных пакетов программ “SPSS 20 for Windows”, Microsoft Excel MC OFFICE 2003. Непрерывные данные проверялись на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка. Для анализа различий между показателями среднего ($M \pm m$) в сравниваемых группах применяли t-критерий Стьюдента. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05.

Исследование взаимосвязей изучаемых переменных проводилось с помощью корреляционного анализа с расчетом коэффициента корреляции Пирсона. Для каждой обследуемой группы на каждом этапе исследования были построены корреляционные матрицы и проведен их полный сравнительный анализ с учетом сильных ($r > 0,7$) и достоверных связей.

Для построения факторных моделей применялся факторный анализ с Варимакс-вращением. Выделялись четыре основных фактора, интегральная информативность которых составила более 80%.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты исследования, свидетельствуют, прежде всего, о повышенном церебральном энергообмене у молодых людей в возрасте 18–19 лет, как у жителей Южной Индии, так и северян находящихся под воздействием климатогеографических условий Севера.

Нормативные значения УПП у юношей и девушек в возрасте 18–19 лет согласно нормативной шкале В.Ф. Фокина отличий не имеют. Однако, в ходе исследования получены статистически значимые различия в группе студентов из Индии в зависимости от пола по трем основным отведениям: затылочном (O_z), правом (T_d) и левом (T_s) височных, что может указывать на различия в механизмах адаптации у мужчин и женщин (табл. 1).

Таблица 1. Распределение УПП головного мозга в монополярных отведениях у студентов в состоянии относительного покоя, мВ($M \pm m$)

Отведения	Пол	Студенты из Индии	Северяне	Нормативы УПП
Fz	м	13,41 $\pm$ 1,96	12,43 $\pm$ 1,51	8,7
	ж	16,11 $\pm$ 1,74	*10,07 $\pm$ 2,18	
Cz	м	16,96 $\pm$ 1,73	17,81 $\pm$ 1,39	12,7
	ж	21,31 $\pm$ 1,55	*15,63 $\pm$ 1,88	
Oz	м	12,94 $\pm$ 1,48	14,39 $\pm$ 1,40	9,9
	ж	21,03 $\pm$ 1,66*	*14,7 $\pm$ 2,14	
Td	м	9,47 $\pm$ 1,50	12,59 $\pm$ 1,43	9,4
	ж	19,36 $\pm$ 1,73*	*10,45 $\pm$ 1,74	
Ts	м	8,81 $\pm$ 1,31	*13,14 $\pm$ 1,55	10,5
	ж	16,57 $\pm$ 1,61*	*9,31 $\pm$ 1,92	
sum	м	61,6 $\pm$ 6,67	70,37 $\pm$ 6,05	51,2
	ж	94,37 $\pm$ 7,27*	*60,16 $\pm$ 8,85	
X	м	12,32 $\pm$ 1,33	14,07 $\pm$ 1,21	10,24
	ж	18,87 $\pm$ 1,45	*12,03 $\pm$ 1,77	

Примечание: * справа отмечены значимые отличия между юношами и девушками, $p < 0,05$; * слева – значимые отличия между иностранцами и северянами, $p < 0,05$.

У юношей в новых условиях проживания наибольшим энергообменом характеризуются центральный (Cz) и лобный (Fz) отделы коры головного мозга, наименьшим - левый височный отдел (Ts).

В группе девушек из Индии суммарные значения УПП на 34,7% превышают соответствующий показатель у юношей. Наибольшая активность энергетических процессов фиксируется в центральном (Cz) и затылочном (Oz) отделах, причем межэлектродная разность Cz-Oz_{девуш} составляет всего 0,29 мВ. Минимальный энергообмен отмечается во фронтальной области (Fz). В сравнении с юношами максимальные отличия в значениях УПП регистрируется в височных отделах, наименьшие - в лобном отведении.

В сравнении с нормативными показателями у юношей иностранцев наибольшее превышение УПП отмечается в лобном Fz и центральном Cz отведениях, в то время как значения потенциала в левом височном отведении значимо ниже и составляет всего 84% от норматива. Энергообмен в правом височном отделе (Td) у юношей из Индии соответствует показателям нормы.

В сравнении с северянами у юношей из Индии было выявлена тенденция снижения активности церебральных энергетических процессов во всех отведениях кроме лобного, где УПП превышает соответствующий показатель северян на 7,9%, что указывает на относительно высокую активность лобных отделов мозга у юношей в первые месяцы проживания в новых климатогеографических условиях (рис. 1).

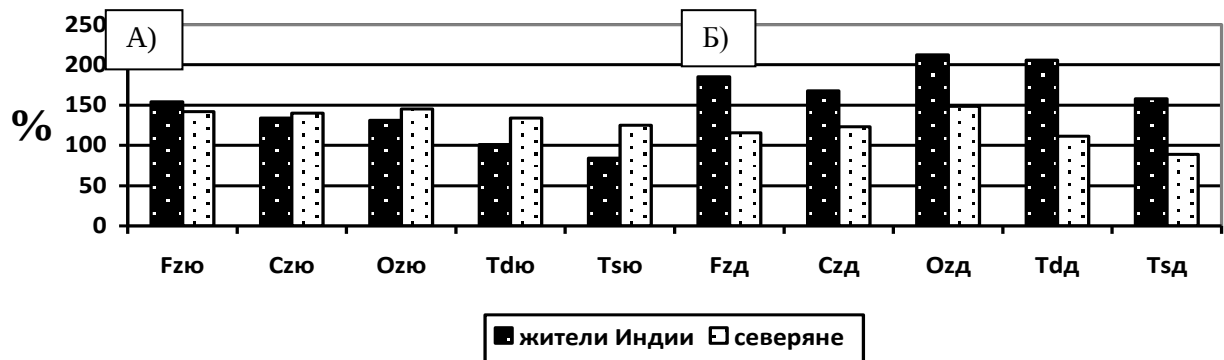


Рисунок 1. Распределение значений УПП у юношей (А) и девушек (Б) (%) (за 100% приняты нормативные показатели УПП)

Значения УПП у девушек из Индии по всем отведениям значительно выше соответствующих результатов северян. Суммарные энергозатраты головного мозга студенток иностранок на 56,9% превышают суммарные значения УПП северянок. По характеру распределения УПП по коре головного мозга значительных отличий между подгруппами девушек выявлено не было. Исключение составляет лишь высокие значения УПП у иностранок в правом височном отведении, что может свидетельствовать о существенном увеличении энергообмена правого полушария у девушек, первые месяцы проживающих в новых климатогеографических условиях. Отклонения от среднего ($Fz-X=-2,77\text{мВ}$, $Ts-X=-2,31\text{мВ}$) указывают на сниженную активность в лобной и левой височной областях у девушек, впервые приехавших на Север.

Показателем нормы церебрального энергообеспечения является принцип «куполообразности» распределения значений УПП по коре головного мозга (Фокин В.Ф., Пономарева Н.В., 2001), когда регистрируется плавное снижение значений УПП от центрального (Сз) отведения в направлении к периферии.

Из-за значительного падения уровня потенциала в височных отделах у юношей иностранцев принцип «куполообразности» выполняется частично. В группе девушек, напротив, высокие значения в затылочном и правом височном отделах приводят к нарушению данного принципа, что может указывать на начальную стадию формирования дизадаптации у девушек, в первые месяцы проживания в новых климатогеографических условиях.

Одной из основных характеристик в карте распределения УПП является межполушарная асимметрия энергозатрат, которую принято оценивать по разности значений между правым и левым височными отведениями (T_d и T_s). Согласно нормативным данным в возрасте 17–19 лет показатель $T_d - T_s = -1,1$ мВ отрицательный, что указывает на доминирование активности левого полушария (Фокин В.Ф., 2003).

Минимальные значения УПП в левом височном отведении у юношей из Индии приводят к положительной межэлектродной разности $T_d - T_{s_{\text{юноши}}} = 0,66$ мВ, что указывает на незначительное доминирование активности правого полушария в данной подгруппе исследования.

У юношей северян отмечается незначительное повышение активности левого полушария ($T_d - T_{s_{\text{юноши}}} = -0,55$ мВ). Межвисочная разность $T_d - T_s$ в подгруппах юношей имеет значение меньше 1 мВ, что свидетельствует о тесном взаимодействии обоих полушарий головного мозга, от которого и зависит эффективность адаптационных перестроек (Кривошеков С.Г. с соавт. 1998; Хаснулин В.И., Хаснулин П.В., 2012; Павлов К.И., Каменская В.Г., 2014). На начальном этапе адаптации первой психофизиологической реакцией является активный отбор новой необычной и эмоциональной информации, анализ и переработка которой осуществляется при повышении активности правого полушария (Леутин В.П. 2008; Хаснулин В.И. с соавт. 2011; Chen A.C. et al, 1998). У студентов из Индии регистрируется незначительное доминирование правого полушария вероятно как следствие процесса обработки новой информации и выработки алгоритма действия при изменении климатических и социальных условий.

Межвисочная разность $T_d - T_s$ у девушек из Индии ($T_d - T_{s_{\text{дев.}}} = 2,79$ мВ) также как и у северянок ($T_d - T_{s_{\text{северянки}}} = 1,14$ мВ) положительна. Значение превышает 2 мВ, что указывает на устойчивое доминирование правого полушария у лиц женского пола при активации адаптационных процессов.

Корреляционный анализ также выявил различия в корреляционном взаимодействии у студентов из Индии в зависимости от пола. Так, корреляционная матрица у девушек из Индии характеризуется большим числом жестких $r > 0,7$ (35,5% от числа значимых) корреляционных взаимодействий при меньшем количестве значимых связей ($N=93$). Среди монополярных значений в корреляционном взаимодействии участвуют все отведения, кроме лобного Fz. Однако из локальных значений УПП наибольшим количеством сильных связей обладает именно FzX и TdX.

У юношей из Индии общее количество значимых корреляций составляет $N=99$, из них 30% сильных связей с $r > 0,7$. Среди монополярных значений в корреляционном взаимодействии участвуют лишь центральный и левый височный отведения. Основной процент значимых корреляционных связей приходится на локальные и градиентные значения УПП связанные с лобным Fz и затылочным Oz отделами.

Корреляционный анализ в группе северян также выявил, у юношей меньшее число сильных связей в сравнении с девушками при большем числе статистически значимых взаимодействий. Среди монополярных значений у юношей северян в корреляционном взаимодействии участвует лишь левое височное отведение, у девушек все пять. Все локальные значения УПП у северян имеют по четыре возможных корреляционных связей, исключение у юношей составляет затылочный отдел (только 3), а у девушек центральный (только 2). В целом, результаты корреляционного анализа позволяют говорить о более жесткой структуре взаимосвязей отделов коры головного мозга у лиц женского пола, что указывает на различия в характере распределения метаболической активности и кровоснабжения головного мозга.

Проведенный факторный анализ в группах студентов из Индии выявил некоторое сходство факторных моделей, в то время как у северян факторные структуры энергообмена головного мозга у юношей и девушек имеют существенные отличия.

И у девушек и у юношей, впервые прибывших на северные территории, первым фактором, информативность которого составила 29,4% и 30,6% соответственно, идентифицирован «фактор энергетического взаимодействия лобных отделов головного мозга» включающий в себя градиентные отклонения УПП лобного отведения (FzCz, FzOz,...). Второй фактор у жителей Индии – «фактор энергетического состояния головного мозга» с информативностью у девушек 22,7% и у юношей 25,5% отражающий все пять монополярных значений УПП (Fz, Cz, Oz, Td, Ts)(табл. 2).

Отличия факторных структур у индийцев наблюдаются лишь в третьем и четвертом факторах. Так, у юношей, третий фактор – «фактор энергетического состояния правого полушария» (19,2%) (градиенты связанные с Td), а четвертый – «фактор энергетического состояния левого полушария»(13,4%) (градиенты связанные с Ts). У девушек наоборот третий и четвертый факторы это факторы энергетического состояния левого (21,1%) и правого полушария (14,3%) соответственно.

Таблица 2. Факторная структура показателей УПП у студентов из Индии в состоянии относительного покоя

Факторы	Юноши	Девушки
I фактор	фактор энергетического взаимодействия лобных отделов головного мозга	фактор энергетического взаимодействия лобных отделов головного мозга
II фактор	фактор энергетического состояния головного мозга	фактор энергетического состояния головного мозга
III фактор	фактор энергетического состояния правого полушария	фактор энергетического состояния левого полушария
IV фактор	фактор энергетического состояния левого полушария	фактор энергетического состояния правого полушария

У юношей северян в состоянии относительного покоя главную роль в церебральном энергообмене играет «фактор энергетического взаимодействия центральных отделов головного мозга» включающий в себя градиентные

значения центрального отведения (CzOz, CzX...), отсутствующий у жителей Индии. У девушек северянок к первому фактору относится «фактор энергетического состояния головного мозга». «Фактор энергетического взаимодействия лобных отделов головного мозга» у северян находится на втором месте.

Результаты факторного анализа указывают на вовлеченность фронтальных отделов мозга в формирование механизмов адаптации на начальном этапе пребывания в новых климатических условиях у жителей Индии, а также в формировании механизмов долговременной адаптации у северян.

При локальном охлаждении правой кисти в водной среде произошло увеличение значений УПП по всем отведениям в обеих подгруппах исследования. Максимальный рост энергозатрат у студентов из Индии, как и у юношей северян, был зафиксирован в левом височном отделе, что указывает на увеличение активности левого полушария. Скорее всего, это связано с охлаждением правой кисти.

Минимальному отклонению УПП у жителей Индии при охлаждении подверглась центральная область. У девушек индианок локальное охлаждение кисти, также как и у северянок, вызвало изменение в перераспределении УПП по коре головного мозга, связанное с увеличением энергозатрат затылочной области, что привело к еще большему нарушению принципа «куполообразности» распределения УПП.

При охлаждении, у юношей из Индии увеличилось число значимых корреляций, количество сильных связей уменьшилось. У девушек иностранок сохранился высокий процент корреляций с коэффициентом $r > 0,7$, усилились корреляционные взаимодействия лобного отведения.

Локальное охлаждение существенно не изменило факторные структуры энергообеспечения головного мозга у иностранных студентов. Отличия регистрируются лишь в третьем и четвертом факторах. У молодых людей это «фактор энергетического состояния правого полушария» и «фактор энергетического состояния центральных отделов головного мозга»

соответственно. У девушек к третьему фактору стал относиться «фактор энергетического состояния центральных отделов головного мозга», а четвертым – «фактор энергетического взаимодействия затылочной области», что свидетельствует о вовлечении подкорковых структур в формирование ответной реакции организма на холодовой стресс.

На протяжении всего десятиминутного восстановительного периода значения УПП у юношей иностранцев увеличивались во всех пяти основных отведениях. На пятой минуте зафиксировано незначительное снижение УПП в височных отделах, но к концу десятой минуты вновь выявлена тенденция к росту. Единая тенденция у юношей, как иностранцев, так и северян отмечается в соблюдении принципа «куполообразности» распределения УПП, а также в максимальных и минимальных изменениях значений потенциала. Наибольшую активность в процессе восстановления имеют фронтальные отделы мозга, наименьшую – правый височный отдел.

У иностранок на первой минуте восстановительного периода тенденция к увеличению энергозатрат сохранилась, однако к пятой минуте уровень потенциала стал снижаться во всех пяти основных отведениях. На десятой минуте было зарегистрировано незначительное увеличение значений УПП в четырех основных отведениях. В левом височном отведении сохранилась тенденция к снижению уровня потенциала. Распределение по коре головного мозга имеет схожий характер с северянками. К концу восстановительного периода у девушек из Индии максимальные значения регистрируются в затылочном отведении Oz. На второй план выходят энергозатраты центральной области (отведение Cz).

У индианок снижение значений УПП в левом височном отведении привело к еще большему увеличению межвисочной разности указывающей на устойчивое доминирование правого полушария, что, позволяет говорить о более выраженной стрессовой реакции женского организма на холодовое воздействие (Matthew A., 2017).

В целом восстановительный период у жителей Индии характеризуется повышением энергозатрат у юношей в центральном и лобном отделах, а у девушек в затылочном отведении.

В процессе восстановления у девушек прослеживается тенденция к увеличению общего числа значимых взаимодействий и уменьшению числа «сильных» и «жестких» связей. Наибольший рост корреляций регистрируется между центральным и затылочным отведениями с включением височных областей. В группе юношей из Индии, напротив, происходит рост как общего числа корреляционных взаимодействий, так и числа «сильных» и «жестких» связей в основном между лобными градиентами и центральным отведением.

На протяжении периода восстановления факторная модель распределения УПП у юношей иностранцев не изменилась, в то время как в группе девушек к концу восстановительного периода произошло изменение факторной структуры. Первым фактором у девушек иностранок стал «фактор энергетического состояния правого полушария» (37,7%), вторым – «фактор энергетического взаимодействия лобных отделов головного мозга» (19,6%), третьим – «фактор энергетического состояния левого полушария» (16,4%), четвертым – «фактор энергетического взаимодействия затылочной области» (14,2%).

Заключение.

Таким образом, в процессе климатической адаптации происходит перестройка функциональной организации церебрального энергообмена у жителей Южной Индии. При этом главную роль играют лобные доли, поскольку являются доминирующими звеньями в регуляции поведения, эмоциональной и мотивационной сфер, отвечают за программирование и контроль деятельности индивида, служат ключевыми структурами в обеспечении процессов активации ЦНС (Меерсон Ф.З. 1973; Поскотинова Л.В., 2010; Дёмин Д.Б. с соавт. 2014; Колышкин В.В., с соавт. 2017; Deboer T., Tobler I., 1995; Hommet C. Et al 2008).

Полученные результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие **выводы**:

1. При переезде молодых людей из тропической зоны на Арктические территории происходит интенсификация церебральных энергообменных процессов и изменение их функциональной организации, как проявление общебиологических механизмов адаптации ЦНС. Статистически значимые отличия в распределении церебральных энергетических процессов, их структуре и интенсивности указывают на особенности адаптивных механизмов у жителей Индии при переезде в арктический регион в зависимости от пола.

2. У юношей из Индии на начальном этапе обучения в Северном ВУЗе в сравнении с девушками более выражена активность фронтоталамической системы. Отсутствие явно выраженной межполушарной асимметрии, частичное соблюдение принципа «куполообразности» и более «пластичное» взаимодействие различных отделов головного мозга у индийцев свидетельствует о большей способности мужчин к адаптационным перестройкам церебрального энергообмена на начальном этапе пребывания в Арктической зоне РФ.

3. У девушек из Индии, в первые месяцы пребывания в новых климатогеографических условиях, происходит повышение активности коры головного мозга, формируется устойчивое доминирование правого полушария с одновременным усилением энергообменных процессов в затылочной части головного мозга.

4. Локальное холодовое воздействие вызывает у студентов из Индии увеличение УПП в левом височном отведении, в то время как у северян наряду с левым височным наибольшая реактивность уровня потенциала регистрируется в лобном отведении. Реакция на холодовой стресс у жителей Индии характеризуется начальной стадией обработки и анализа новой поступающей информации об изменениях внешних условий среды без дальнейшего функционального ответа. У северян локальное охлаждение вызывает включение сформированной ответной реакции церебрального энергообмена с включением фронтальных структур.

5. В процессе восстановления динамика изменения УПП, а также факторная структура у юношей из Индии имеет схожий характер со студентами северянами, что свидетельствует о схожих адаптивных механизмах церебрального энергообмена у юношей северян и юношей из Индии. Рост корреляционных взаимодействий между лобными и центральными градиентами УПП свидетельствует об усилении локального кровотока фронтальных отделов коры головного мозга у юношей после холодового воздействия.

6. У девушек из Индии после локального охлаждения происходит снижение УПП по всей коре головного мозга с последующим небольшим ростом к концу 10 минуты в затылочном, центральном и правом височном отведениях. Наибольшее снижение интенсивности энергообменных процессов регистрируется во фронтальном и левом височном отделах. Рост корреляционного взаимодействия между центральным и затылочным отведениями с включением височных областей указывает на изменения локального мозгового кровотока данных областей, что и формирует особенности адаптационных перестроек женского организма.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Результаты исследования церебральных энергетических процессов могут быть использованы для оценки развития характера адаптации местного населения Арктической зоны РФ и прогнозирования адаптационных процессов у переехавших на ее территорию на начальном этапе адаптации.

2. При оценке развития нейрофизиологических механизмов адаптации у мигрантов следует учитывать особенности церебрального энергообмена у мужчин и женщин в условиях проведения холодовой пробы. Наибольшую реактивность показателей УПП у лиц мужского пола следует ожидать во фронтальных отделах, а у лиц женского пола – в затылочных.

Перспективы дальнейшей разработки темы. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение влияния гелиометеотропных факторов на энергообменные процессы головного мозга, а также на выявление особенностей динамики церебрального энергообмена в процессе обучения в

различные сезоны года, на различных курсах и при разных семестровых нагрузках как у лиц постоянно проживающих на территории Арктической зоны РФ, так и у мигрантов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science

1. 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(Web of Science, Scopus)
2. **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, М.Н. Панков, С.Ф. Багрецов // Человек. Спорт. Медицина. 2019. Т.19. №2. С. 7-13 (Scopus)
3. Грибанов А.В.Реакция церебрального энергометаболизма на холодовой стресс у молодых людей, проживающих в Арктическом регионе Российской Федерации /А.В. Грибанов, **Н.Ю.Аникина**, И.С. Кожевникова, С.И. Малявская, М.Н. Панков // Экология человека. 2019. №3. С. 17-23. (Scopus)
4. **Anikina N. Yu.** Energy metabolism of the brain in the inhabitants of the arctic zone, depending on the prevalence of vegetative tonus /**N. Yu. Anikina**, A. V. Gribanov, I. S. Kozhevnikova// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science – Режим доступа <https://iopscience.iop.org/issue/1755-1315/263/1> (Scopus)
5. Котцова О.Н. Структурно-функциональные особенности физиологических систем у лиц с различными типами полушарного доминирования (обзор) / О.Н. Котцова, **Н.Ю. Аникина**, А.В. Грибанов // Экология человека.-2019.-№8.-С. 32-40.

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, из Перечня ВАК России

6. **Аникина Н.Ю.** Распределение уровня постоянного потенциала у иностранных студентов, начавших обучение в северных ВУЗах (на примере г.Архангельска) /**Н.Ю. Аникина**// Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки.– 2016. – №1. – С. 5-12.
7. Грибанов А.В.Распределение уровня постоянного потенциала головного мозга у иностранных студентов при локальном охлаждении во влажной среде (на примере вузов г. Архангельска)/А.В. Грибанов А.В., **Н.Ю. Аникина**// Журнал медико-биологических исследований. – 2017. – Т. 5, №1. – С. 5-15
8. Кожевникова И.С. Факторная структура экологической адаптированности церебрального энергометаболизма 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.

9. Грибанов А.В. Распределение церебральных энергетических процессов у молодых людей, постоянно проживающих в Арктическом регионе /А.В. Грибанов А.В., **Н.Ю.Аникина**, О.Н. Котцова// Журнал медико-биологических исследований. 2019. Т.7. №1. С. 118-123.
10. Грибанов А.В. Распределение церебральных энергетических процессов у молодых людей Арктического региона при снижении естественного освещения / А.В. Грибанов, О.Н. Котцова, **Н.Ю. Аникина** // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2019. – Т.16, №2. – С.103-109

Публикации в других изданиях, тезисы докладов.

11. **Аникина Н.Ю.** Характеристика межполушарной асимметрии энергетического состояния головного мозга у студентов северян/ **Н.Ю.Аникина**//Бюллетень СГМУ. – 2016. – Вып. XXXVI.– С.207-209.
12. **Аникина Н.Ю.**Факторная структура энергетического состояния головного мозга у иностранных студентов в начале обучения в Северном ВУЗе /**Н.Ю. Аникина**,А.В. Грибанов // Агаджаняновские чтения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – М.:РУДН, 2016. – С.14-16
13. **Аникина Н.Ю.** Церебральные энергетические процессы у студентов, проживающих на территории арктической зоны /**Н.Ю.Аникина**, А.В. Грибанов // Агаджаняновские чтения: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Посвящается 90-летию со дня рождения академика Н.А. Агаджаняна. – 2018. – С. 22-23.
14. Грибанов А.В. Церебральные энергетические процессы в оценке адаптации человека на Севере / А. В. Грибанов, **Н.Ю. Аникина**, И.С. Кожевникова // Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды. Материалы VII Международной научно-практической конференции под ред. Д.З. Шибковой, П.А. Байгужина. 2018. С. 158-160.
15. Грибанов А.В. Характеристика деятельности ЦНС на начальном этапе адаптации человека в Арктическом регионе /А.В. Грибанов, **Н.Ю.Аникина**, О.Н. Котцова, С.Ф. Багрецов // Эколого-физиологические проблемы адаптации. Материалы XVIII Всероссийского симпозиума с международным участием. Российский университет дружбы народов. Москва. 2019. С. 75-77.
16. **Аникина Н.Ю.**, Кожевникова И.С., Грибанов А.В. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2018621153 «ИМБИ-НЭКРУС» от 01.08.2018
17. **Аникина Н.Ю.** Рекомендации по организации исследований и оценке адаптивных реакций церебрального энергометаболизма у молодых людей в условиях Арктического региона: Методические рекомендации /**Н.Ю. Аникина**,И.С. Кожевникова // Архангельск, САФУ. 2018. 17 с.

Аникина Наталья Юрьевна (Российская Федерация)

ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ЭНЕРГООБМЕНА У ЖИТЕЛЕЙ ЮЖНОЙ ИНДИИ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ОБУЧЕНИЯ В СЕВЕРНОМ ВУЗЕ

В работе представлены характеристики церебральных энергетических процессов головного мозга у студентов из Южной Индии приехавших для обучения и первые месяцы проживающих на территории Арктической зоны РФ. Проведен сравнительный анализ распределения церебральных энергозатрат по коре головного мозга как с нормативными значениями, характерными для жителей Средней полосы РФ, так и со значениями постоянно проживающих жителей высоких широт. Определены особенности распределения уровня постоянного потенциала у жителей Индии на начальном этапе обучения в северном ВУЗе в состоянии относительного покоя, при краткосрочном локальном холодовом воздействии и в последующий восстановительный период. Выявлены статистически значимые отличия в значениях и в перераспределении уровня постоянного потенциала у юношей и девушек из Южной Индии, что свидетельствует о различиях в механизмах адаптационных перестроек церебрального энергообмена на этапе срочной адаптации. Построены факторные структуры энергообеспечения коры головного мозга, указывающие на активацию фронтальной зоны коры головного мозга на начальном этапе формирования адаптационных перестроек.

Anikina Natalya Yuryevna (Russian Federation)

CHARACTERISTIC OF CEREBRAL ENERGY EXCHANGE IN RESIDENTS OF SOUTH INDIA AT THE STARTING OF STUDY IN NORTH UNIVERSITY

This is a study of the characteristics of cerebral energy processes in the brain of students from South India who came to study and who lived in the Arctic zone of the Russian Federation for the first months. A comparative analysis of the distribution of cerebral energy expenditures along the cerebral cortex is carried out both with normative values typical for residents of the Central Russia and with the values of permanent residents of high latitudes. The features of the distribution of the level of constant potential among residents of India at the starting of study in a northern university in a state of relative rest, with short-term local cold exposure and in the subsequent recovery period were determined. Statistically significant differences were found in the values and in the redistribution of the level of constant potential among boys and girls from South India, which indicates the differences in the mechanisms of adaptive rearrangements of cerebral energy exchange at the stage of urgent adaptation. Factor structures of energy supply to the cerebral cortex are constructed, which indicate activation of the frontal zone of the cerebral cortex at the starting stage of the formation of adaptive rearrangements.