

На правах рукописи

ЖАРИКОВА

Александра Вячеславовна

**НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ
ПОЗЫ У ЗДОРОВЫХ ИСПЫТУЕМЫХ И ЕЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ
ПАЦИЕНТОВ С ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМОЙ**

03.03.01 – физиология

14.01.11 – нервные болезни

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва

2012

Работа выполнена в Лаборатории общей и клинической нейрофизиологии (зав. Лабораторией – д.б.н. Елена Васильевна Шарова) Учреждения российской академии наук института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН (директор – д.б.н., профессор Павел Милославович Балабан) на базе Учреждения российской академии медицинских наук научно-исследовательского института нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко РАМН (директор – академик Александр Николаевич Коновалов)

Научные руководители:

доктор биологических наук
кандидат медицинских наук

Людмила Алексеевна Жаворонкова
Ольга Арсеньевна Максакова

Официальные оппоненты:

Доктор медицинских наук
Кандидат биологических наук

Валерия Борисовна Стрелец
Дмитрий Анатольевич Напалков

Ведущая организация:

Учреждение российской академии наук Государственный научный центр Российской Федерации институт медико-биологических проблем РАН

Защита состоится «25» января 2012 года в __14__ часов на заседании специализированного Ученого совета (Д-002.044.01) при Учреждении российской академии наук институте высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН (117485, г. Москва, ул. Бутлерова 5А).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Учреждения российской академии наук института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН

Автореферат разослан « » _____ 2011 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
Доктор биологических наук, профессор

В.В. Раевский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Произвольный контроль вертикальной позы, осуществляемый человеком на протяжении всей жизни, является важной физиологической функцией организма. Удержание вертикального положения тела человеком обеспечивает качественно отличное от других позвоночных функционирование как сенсорных систем, так и двигательной системы организма. Прямостояние (прямохождение), присущее человеку, накладывает ряд ограничений на возможности удержания тела в пространстве и поэтому требует тонкой регуляции.

Понимание механизмов осуществления контроля вертикальной позы долгое время строилось на основе изучения биомеханики взаимодействия векторов гравитации, веса тела и конечностей [Гурфинкель и др., 1965; Бернштейн, 1966; Левик, Гурфинкель, 1991; Гаже, 2008; Скворцов, 2000, 2007]. Специально разработанный для этих целей метод стабилотграфии зарекомендовал себя как информативный чувствительный инструмент оценки оптимальности контроля вертикальной позы. С помощью стабилотграфических данных стали возможными моделирование биомеханики контроля вертикальной позы (модель перевернутого маятника является общепризнанной на текущий момент) [Гаже, 2008], выявление требований к устойчивости в вертикальном положении [Aleksandrov et al, 2005], в том числе и с учетом проблемы избыточности степеней свободы [Бернштейн, 1966], а также количественная характеристика поддержания вертикальной позы у здоровых людей и пациентов с различными формами патологии [Скворцов, 2000; Lehmann, 1990; Евтушенко, 2004; Ивонина, 2007; Кононова, 2004; Напалков и др., 2008; Радзиковская, 2003; Бердичевская 2008; Устинова, Черникова, Иоффе, 2006].

Стабилотграфический подход наряду с другими методами и моделями (электромиография во время стояния, влияние афферентной стимуляции стоп на качество контроля вертикальной позы, контроль вертикальной позы у спортсменов) позволили сформировать представление о поддержании вертикальной позы, как одной из двигательных функций. Контроль вертикальной позы определяется совокупностью корректирующей активности мышц туловища и нижних конечностей, а также мультиафферентным синтезом с преобладанием проприоцептивной и тактильной информации в каждый момент времени [Григорьев, Козловская, Шенкман, 2004; Батышева и др., 2005; Fransson, 2007; Kohn, 2005; Бердичевская, 2010; Боброва, 2010]. Таким образом, вопросы биомеханической регуляции позы [Скворцов, 2000, Бирюкова и др., 2010], характера эффекторных воздействий [Aleksandrov et al., 2005] и необходимой сенсорной информации [Григорьев, Козловская, Шенкман, 2004; Боброва, 2010; Левик, 2010] в ходе поддержания вертикальной позы

достаточно подробно изучены.

Вместе с тем, проблема генерации регуляторного воздействия требует более пристального изучения. Концепция многоуровневого построения произвольных движений [Бернштейн, 1966] раскрывает иерархичность взаимодействий между мозговыми центрами в ходе регуляции двигательной активности, что справедливо и для функции контроля вертикальной позы [Berrigan et al., 2006; Donker et al., 2007]. Однако остается открытым вопрос относительно динамики взаимодействия между структурами мозга в вертикальном положении.

Для изучения этого аспекта позного контроля может быть использован метод ЭЭГ, который оказался достаточно информативным в многочисленных исследованиях двигательной, когнитивной и эмоциональной деятельности человека в норме и при патологии головного мозга. Применительно к двигательным задачам наиболее полезным представляется математический анализ когерентности ЭЭГ, отражающей меру функциональной связанности между областями коры головного мозга [Гриндель, 1980; Русинов, 1987; Болдырева и др., 1992; Petsche, Rappelsberger, 1992; Zschocke S., 1993; Свидерская, 1997; Болдырева, 2000; Болдырева, Жаворонкова, Шарова, 2003; Стрелец и др., 2004; Жаворонкова 2009; Шарова 2009; Сао 2010 др.]. Полученные к настоящему моменту факты, в целом касающиеся данной проблемы, в первую очередь проясняют участие мозговых структур в корректировке положения тела при дестабилизации или при подготовке целенаправленного движения [Slobounov, 2008; Staines, 2001; Caudron, 2008; Mihara, 2008]. В то же время остается неясным и актуальным вопрос о нейрофизиологических механизмах, обеспечивающих формирование произвольного позного контроля в покое при удержании вертикали, поскольку стояние является базисом для выполнения всех произвольных двигательных функций.

Применение телеметрической ЭЭГ позволило анализировать особенности функционирования и характер взаимодействия мозговых структур при различных положениях тела, таким образом, позволяя подойти к указанной проблеме.

Не будет преувеличением сказать, что вертикальная поза накладывает отпечаток на работу всех органов и систем организма. Нарушение поддержания вертикальной позы ведет не только к катастрофическим для индивида двигательным ограничениям, но и к ухудшению работы других систем организма (сердечно-сосудистой, пищеварительной, мочевыделительной). Не вызывает сомнений, что полная или частичная утрата этой функции требует специальных мероприятий для направленного восстановления.

Среди нозологических факторов, приводящих к нарушению контроля позы, одним из наиболее распространенных является тяжелая черепно-мозговая травма (ЧМТ), жертвами которой становятся преимущественно здоровые люди трудоспособного возраста [Лихтерман,

1999]. Тяжелая ЧМТ ведет ко множественному поражению головного мозга, особенно проводящих путей, и сопровождается диффузным поражением белого вещества и дезинтеграцией структур мозга [Захарова, Потапов, 2010; Bigler, 2011, и др.]. Именно поэтому в результате травматического поражения мозга наблюдается множественное нарушение функций организма, в том числе и позного контроля [Bigler, Wilde, 2010; Vos, Bigler, 2011; McAllister et al., 2001]. В отличие от других видов нейрохирургической патологии при травмах головного мозга нарушение позного контроля становится одним из главных инвалидизирующих факторов [Найдин с соавт., Руководство по ЧМТ, т.3, 2002]. Реабилитация после тяжелой ЧМТ, непременно включает уже на раннем этапе обучение контролю вертикальной позы и по-прежнему остается весьма актуальной задачей для клиники [Marshall, 2000].

Эффективность разнообразных видов направленного моторного обучения неоднократно доказана в реабилитации нарушенных функций у пациентов с ЧМТ [Белова, 2000; van Dijk et al., 2005]. Исследования последнего десятилетия выявили механизмы его воздействия на перестройку вещества мозга в ходе реабилитации [Июффе, 2003; Filippi et al., 2010; Ma et al., 2010]. Однако понимание нейрофизиологических механизмов восстановления контроля вертикальной позы у пациентов остается недостаточным [Черникова и др., 2006]. В то же время без этого понимания невозможен дальнейший поиск и создание новых реабилитационных методов, ускоряющих восстановление вертикальной позы и улучшающих качество жизни пациентов с нарушенным позным контролем.

Цель исследования

Целью настоящего исследования явилось изучение нейрофизиологических механизмов формирования произвольного контроля вертикальной позы у здорового человека и его восстановления при реабилитации больных с черепно-мозговой травмой.

Задачи исследования

1. Выявить особенностей реорганизации ЭЭГ при вертикализации здорового человека (лежа-сидя-стоя).
2. Изучить особенности реорганизации ЭЭГ при спонтанном восстановлении вертикальной позы у пациентов с ЧМТ.
3. Исследовать особенности восстановления больных с преимущественным нарушением моторных функций при реабилитации с включением стабилотренинга.
4. Изучить особенности восстановления больных с преимущественным нарушением высших психических функций (посттравматический Корсаковский синдром- КС) при реабилитации с включением стабилотренинга.
5. Оценить особенности выполнения двойных задач, включающих произвольный

позный контроль и когнитивную деятельность, здоровыми испытуемыми и больными с последствиями ЧМТ.

Научная новизна исследования

Впервые выявлен характер перестроек ЭЭГ у здоровых испытуемых при формировании вертикальной позы (при переходе из горизонтального в вертикальное положение), получены ЭЭГ-данные, подтверждающие ведущую роль правого полушария и его теменных отделов в осуществлении позного контроля. Проведен анализ перестроек ЭЭГ у пациентов при спонтанном восстановлении вертикальной позы: показано диффузное нарастание когерентности ЭЭГ для всех диапазонов ритмов при благоприятной динамике, которое отражает включение большего числа структур мозга при поддержании вертикальной позы, чем у здоровых людей; отмечено отсутствие перестроек ЭЭГ при неблагоприятном течении восстановительного процесса, что может отражать недостаточность компенсаторных возможностей у пациентов с грубыми формами поражения мозга.

Получены комплексные клинические, стабิโลграфические и ЭЭГ данные, свидетельствующие о регрессе не только двигательного дефицита, но и высших психических функций (при посттравматическом КС), если в реабилитационную программу пациентов включен стабилотренинг со зрительной обратной связью. Выявлены специфические изменения ЭЭГ в виде максимального увеличения межполушарных когерентностей после курса стабилотренинга, что свидетельствует о его интегративном воздействии на деятельность мозга пациентов.

Впервые проведен комплексный анализ стабิโลграфических и ЭЭГ данных при выполнении здоровыми испытуемыми двойных задач, включающих моторный и когнитивный компоненты, выявлены специфические изменения ЭЭГ в ходе их выполнения. Выявлен вариант двойной задачи, выполнение которого здоровыми испытуемыми сопровождалось наиболее успешным выполнением каждого из компонентов и максимальной выраженностью ЭЭГ перестроек, характерных для каждого из них. В отдаленном периоде реабилитации после ЧМТ у пациентов, восстановивших способность к произвольному контролю вертикальной позы и простой когнитивной деятельности, в ходе выполнения ими двойных задач впервые получены стабิโลграфические и ЭЭГ данные, позволяющие оценить степень функциональной адаптации пациентов.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты настоящей работы показали, что у здоровых испытуемых формирование вертикальной позы (из положения лежа и сидя) осуществляется при ведущей роли теменно-затылочных отделов правого полушария для большинства диапазонов ритмов ЭЭГ, а в условиях информационных нагрузок - сопровождается дополнительным включением

быстрых ритмов симметричных лобных отделов.

Описана динамика перестроек ЭЭГ при спонтанном восстановлении контроля вертикальной позы у пациентов после ЧМТ. Выявлены нейрофизиологические механизмы выполнения задач, включающих произвольный позный контроль, а также показаны механизмы перестройки работы мозга пациентов с ЧМТ в ходе стабилотренинга со зрительной обратной связью. Показано интегрирующее воздействие стабилотренинга со зрительной обратной связью на посттравматических больных в процессе реабилитации.

Выявлен вариант сочетания моторной и когнитивной задачи, способный стать инструментом профотбора лиц для сложной операторской деятельности, а также диагностическим приемом в оценке степени восстановления деятельности мозга после травматического повреждения.

Внедрение в практику

Метод стабилотренинга со зрительной обратной связью используется в Институте нейрохирургии, как составная часть реабилитационных программ, для восстановления нарушенных двигательных и высших психических функций. Апробирована телеметрическая регистрация и комплекс параметров ЭЭГ для оценки прогноза восстановления вертикальной позы у пациентов с ЧМТ.

Основные положения, выносимые на защиту

1. У здоровых людей переход в вертикальное положение сопровождается наиболее выраженными перестройками когерентности ЭЭГ во всех диапазонах физиологических ритмов правого полушария, особенно его теменных отделов, что является нейрофизиологическим обоснованием их ведущей роли в организации вертикальной позы человека. При усложнении условий поддержания равновесия в норме выявлено нарастание когерентности ЭЭГ в симметричных лобных областях, что может быть обусловлено более выраженное участие когнитивной составляющей в организации позного контроля, в том числе и при поддержании позы одновременно с когнитивной деятельностью (двойные задачи).

2. При положительной динамике состояния у пациентов с травматическим поражением мозга независимо от латерализации преимущественного поражения спонтанное восстановление позного контроля сопровождается диффузным нарастанием когерентности ЭЭГ, которое значительно превышает нормативные значения и особенно выражено для быстрых ритмических составляющих. В случаях неблагоприятного течения посттравматической болезни при пассивной вертикализации пациентов не наблюдается реактивных перестроек ЭЭГ.

3. Стабилотренинг, включающий произвольный контроль, восстанавливает как

двигательные, так и высшие психические функции, и сопровождается увеличением внутри- и особенно межполушарных когерентностей, в большей степени в зоне проекции двигательного анализатора. Это явление может отражать интегрирующую роль позного контроля в восстановлении деятельности мозга пациентов с ЧМТ.

Апробация работы

Основные материалы диссертации докладывались на конференциях: на ежегодной конференции молодых ученых (ИВНДиНФ РАН) – 2009; конференция по нейрореабилитации - INS Mid-Year Meeting. Хельсинки, 2009; Международная конференция “Новые информационные технологии в медицине, биологии фармакологии и экологии” Украина, Гурзуф; Всероссийском форуме «Развитие санаторно-курортной помощи, восстановительного лечения и медицинской реабилитации», Москва 2010; The 6th World Congress of Neurorehabilitation, Вена 2010; 4th Pacific Rim Conference, Окланд, 2011 и др.

Апробация работы состоялась 26.09.2011 г. на совместном заседании лаборатории общей и клинической нейрофизиологии, лаборатории временных связей и лаборатории психофизиологии Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН.

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 22 печатных работы, из них 6 статей в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы и приложения. Текст изложен на 151 странице, содержит 9 таблиц и 65 рисунков. Приложение на 18 страницах включает 17 таблиц. Список литературы включает 209 источников, из них 55 отечественных и 154 зарубежных.

Благодарности

Автор выражает благодарность своим руководителям Л.А. Жаворонковой и О.А. Максаковой за помощь в организации проведения исследований и в работе над диссертацией.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

В исследование включены 79 здоровых испытуемых (средний возраст $25,4 \pm 4,2$ лет) и 47 пациентов с тяжелой ЧМТ (средний возраст $26,8 \pm 4,7$ лет), находившиеся в коме от 4 до 30 суток, имевшие 4-14 баллов по ШКГ, включенные в исследование через 1-6 месяцев после ЧМТ.

Комплексная оценка состояния высших психических функций здоровых людей и пациентов, включающая нейропсихологическое, клиническое, стабилографическое и

электроэнцефалографическое (ЭЭГ) исследования, проводилась во всех экспериментальных ситуациях.

Здоровые испытуемые проходили нейропсихологическое исследование, включающее тесты Струпа, Векслера и Делис-Каплан. Клиническая оценка состояния пациентов на момент исследования проводилась с использованием классического неврологического осмотра, а также набора реабилитационных шкал – FIM, MPAI, MMSE, шкалы Берга.

Стабилографическое исследование осуществлялось с помощью аппаратно-программного комплекса «МБН-Биомехника», состоящего из стабилоплатформы, монитора, позволяющего испытуемым или пациентом осуществлять обратную зрительную связь и корректировать позу, а также вычислительного блока. Расчеты положения общего центра давления (ОЦД) проводились программным блоком «МБН-Биомехника». Для анализа использовались показатели амплитуды перемещения ОЦД во фронтальной плоскости, скорость перемещения ОЦД, успешность выполнения задания в %.

Для проведения традиционного ЭЭГ исследования использовался прибор фирмы Nihon Koden, Япония (18 каналов. При расположении электродов по международной схеме 10-20%). Монополярная запись ЭЭГ осуществлялась с частотой опроса 100 в секунду и состояла из фрагментов, записанных в состоянии покоя с открытыми и закрытыми глазами, длительностью около 60 секунд каждый. Спектры мощности и когерентности ЭЭГ вычисляли с шагом 0.4 Гц в полосе 0.5-50 Гц для основных диапазонов ритмов ЭЭГ (дельта-, тета-, альфа-, бета-). Телеметрическая ЭЭГ регистрировалась с использованием аппаратно-программного комплекса «Энцефалан» (ОКБ Ритм, Таганрог). Регистрация осуществлялась с частотой опроса 200 Гц. Записывались фрагменты длительностью 50-70 сек. Для анализа ЭЭГ использовался монтаж как с объединенным ушным электродом, так и отдельными ушными электродами. В этих условиях регистрации ЭЭГ спектры мощности и когерентности вычисляли для следующих диапазонов ритмов (дельта-, тета-, альфа1-, альфа2-, бета- и гамма-ритмов). Во всех случаях вычислялись и анализировались спектры мощности и когерентности для эпох длительностью 5с (всего бралось не менее 10 эпох) с последующим анализом реактивных перестроек ЭЭГ с использованием авторской программы, разработанной в НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко РАМ [Воронов с соавт., 2001].

В группе здоровых испытуемых и группе пациентов со спонтанным восстановлением произвольного контроля вертикальной позы проводилась оценка динамики когерентностей при переходе из положения лежа в положение сидя и затем в положение стоя с открытыми глазами. Та же динамика оценивалась при закрытых глазах.

У двух групп пациентов, проходивших курс стабилотренинга со зрительной обратной связью – с преимущественными двигательными нарушениями и преимущественным

нарушением высших психических функций (посттравматический Корсаковский синдром) – анализировались клинические, ЭЭГ и стабилметрические данные до и после курса реабилитации с включением стабилотренинга. Результаты сравнивались с данными, полученными в ходе стабيلграфического исследования у здоровых испытуемых.

У группы здоровых испытуемых и группы пациентов на отдаленном этапе восстановления анализировались особенности выполнения моторной и когнитивной задачи изолированно и в составе двойной задачи. Качество выполнения моторной задачи анализировалось по стабيلграфическим показателям, указанным выше. В когнитивной задаче оценивалось количество чисел, правильно обработанных испытуемым за 60 секунд – качество выполнения когнитивной задачи. Стабيلграфические показатели пациентов сравнивались с аналогичными показателями здоровых испытуемых.

Клинические и стабилграфические показатели сравнивались по критерию Манна-Уитни для независимых (пациенты и здоровые испытуемые) и критерию Уилкоксона для зависимых (сравнение внутри группы здоровых испытуемых, сравнение внутри группы пациентов) выборок в программе Statistica 6.0.

Критерием статистически значимых различий между двумя группами служило значение $p \leq 0,05$. При сравнении трех групп между собой делалась поправка со снижением показателя p для статистически значимых различий до 0,017.

Результаты

I Особенности динамики спектрально-когерентных характеристик ЭЭГ при формировании вертикальной позы у здоровых испытуемых и пациентов с последствиями тяжелой ЧМТ

У здоровых испытуемых (10 человек, средний возраст – $22,8 \pm 0,67$ лет), при анализе спектров мощности ЭЭГ с открытыми глазами при переходе в положение сидя (из положения лежа) выявлено увеличение мощности частых ритмов, преимущественно в лобных отведениях, что сочеталось со снижением мощности колебаний альфа-диапазонов. При переходе к вертикальной позе отмечалось дополнительное нарастание мощности в гамма-диапазоне, преимущественно в центральных и теменных отделах. При закрытых глазах, выявлены следующие изменения ЭЭГ: при переходе в положение сидя также наблюдалось нарастание мощности быстрых ритмов - бета- и гамма-диапазонов в теменных и затылочных отделах в сочетании с диффузным снижением мощности медленных составляющих ЭЭГ. Таким образом, характер перестроек мощности ЭЭГ при формировании вертикальной позы человека имеет черты сходства при открытых и закрытых глазах, он более отчетлив при закрытых глазах и характеризуется преимущественным нарастанием мощности частых ритмов, особенно гамма-диапазона.

Изменение параметров когерентности ЭЭГ при открытых глазах при переходе в

положение сидя сопровождалось ее нарастанием в затылочных отделах для дельта- и альфа-диапазонов в сочетании со снижением для тета- и альфа-диапазонов ритмов в центрально-лобных областях. При переходе в положение стоя наблюдалось дополнительное нарастание когерентности бета-диапазона в центральных областях в сочетании со снижением в дельта-, тета-, альфа1-диапазонах. Усложнение вертикальной позы - стояние на стабиллоплатформе сопровождалось дополнительным нарастанием когерентности дельта-, тета- и альфа-1 диапазонов в лобных и центральных областях. Обращает на себя внимание преимущественное увеличение когерентности в правом полушарии и особенно в теменно-затылочных отделах. При закрытых глазах переход в положение сидя сопровождалось диффузным снижением когерентности большинства диапазонов ритмов, за исключением дельта-диапазона в затылочно-теменных отведениях (Рис. 1). При переходе в положение стоя увеличение когерентности наблюдалось для большинства диапазонов ритмов, больше в правом полушарии, особенно его центральных и теменно-затылочных областях. Усложнение позного контроля сопровождалось дополнительным нарастанием когерентности в правых теменно-затылочных областях для большинства диапазонов, а также в лобно-центральных отделах для дельта- и тета-диапазонов.

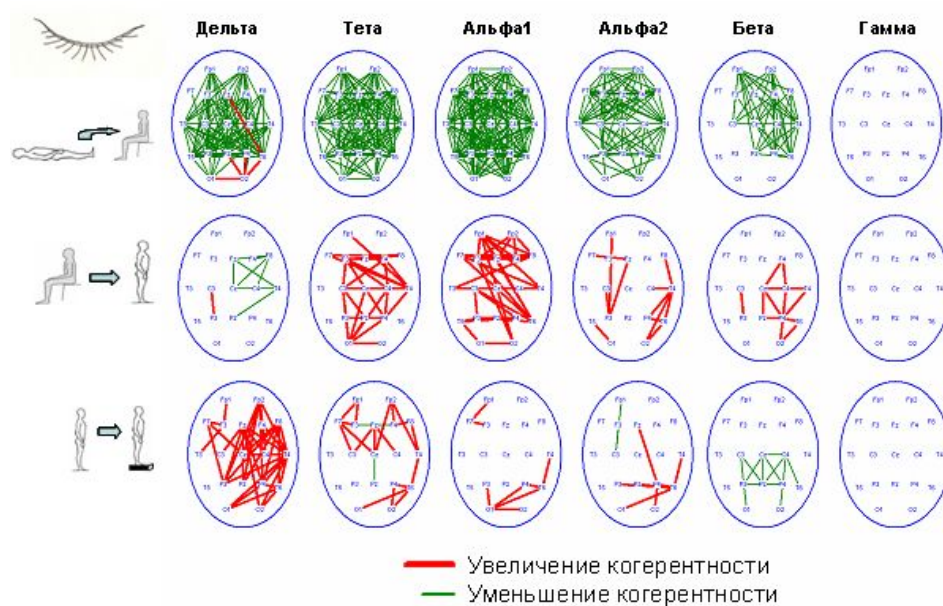


Рис. 1. Изменение когерентности ЭЭГ здоровых испытуемых (n=10) в положениях лежа, сидя, стоя и стоя на платформе при закрытых глазах. Значимость $p < 0,01$.

Таким образом, у здоровых людей при формировании вертикальной позы выявлена максимальная информативность параметров когерентности ЭЭГ в виде специфического ее увеличения для большинства диапазонов ритмов ЭЭГ, с большей выраженностью в правом полушарии, особенно в его центрально-лобных и теменно-затылочных областях, а также для

межполушарных связей, максимально - в центральных и теменных отведениях.

Для понимания механизмов восстановления вертикальной позы у пациентов с последствиями ЧМТ (9 пациентов, средний возраст $27,3 \pm 1,7$ лет) были проанализированы параметры ЭЭГ на разных этапах спонтанного восстановления вертикальной позы. ЭЭГ регистрировалась в различных положениях в зависимости от их возможностей, в том числе и сидя на кровати с поднятой спинкой. На следующих этапах восстановления, когда пациенты начинали самостоятельно сидеть, а потом и стоять – осуществляли процедуру регистрации ЭЭГ в положении лежа, сидя и стоя. У пациентов с положительной динамикой восстановления позного контроля спонтанная вертикализация сопровождалась диффузным нарастанием когерентности, особенно быстрых диапазонов ритмов ЭЭГ (Рис. 2).

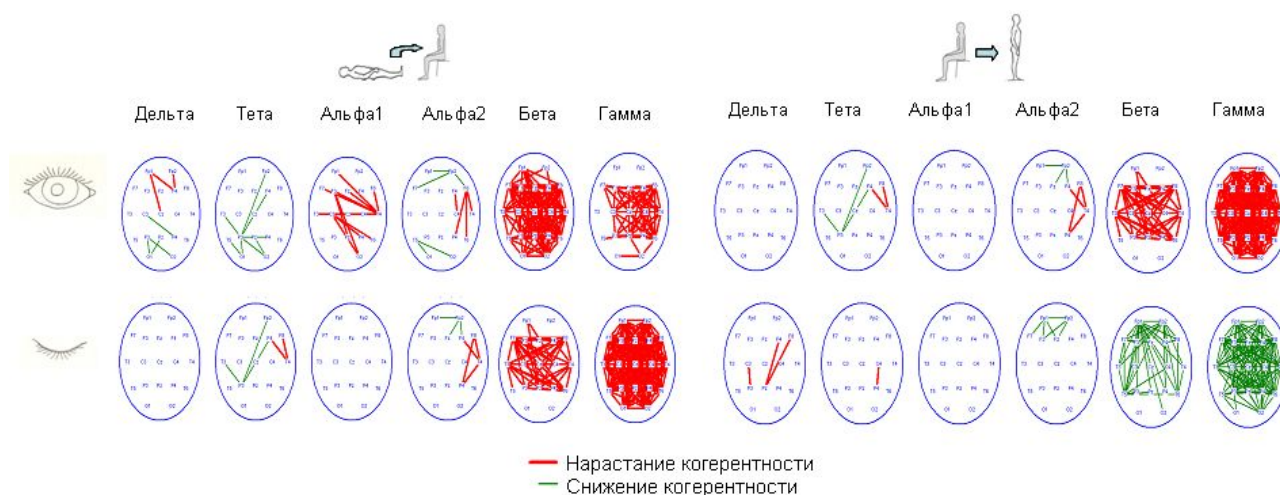


Рис. 2. Изменение когерентности ЭЭГ у пациента И. с положительной динамикой восстановления контроля вертикальной позы. Обозначения как на Рис. 1

У пациентов с отсутствием восстановления контроля вертикальной позы пассивная вертикализация не сопровождалась отчетливыми изменениями когерентности ЭЭГ (Рис. 3).

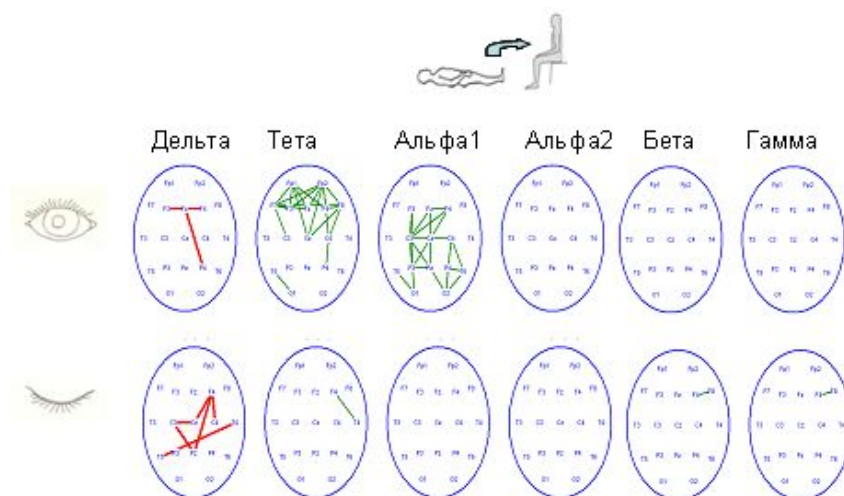


Рис. 3. Изменение когерентности ЭЭГ при пассивной вертикализации пациента В. Обозначения как на Рис. 1.

Таким образом, у больных с положительной динамикой функции позного контроля поддержание позы сопровождается диффузным нарастанием когерентностей по большинству диапазонов ритмов, что может отражать включение дополнительных резервов в осуществление данной функции и использоваться в качестве маркера благоприятного прогноза восстановления позного контроля. У пациентов с большей тяжестью травмы и медленной динамикой восстановления позного контроля при пассивном изменении положения тела отсутствуют реактивные перестройки ЭЭГ, что отражает отсутствие функциональных перестроек (возможностей) и неблагоприятный прогноз восстановления вертикальной позы.

II Особенности восстановительного процесса пациентов с ЧМТ при реабилитации, включающей стабилотренинг со зрительной обратной связью

В последние годы в качестве специального реабилитационного подхода, направленного на восстановление нарушенных функций, в частности вертикальной позы, широко используется стабилотренинг с обратной зрительной связью. Включение стабилотренинга в курс реабилитации оказалось эффективным и способствовало ускорению восстановительного процесса как пациентов с преимущественными двигательными нарушениями, так и пациентов с преимущественным нарушением высших психических функций – посттравматический Корсаковский синдром. После курса реабилитации, в состав которого входил стабилотренинг, наблюдался значимый регресс моторного дефицита и дефицита высших психических функций. Наряду с этим были выявлены специфические изменения ЭЭГ в каждой из групп.

Из 9 пациентов (средний возраст $28 \pm 6,9$ лет), поступивших в Институт нейрохирургии с диагнозом тЧМТ в бессознательном состоянии (4-10 баллов по шкале комы Глазго) и находившихся в коме от 4х до 40 суток, по данным МРТ у 2 человек поражения локализовались с двух сторон без выраженной латерализации, у 3 человек было выявлено преимущественное поражение правого полушария и у 4 человек – левого. У 3 пациентов диагностировалось ДАП. К началу курса реабилитации по данным клинического обследования в этой группе на первый план выступали двигательные нарушения (Рис. 4). По данным ЭЭГ отмечалось преимущественное снижение межполушарных когерентностей (по сравнению с нормой), выраженное для большинства диапазонов ритмов. После курса реабилитации с включением стабилотренинга (по сравнению с началом) по клиническим данным отмечалось снижение дефицита во всех сферах, особенно в двигательной. Данные ЭЭГ показали нарастание межполушарных когерентностей в лобно-центральных и теменно-затылочных отделах, также выраженное для большинства диапазонов ритмов (Рис. 4).

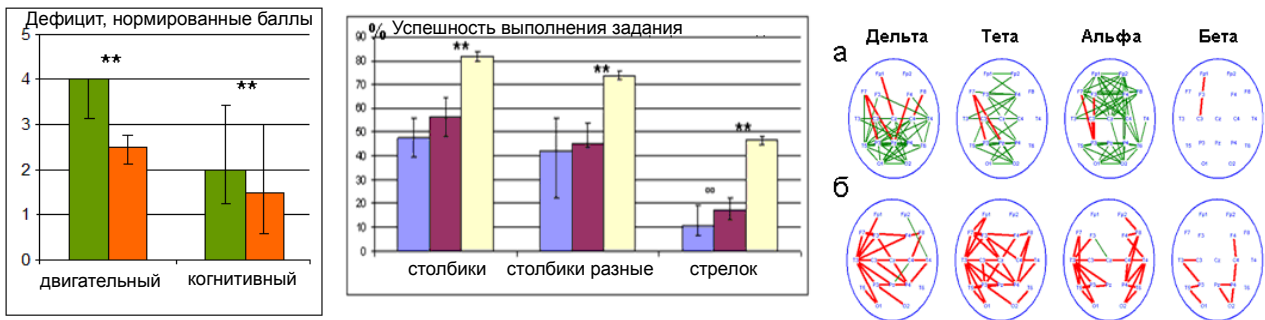


Рис.4. Клинические, стабилографические и ЭЭГ результаты, полученные у пациентов с преимущественно двигательными нарушениями.

■, ■ - пациенты до курса реабилитации; ■, ■ - пациенты после курса реабилитации со стабилотренингом; ■ - здоровые испытуемые. Указаны медиана, 25 и 75 перцентили, **, □□ - значимые отличия, $p < 0,05$. — - нарастание когерентности ЭЭГ, $p < 0,01$; — - снижение когерентности ЭЭГ, $p < 0,01$, а - динамика значений когерентности ЭЭГ у пациентов до курса реабилитации по сравнению с нормой; б - динамика значений когерентности у пациентов с ЧМТ после окончания по сравнению с его началом.

У пациентов с преимущественным дефицитом высших психических функций (13 человек, средний возраст $31,5 \pm 6,72$ лет) до курса реабилитации клиническое шкалирование выявило максимальный дефицит высших психических функций (посттравматический Корсаковский синдром). По данным ЭЭГ наблюдалось снижение когерентности между левой лобной и правой теменно-затылочной областями (так называемая «когнитивная ось» по Свидерской). После курса реабилитации со стабилотренингом отмечалась положительная динамика клинических показателей, что сопровождалось нарастанием как внутри-, так и межполушарных когерентностей (Рис. 5).

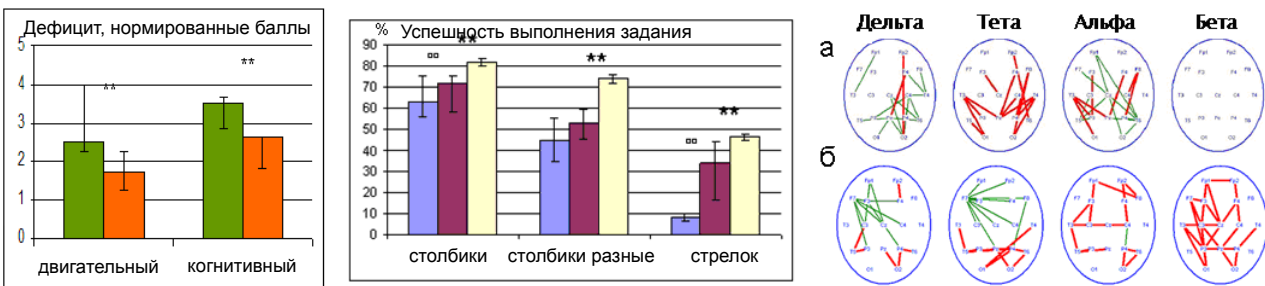


Рис.5 Клинические, стабилографические и ЭЭГ результаты, полученные у пациентов с преимущественными нарушениями высших психических функций (посттравматический Корсаковский синдром). Обозначения как на Рис.4.

Таким образом, стабилотренинг со зрительной обратной связью оказывает интегрирующее влияние на функционирование головного мозга, уменьшая двигательный дефицит и нарушения высших психических функций, повышая адаптацию пациента к своему окружению. Это происходит за счет улучшения внутри- и межполушарного взаимодействия, особенно в зоне проекции двигательного анализатора, и благодаря восстановлению иерархии взаимодействия функциональных центров при высшем контроле

коры головного мозга.

III. Особенности выполнения двойных задач, включающих произвольный позный контроль и счет здоровыми испытуемыми и пациентами с ЧМТ

В условиях усложненной информационной среды человека в современных условиях внимание исследователей в различных областях науки привлечено к исследованию особенностей взаимодействия различных афферентных потоков и их обработки мозгом. Для изучения механизмов работы мозга человека в этих условиях используются различные экспериментальные ситуации, к которым можно отнести так называемые двойные задачи (dual-tasks), сочетающих выполнение моторных и когнитивных задач. Для понимания механизмов выполнения двойных задач пациентами с церебральной патологией при осуществлении разных видов деятельности важно понять особенности и механизмы формирования этих процессов, в частности, у пациентов с последствиями ЧМТ. В исследовании приняли участие 40 здоровых испытуемых (средний возраст $29,8 \pm 2,47$ лет), из которых у 20 человек во время выполнения двойных задач осуществлялась регистрация телеметрической ЭЭГ. Среди четырех вариантов двойных задач, представлявших сочетание двух типов моторного и двух типов когнитивного компонента, был выявлен вариант M2C2, наиболее успешно выполнявшийся 30% здоровых испытуемых (Рис. 6). Сопоставление результатов выполнения обоих компонентов в данной двойной задаче с результатами нейропсихологического исследования показало, что улучшение успешности выполнения обоих компонентов данной задачи коррелирует с более высокой скоростью переключения внимания ($r=0,48$) и большим объемом памяти ($r=0,64$).

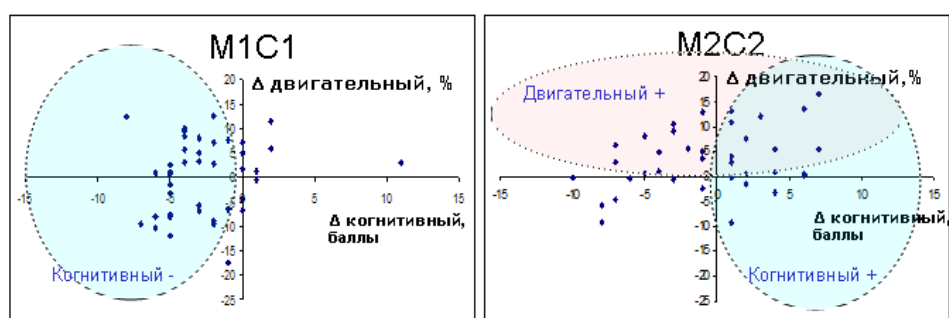


Рис. 6 Сопоставление качества выполнения моторного и когнитивного компонентов в задачах M1C1 и M2C2 здоровыми испытуемыми (n=40).

По оси абсцисс для каждого испытуемого указано изменение качества когнитивного компонента в двойной задаче по сравнению с изолированным выполнением в баллах, по оси ординат - изменение качества двигательного компонента в двойной задаче по сравнению с изолированным выполнением в процентах.

Анализ ЭЭГ выявил специфические маркеры выполнения моторного и когнитивного компонентов изолированно и в составе двойной задачи. Выполнение моторного компонента сопровождалось выраженным увеличением когерентности в правом полушарии: для длинных пар отведений, в альфа1- и альфа2-диапазонах, а также межполушарных в

теменных и затылочных областях для всех диапазонов ритмов. Ответом на когнитивный компонент являлось увеличение когерентности для медленных диапазонов, особенно дельта-диапазона во всех областях коры, а также в теменно-височных отделах левого полушария для тета- и альфа-диапазонов (Рис. 7). При выполнении двойной задачи M2+C2 характер регионарно-частотных особенностей реактивных перестроек когерентности ЭЭГ в целом сохранял обе составляющие двойной задачи, что наблюдалось в меньшей степени для других вариантов двойных задач (Рис. 7).

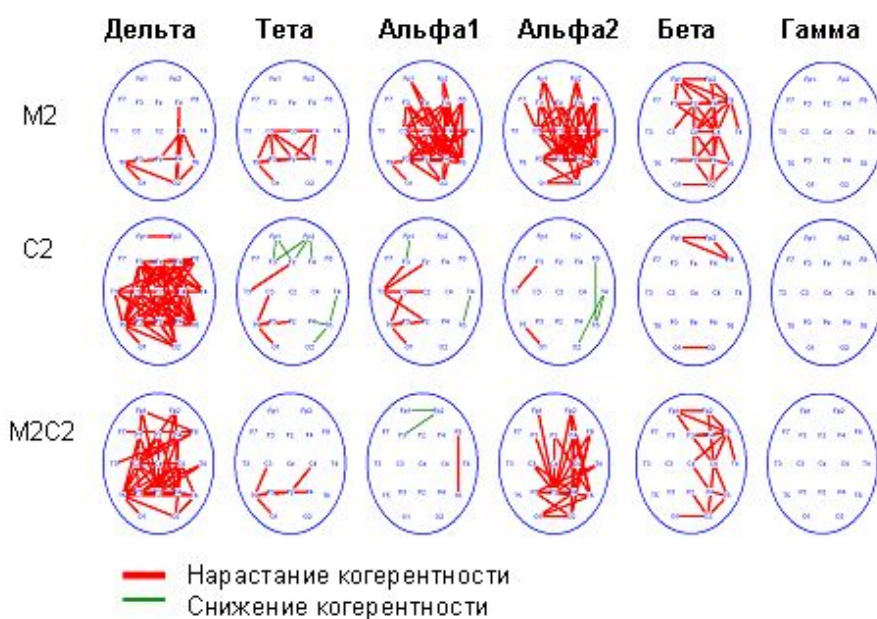


Рис 7. Динамика когерентности ЭЭГ при выполнении моторного, когнитивного компонентов и двойной задачи M2+C2 здоровыми испытуемыми (n=20), значимость $p < 0,01$.

У 16 пациентов (средний возраст $26,8 \pm 2,8$ лет) в отдаленном периоде после ЧМТ выполнение моторного и когнитивного компонентов двойных задач было хуже, чем у здоровых пациентов, несмотря на отсутствие двигательного дефицита, выявляемого при рутинном стабильнографическом исследовании (Рис. 8). Лучшее выполнение заданий демонстрировали пациенты с меньшей выраженностью дефицита (более высокий балл по шкале FIM и более низкий по шкале MPAI; коэффициенты корреляции 0,28 и -0,43 соответственно).

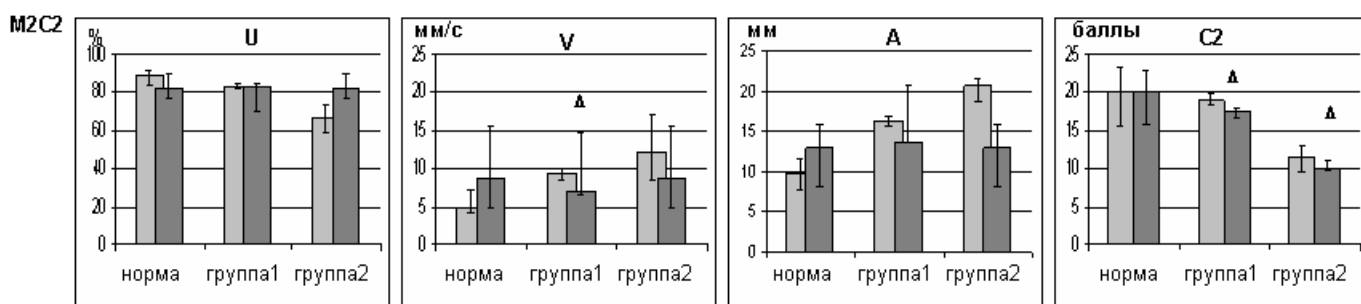


Рис. 8. Изменение показателей успешности (%), скорости перемещения ОЦД (V) и амплитуды перемещения ОЦД (A) для моторного компонента и качества выполнения

когнитивного компонента при выполнении задачи M2+C2 пациентами по сравнению со здоровыми испытуемыми.

Δ - значимые отличия в группе пациентов, $p < 0,05$. ■ - в изолированной задаче, ■ - в двойной задаче. Группа 1 – пациенты с менее выраженным дефицитом, группа 2 – пациенты с более выраженным дефицитом адаптации.

Анализ перестроек когерентности ЭЭГ у пациента с наилучшим восстановлением показал, что выполнение моторной задачи сопровождалось диффузным нарастанием когерентностей в высокочастотных бета- и гамма-диапазонах (Рис. 9).

Выполнение когнитивной задачи сопровождалось нарастанием когерентности как в высокочастотных диапазонах без четкой локализации, так и в медленном дельта-диапазоне в лобно-центральных отделах. Выполнение двойной задачи M2C2 сопровождалось диффузным нарастанием когерентности в бета-диапазоне, нарастанием когерентности в лобных и центральных отделах для медленного дельта-диапазона, и в лобных отделах для тета- и альфа-1 диапазонов.

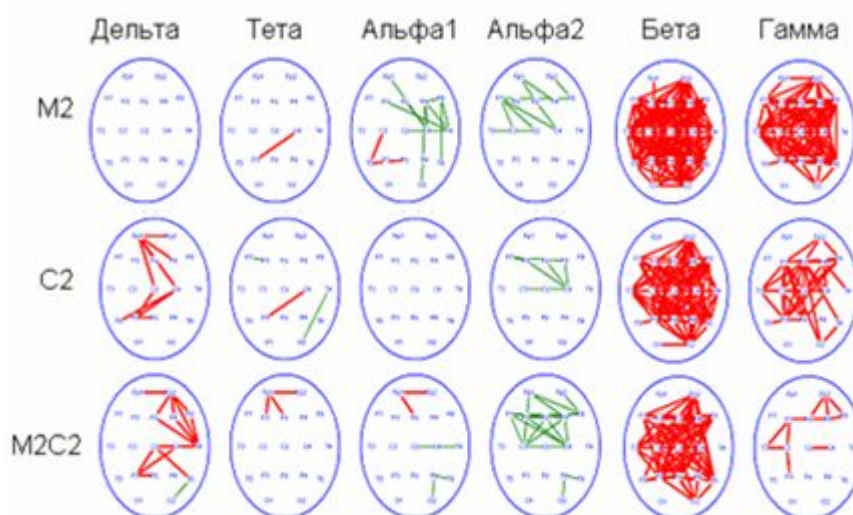


Рис. 9. Динамика когерентности ЭЭГ при выполнении моторного, когнитивного компонентов и двойной задачи M2+C2 пациенткой Ш. 17 лет, через 1 месяц после тяжелой ЧМТ, FIM 123 (макс=126), МРАИ 4 (отсутствие дефицита = 0, макс = 136), регрессирующий левосторонний гемипарез - мышечная сила 4-5 баллов, без нарушения высших психических функций. Обозначения – как на Рис. 7.

Таким образом, у здоровых испытуемых успешность выполнения обоих компонентов двойных задач определяется скоростью переключения внимания, а у пациентов с последствиями ЧМТ – степенью восстановления функционального дефицита, в большей степени когнитивного. В соответствии с данными ЭЭГ можно полагать, что успешность выполнения обоих компонентов двойных задач обеспечивается частотным и регионарным разносением увеличения когерентности как маркера включения различных отделов мозга в обеспечение моторного и когнитивного компонентов.

Обсуждение

У здоровых испытуемых анализ ЭЭГ при вертикализации выявил специфические перестройки в виде увеличения когерентности для внутрислоушарных пар отведений в правом полушарии, а также в симметричных парах отведений преимущественно в центральных и теменно-затылочных областях в тета-, альфа- и бета-диапазонах. При увеличении неустойчивости – во время стояния на стабиллоплатформе – значения когерентности нарастали еще больше, в том числе в лобно-центральных отделах. Полученные данные согласуются с представлением о важной роли правого полушария и его теменных отделов в организации вертикальной позы [Ouchi et al., 2001, Shulman et al., 2010; Malhotra et al., 2009; Nagura et al., 2009].

Показано, что у пациентов с ЧМТ степень спонтанного восстановления вертикальной позы зависит от тяжести исходного поражения мозга. В процессе восстановления вертикальной позы наблюдались изменения ЭЭГ как в виде чрезмерного (по сравнению с нормой) нарастания когерентности, так и в виде отсутствия реактивных перестроек. Оба этих сдвига отражали нарушение динамики взаимодействия структур, вовлеченных в осуществление контроля вертикальной позы, в то время как для нормального функционирования мозга необходим оптимальный уровень когерентности [Гриндель, 1980]. Сдвиг в сторону выраженного нарастания когерентности прогностически более благоприятен [Гриндель, 1980] и отражает включение большего числа структур в осуществление изучаемой функции, чем в норме [Slobounov, 2008].

Целенаправленная активность, в том числе и моторная, стимулирует процессы восстановления [Fox, 2009]. Поскольку задачи, ориентированные на произвольный позный контроль, как показано выше, обращены к правому полушарию – интегративному и гомеостатическому центру, тренинг произвольного контроля позы может служить эффективным реабилитационным подходом у пациентов с последствиями травматического поражения головного мозга, запускающим восстановление интегративной деятельности мозга. Его определяющая роль в реабилитации больных с инсультом была показана в ряде работ [Иоффе и др., 2000]

Запуск процессов интеграции представляется важнейшей задачей раннего этапа восстановления после ЧМТ, поскольку у больных с травматическим поражением мозга функциональная и анатомическая дезинтеграция является ведущим патофизиологическим процессом, что показано с использованием современных методов нейровизуализации – в частности, трактографии [Захарова и др., 2010; Bigler, Wilde 2010, Sidaros et al., 2008; Hurley et al., 2004] и согласуется с данными ЭЭГ исследований [Гриндель, 1988; Шарова 1999, 2003, 2011; Жаворонкова, 1999, 2003, 2011 и др.]. Клинически это проявляется в виде нарушения

большого числа функций, в том числе замедленности мышления, движений, нарушений памяти, личностных расстройств [Hurley et al., 2004, Bigler, Wilde, 2010; Vos, Bigler, 2011].

Стабилографическое исследование показало, что после тяжелой ЧМТ стояние становилось неустойчивым, с большими колебаниями ОЦД во фронтальной плоскости и высокой скоростью перемещения ОЦД. После курса реабилитации со стабилотренингом наряду с нормализацией стабилографических показателей росла успешность выполнения стабилографических заданий, регрессировал дефицит моторных и психических функций.

Улучшение клинических и стабилографических показателей позного контроля у пациентов с преимущественным нарушением двигательных функций сопровождалось максимальным увеличением когерентности ЭЭГ для межполушарных связей. Оно было наиболее выражено в центральных областях коры, представляющих двигательным функциям, а также в теменных областях, связанных с формированием позного контроля [Ramnani et al., 2001; Shulman et al., 2010].

У пациентов с преимущественным нарушением высших психических функций после курса стабилотренинга наблюдалось увеличение когерентности ЭЭГ в лобных отделах, больше левого полушария, а также длинных диагональных связей, максимально нарушенных до курса реабилитации. Этот феномен может отражать не только активацию фронтальных отделов, но и восстановление связей между передними и задними ассоциативными областями мозга, играющих важную роль в целостной психической деятельности [Свидерская, Королькова, 1997].

Совокупность полученных данных может свидетельствовать об усилении процессов межполушарной интеграции в результате реабилитации с использованием стабилотренинга с обратной зрительной связью по мере восстановления произвольного позного контроля, что согласуется с данными об интегрирующей роли моторного обучения [Иоффе, 1991; Critchley, 2009] и его положительном влиянии на формирование межнейронных коммуникаций после ЧМТ [Sidaros et al., 2008, Shiff, 2009]. Помимо описанных выше морфофункциональных особенностей организации произвольного позного контроля, выявленные ЭЭГ-маркеры могут объясняться более глобальной и важной его биологической ролью в осуществлении жизненно важных функций при формировании прямохождения человека.

Комплексное стабилографическое, ЭЭГ и нейропсихологическое исследование в рамках экспериментальной парадигмы с использованием двойных задач, проведенное у здоровых испытуемых, подтвердило участие когнитивных функций в осуществлении произвольного позного контроля, предполагаемое другими авторами [Donker et al., 2007; Mahboobin et al., 2007]. Анализ перестроек ЭЭГ в ходе выполнения двойных задач здоровыми испытуемыми

подтвердил, что успешное выполнение сопровождается регионарным и временным разнесением мозговой активности для каждого из компонентов двойных задач [Low et al., 2009]. Выявленный вариант двойной задачи M2+C2, наиболее успешно выполняемый одной третью здоровых испытуемых, демонстрировал максимальную выраженность этих процессов и сочетался с более высокой скоростью переключения внимания и большим объемом памяти, что согласуется с данными о необходимом участии большего резерва когнитивных функций в выполнении двойных задач [Montero-Odasso et al., 2009].

Комплексное клиническое, ЭЭГ и стабиллографическое исследование выполнения двойных задач пациентами с последствиями ЧМТ и достаточно восстановленной функцией произвольного позного контроля показало, что они хуже осуществляли и моторный, и когнитивный компоненты в составе двойной задачи, что согласуется с результатами других исследований [Montero-Odasso et al., 2009]. Для задачи M2+C2 выявлена принципиальная возможность улучшения выполнения обоих компонентов двойной задачи по сравнению с изолированным выполнением. Динамика когерентности ЭЭГ при выполнении данной задачи характеризовалась диффузным нарастанием когерентности ЭЭГ в частых диапазонах ритмов, что было показано ранее для пациентов с произвольным восстановлением позного контроля, и может отражать суб-оптимальное функционирование мозга и включение большего числа структур при выполнении данной задачи [Гриндель О.М., 1980, Slobounov, 2005]. Выявленная динамика когерентностей ЭЭГ в ходе выполнения задачи M2C2 может стать маркером оптимальности (здоровые люди) и степени восстановления (пациенты после ЧМТ) взаимоотношений между мозговыми центрами при информационных нагрузках. Этот тест может использоваться при профотборе здоровых лиц для сложных видов деятельности, а также в диагностике степени восстановления интегративной деятельности после ЧМТ. Обнаруженная возможность улучшения выполнения двойных задач людьми, перенесшими тяжелую ЧМТ, может стать базисом для проведения обучающих тренингов, направленных на запуск интеграционных церебральных процессов, что повышает качество функционирования в повседневной жизни, как это показано при других неврологических нозологиях [Doumas et al., 2009].

Выводы

1. У здоровых испытуемых при формировании вертикальной позы выявлено диффузное нарастание мощности для высокочастотных диапазонов ЭЭГ - альфа2-, бета- и гамма-, максимальное при неустойчивости в вертикальном положении, и увеличение внутриполушарных когерентностей, преимущественно в правом полушарии, а также в симметричных центральных и теменно-затылочных областях в тета-, альфа- и бета-

диапазонах. При увеличении неустойчивости дополнительно увеличивались значения когерентности в лобно-центральных отделах для медленных ритмов ЭЭГ.

2. У пациентов с ЧМТ особенности и сроки восстановления вертикальной позы зависели от тяжести исходного поражения мозга: у пациентов с быстрым восстановлением частично сохранялись ЭЭГ-маркеры, характерные для здоровых испытуемых, при медленном восстановлении (но положительной динамике) наблюдалось диффузное нарастание когерентности ЭЭГ по большинству диапазонов ритмов с признаками гиперсинхронизации. «Пассивная» вертикализация пациентов, не способных к самостоятельному поддержанию позы, не сопровождалась реактивными перестройками мощности и когерентности ЭЭГ.

3. Двигательное обучение с использованием стабилотренинга является реабилитационным подходом, приводящим к регрессу как двигательного дефицита, так и нарушения высших психических функций -посттравматического КС, оцененных с помощью клинических шкал, стабิโลграфического исследования и ЭЭГ-данных.

4. У пациентов с преимущественно двигательными нарушениями до курса стабилотренинга наблюдалось нарушение регионарной и частотной специфики мощности ЭЭГ и максимальное снижение межполушарных когерентностей в центральных и теменно-затылочных областях для большинства диапазонов ритмов. После курса стабилотренинга выявлено наиболее выраженное увеличение межполушарных когерентностей ЭЭГ преимущественно альфа-диапазона в центрально-теменно-затылочных отделах, а также в правом полушарии.

5. У пациентов с КС до курса стабилотренинга наблюдалось максимальное снижение когерентности альфа-диапазона длинных диагональных пар – между левой лобной и правой теменной областью. После курса стабилотренинга наблюдалось преимущественное нарастание межполушарных когерентностей тета- и альфа-диапазона в симметричных центральных и теменных областях с тенденцией к нормализации ее значений для длинных диагональных пар.

6. Выполнение двойных задач, включающих моторный и когнитивный компоненты, сопровождается специфическими изменениями когерентности ЭЭГ, в виде нарастания преимущественно в центрально-теменно-затылочных областях правого полушария для альфа- и бета-диапазонов – моторного компонента, и увеличения в центрально-теменных, и лобно-височных отделах левого полушария для дельта-, тета- и альфа1-ритмов – когнитивного компонента. Это сопровождалось снижением когерентности ЭЭГ альфа1-диапазона в лобных областях коры - в зоне «перекрытия интересов».

7. У пациентов на отдаленном этапе реабилитации, восстановивших способность к произвольному позному контролю и простой когнитивной деятельности, качество

выполнения изолированных и двойных задач, было ниже, чем у здоровых испытуемых. Выполнение каждого из компонентов сопровождалось диффузным нарастанием когерентности бета- и гамма-диапазонов при отсутствии регионарной специфики реактивных перестроек, характерных для здоровых испытуемых.

8. Был выявлен вариант двойной задачи (M2+C2), выполнение которого здоровыми испытуемыми сопровождалось наиболее успешным выполнением каждого из компонентов (по сравнению с остальными вариантами), чему по данным ЭЭГ соответствовала максимальная выраженность регионарно-частотных перестроек когерентности каждого из компонентов и отсутствие формирования зоны «перекрытия интересов». Данный вариант двойной задачи выполнялся более успешно и пациентами с наиболее восстановленными моторными и высшими психическими функциями. Это сопровождалось тенденцией к появлению регионарно-частотных реактивных перестроек ЭЭГ, характерных для каждого из компонентов, которая может быть ЭЭГ-маркером благоприятного прогноза восстановления интегративной деятельности мозга после травматического повреждения.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Жаворонкова Л.А., Максакова О.А., Жарикова А.В., Флеров И.С. (2008). Особенности нарушения межполушарной асимметрии ЭЭГ при посттравматическом Корсаковском синдроме и реабилитационные подходы для их коррекции// Материалы конференции “Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии и нейропластичности” Москва. С. 295-299.
2. Жаворонкова Л.А., Максакова О.А., Флеров И.С., Щекутьев Г.А., Жарикова А.В. (2008). Восстановление моторных и когнитивных функций у больных с черепно-мозговой травмой при включении стабилотренинга в курс реабилитации. Материалы конференции «Traumatic brain injury», Москва. С. 141.
3. Zhavoronkova L., Maksakova O., Flerov I., Zharikova A. (2008). Rehabilitation effect of stabilotraining in patients with traumatic brain injury. //Neurorehabilitation & neural repair. P. 566-567.
4. Zhavoronkova L., Maksakova O., Flerov I. (2008) The influence of stabilotraining on restoration of postural control and cognitions in brain injury patients. Abstarts of 2nd Congress “Gait and Posture”. Amsterdam. P.152.
5. Zhavoronkova L.A., Maksakova O.A., Flerov I.S., Schekutiev G.A., Zharikova A.V. (2008). Restoration of motor and cognitive functions of patients with craniocerebral trauma after rehabilitation with stabilotraining. //Mental recovery after traumatic brain injury: a multidisciplinary approach. Moscow. P. 141
6. Жаворонкова Л.А., Максакова О.А., Флеров И.С., Щекутьев, Г.А., Жарикова А.В. (2009) Особенности восстановления когнитивных и моторных функций у больных с последствиями тяжелой черепно-мозговой травмы при реабилитации с использованием стабилотренинга. Труды Международной конференции “Новые информационные технологии в медицине, биологии фармакологии и экологии”//Украина, Гурзуф.С.324-325.
7. Жаворонкова Л.А., Максакова О.А., Жарикова А.В., Флеров И.С., Щекутьев Г.А. Найдин В.Л. (2009) ЭЭГ-маркеры эффекта стабилотренинга при реабилитации больных с посттравматическим Корсаковским синдромом. Физиология человека. Т.35.№ 2. С.16-26.

8. Жаворонкова Л.А., Жарикова А.В., Максакова О.А., Флеров И.С., Щекутьев Г.А. (2009). ЭЭГ-маркеры восстановления нарушенных функций при включении стабилотренинга в реабилитацию больных с черепно-мозговой травмой. //Вестник новых медицинских технологий. Т. 16. №1. с. 293-295.
9. Zhavoronkova L.A., Zharikova A.V., Flerov I.S., Maksakova O.A. (2009). Effect of stabilo-training with biofeedback at rehabilitation of patients with posttraumatic Korsakoff syndrome. //Abstact of INS Mid-Year Meeting. Helsinki. P.135
10. Жаворонкова Л.А., Максакова О.А., Жарикова А.В., Флеров И.М., Щекутьев Г.А., Найдин В.Л. (2010). Эффект включения стабилотренинга в реабилитацию больных с посттравматическим Корсаковским синдромом. //Журн. неврологии и психиатрии. Т.110. №1. С. 42-48.
11. Жаворонкова Л.А., Жарикова А.В., Максакова О.А., Щекутьев Г.А. (2010) Интегрирующая роль восстановления произвольного позного контроля больных с черепно-мозговой травмой при реабилитации с использованием стабилотренинга. //Труды международной конференции “Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии”. Крым, Гурзуф. С.144-146.
12. Жаворонкова Л.А., Жарикова А.В., Максакова О.А. (2010). Интегрирующая роль моторного обучения при включении стабилотренинга в реабилитацию больных с черепно-мозговой травмой. //Материалы III Всероссийской с международным участием конференции по управлению движением. Великие Луки. С.77-78.
13. Zhavoronkova L., Zharikova A., Maksakova O, Flerov I. (2010) Is voluntary postural control training the trigger factor for brain integration in traumatic brain injury patients? The 6th World Congress of Neurorehabilitation. Vienna. //Medimond. Eds HombergV.& Binder P. 63-67.
14. Zhavoronkova L., Zharikova A., Maksakova O, Flerov I.(2010). Is voluntary postural control training the trigger factor for brain integrative functioning in patients with severe traumatic drain injury? //Books of abstracts the 6th World congress for rehabilitation. Vienna, Austria. P. 114.
15. Zhavoronkova L., Zharikova A., Maksakova O. (2010). Postural control training is the trigger factor for brain integration in traumatic brain injury patients. ICRAN-2010. // Neurotrauma: basis and applied aspects. Book of abstracts. St. Peterburg. Russia. P.59-60.
16. Жаворонкова Л.А. Жарикова и др. (2011). Особенности выполнения двойных задач здоровыми испытуемыми. //Научные труды III съезда физиологов СНГ. Москва-Ялта. С. 89-90.
17. Жаворонкова Л.А., Жарикова А.В. и др. (2011). Особенности реактивных перестроек ЭЭГ при выполнении двойных задач здоровыми испытуемыми (произвольный позный контроль и счет). //Физиология человека. Т.37. №.6. С.1-14.
18. Жаворонкова Л.А., Жарикова А.В., Максакова О.А. (2011). Интегрирующая роль произвольного позного контроля при реабилитации больных с черепно-мозговой травмой. //Журн. высш. нервн. деят. Т.61. №1. С. 24-33.
19. Zhavoronkova L., Zharikova A., Maksakova O. (2011).Dual task performance in patients with traumatic brain injury. //Brain impairment. P. 34-35.
20. Zhavoronkova L., Zharikova A., Maksakova O. (2011).Effect of postural control training for mental and motor recovery in patients with traumatic brain injury. //Brain impairment. P.82.
21. Zhavoronkova L. Maksakova O., Zharikova A. et al. (2011). Effect of including stabilotraining in the rehabilitation of patients with post-traumatic Korsakov syndrome. //Neuroscience and behavioral physiology. V.41. № 4. p. 384-391.
22. Жаворонкова Л.А. Жарикова А.В., Кушнир Е.М., Михалкова А.А., Купцова С.Б. (2011) Особенности реактивных перестроек ЭЭГ при выполнении двойных задач здоровыми испытуемыми (произвольный позный контроль и счет). Физиология человека. Т. 37. № 6. С. 54-67.