

## ВЫВОДЫ

1. Высокая чувствительность всех исследуемых опросных тестов для диагностики снижения МПКТ менее -2,5, а также простота их вычисления позволяют дать предварительное заключение о возможности их применения в условиях первичного медицинского звена для решения вопроса о направлении пациента на денситометрию.

2. С целью повышения специфичности и прогностической ценности положительного результата на данном этапе необходима комбинация нескольких изучаемых тестов обязательным включением теста OSIRIS.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ben Sedrine W., Chevallier T., Zegels B. et al. Development and assessment of the Osteoporosis Index of Risk (OSIRIS) to facilitate selection of women for bone densitometry // *Gynecol. Endocr.* — 2002. — Vol. 16. — P. 245-250.

2. Cadarette S.M., Jaglal S.B., Kreiger N. et al.

Development and validation of the Osteoporosis Risk Assessment Instrument to facilitate selection of women for bone densitometry // *CMAJ.* — 2000. — Vol. 162. — P. 1289-1294.

3. Koh L.K., Ben Sedrine W., Torralba T.P., et al. Osteoporosis Self-Assessment Tool for Asians (OSTA) Research Group: A simple tool to identify Asian women at increased risk of osteoporosis // *Osteoporos. Int.* — 2001. — Vol. 12. — P. 699-705.

4. Lydick E., Cook K., Turpin J. et al. Development and validation of a simple questionnaire to facilitate identification of women likely to have low bone density // *Am. J. Manag. Care.* — 1998. — Vol. 4. — P. 37-48.

Поступила 06.03.08.

## THE TESTS FOR EARLY DIAGNOSIS OF OSTEOPOROSIS IN AMBULATORY-POLYCLINICAL SETTINGS

G.P. Kotelnikov, S.V. Bulgakov, I.L. Davydkin

### Summary

Studied was the possibility of applying the questionnaire computational tests in a polyclinic setting in order to determine the necessity of sending a patient to densitometry. If normal bone mineral density in patients was revealed according to the tests, there was no longer a need for costly X-ray absorptiometry.

УДК 617.754-07-08

## НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РЕАБИЛИТАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ЗРИТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНЫХ МОДУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Александра Николаевна Чибисова<sup>1</sup>, Валерий Павлович Берснев<sup>1</sup>,  
Антон Борисович Федоров<sup>1</sup>, Юлия Михайловна Чибисова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А.Л. Поленова (директор — проф. В.П. Берснев), <sup>2</sup>кафедра неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики (зав. — доц. М.В. Александров) Санкт-Петербургской медицинской академии им. И.И. Мечникова, e-mail: antfedorov@inbox.ru

### Реферат

Получены нейрофизиологические данные о характере спонтанной компенсации мозговой деятельности при односторонней зрительной деафферентации. С помощью кросскорреляционного анализа выявлено формирование новых межструктурных и межполушарных связей, что указывает на улучшение межцентральных взаимодействий и способствует восстановлению интегративной деятельности мозга.

Ключевые слова: центральные зрительные нарушения, электрическая стимуляция, соматосенсорная кора, стриарная кора, интегративная деятельность мозга, межполушарные взаимодействия.

Поражение мозга на уровне центрального нейрона зрительной системы неизменно ведёт к выраженным зрительным

расстройствам, трудно поддающимся восстановительному лечению. Установлено, что в 40% случаев гомонимные дефекты полей зрения обусловлены поражением зрительного анализатора в затылочной доле, в 30% — в теменной, в 25% — в височной и в 5% — на уровне латеральных колленчатых тел [13, 16, 18]. Спонтанное восстановление зрения обычно происходит в первые 10 дней после заболевания и наблюдается у 20-30% больных [19]. Только у 10% пациентов имеет место полное восстановление полей зрения, у 50% — только частичное улучшение. На протяжении последующих 10-12 недель возможно не-

значительное улучшение, которое существенно не меняет зрительные возможности больных [11, 17].

С целью адаптации пациентов к зрительному дефекту проводятся специальные тренировки для развития контрастной чувствительности, улучшения фокусировки, а также для развития пространственного восприятия на основе обратной связи [10, 14]. В этих случаях речь идёт о максимальном использовании остаточного зрения, а не о восстановлении зрительных дефектов. В ряде случаев применение этих методов позволяет добиться расширения полей зрения на 12–15° в сторону гемианопсии, что явно недостаточно для компенсации зрительных дефектов [14, 15].

Трудность достижения эффективных результатов лечения обусловлена тем, что проблема центральных зрительных расстройств, по всей видимости, требует объединения усилий специалистов смежных квалификаций — нейроофтальмологов, неврологов, нейрофизиологов. Уточнение нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих включение компенсаторных процессов, направленных на регуляцию нарушенных функций мозга, позволит оптимизировать лечебные подходы и улучшить исходы при тяжёлых зрительных дефектах.

Целью настоящего исследования являлось изучение нейрофизиологических механизмов восстановления центральных зрительных расстройств при использовании лечебных электрических воздействий, направленных на афферентные входы зрительной системы.

Было обследовано 89 человек (мужчин — 52, женщин — 37) с односторонним поражением центрального нейрона зрительного анализатора, находившихся на лечении в Институте мозга человека РАН с 1995 по 2005 г. Возраст больных варьировал от 16 до 58 лет (средний возраст —  $36,7 \pm 14,4$ ). Давность зрительных нарушений составляла в среднем  $2,7 \pm 1,7$  года. Преобладали пациенты с последствиями черепно-мозговой травмы (48 наблюдений). В 30 наблюдениях локальный характер поражения был обусловлен последствиями острого нарушения мозгового кровообращения, в 11 — с доброкачественным опухолевым процессом в затылочных, теменных и лобно-ви-

сочных долях головного мозга.

Клиническая картина обследованных характеризовалась наличием полной, частичной или квадрантной гемианопсии при остроте зрения от 0,3 до 0,8, что было обусловлено поражением пучка Грациоле и/или корковых отделов зрительного анализатора.

Лечение осуществлялось по разработанному нами методу импульсных модулирующих электрических воздействий [6], ориентированных на индивидуальные особенности биоритмики мозга пациента, что обеспечивало физиологически адекватные режимы электрических стимуляций. Использовался микропроцессорный многоканальный электростимулятор отечественного производства, позволяющий варьировать лечебные воздействия в соответствии с динамикой клинко-физиологических показателей пациентов. Биполярные прямоугольные электрические импульсы формировались в соответствующие пачки, циклы, серии и сеансы, которые через накожные периферические электроды направлялись на афферентные входы зрительной системы. Курс лечения включал 10–15 сеансов в зависимости от характера и степени нарушения зрительных функций. Для оценки динамики биоэлектрической активности мозга, до лечения, в процессе и после лечения проводилась запись ЭЭГ на компьютерном энцефалографе «Энцефалан -131» (г. Таганрог) по 19 отведениям с биполярной поперечной коммутацией электродов, расположенных на голове по схеме 10–20. Данные ЭЭГ использовались для оценки функционального состояния мозга пациентов, а также при расчете режимов стимуляции для синхронизации лечебных воздействий с собственными ритмами мозга в условиях повреждённой зрительной системы.

Вначале проводилась визуальная оценка ЭЭГ для выявления основных паттернов биоэлектрической активности мозга и определения характера их пространственного распределения. С учетом убедительных сведений [4, 7, 8, 9, 11] о связи альфа-ритма ЭЭГ со зрительными функциями в настоящей работе уделялось внимание динамике альфа-активности в процессе восполнения центральных зрительных нарушений.

Статистический анализ получен-

ных данных производился в программе Statistica 6.0. Осуществлялась фильтрация исходных сигналов ЭЭГ с выделением альфа-диапазона в пределах 8–11,75 Гц, проводилось спектрально-амплитудное картирование альфа-паттернов в фоновой записи, а также при предъявлении ритмической фотостимуляции. Для изучения особенностей межструктурного взаимодействия в центральной нервной системе определялись функции кросс-спектра, характеризующие степень синхронности частотных составляющих альфа-диапазона в различных участках мозга. При значении коэффициента кросскорреляции (КК) от 0,7 до 0,9 связь оценивалась как сильная (тесная), от 0,9 до 1,0 — как очень сильная (очень тесная).

До лечения электроэнцефалографическая картина обследованных была представлена полиморфной дизритмией, на фоне которой периодически возникали локальные синхронизированные паттерны альфа-активности в проекции средних и задних отделов мозга. В поражённом полушарии в проекции стриарной коры (затылочные отведения ЭЭГ), как правило, выявлялось подавление альфа-ритма, проявлявшееся в более или менее выраженном снижении устойчивости и амплитудных значений альфа-потенциалов. При низкой остроте зрения могло наблюдаться практически полное отсутствие альфа-активности. Наоборот — в корковой проекции функционально сохранного зрительного пути регистрировался регулярный, иногда гиперсинхронный альфа-ритм, распространявшийся в теменные отделы ипсилateralного полушария мозга. В проекции медио-базальных височных структур обоих полушарий мозга (височные отведения ЭЭГ) поочерёдно или одновременно возникали кратковременные синхронизированные группы альфа-потенциалов. Обращало на себя внимание наличие устойчивого высокoамплитудного паттерна альфа-активности в проекции соматосенсорной зоны (заднелобные отведения ЭЭГ). В отличие от альфа-паттерна в проекции стриарной коры, этот паттерн не проявлял функциональной реактивности при предъявлении ритмической фотостимуляции.

Типичный пример особенностей нейродинамики мозга у больного с пораже-

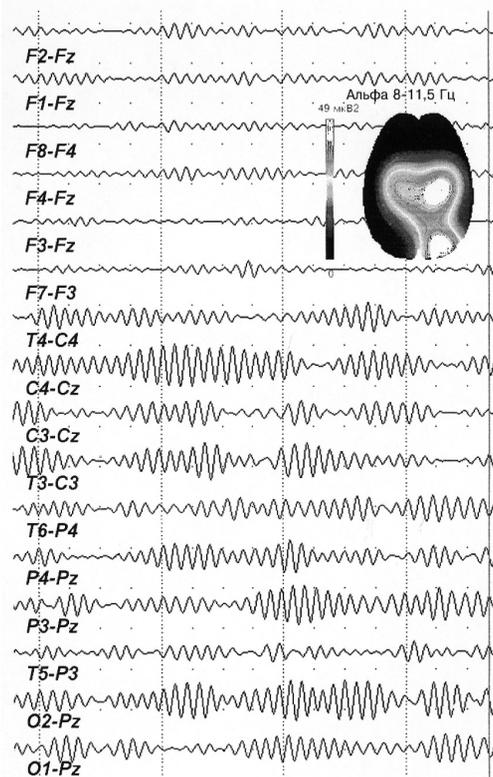


Рис. 1. ЭЭГ больной с правосторонней гемианопсией до лечения. Нарушения правильности пространственного распределения альфа-ритма.

Справа сверху — карта спектральной мощности альфа-ритма (в мкВ<sup>2</sup>), слева — шкала чувствительности. Объяснения в тексте.

нием центральных отделов зрительного анализатора показан на рис.1, где представлен отрезок ЭЭГ отфильтрованной альфа-активности с картой и шкалой спектральной мощности. Видны межполушарная асимметрия основного ритма и нарушения правильности его пространственного распределения. Наиболее выраженный по амплитуде и устойчивости фокус альфа-активности регистрировался в центральных областях коры в проекции соматосенсорной зоны. Карта спектральной мощности отражала двустороннее вовлечение в процессы альфа-синхронизации соматосенсорной зоны коры головного мозга с некоторым преобладанием на стороне неповреждённого полушария.

Наблюдаемые перестройки биоэлектрической активности у пациентов с поражением центрального нейрона зрительной системы характеризуют, по всей видимости, спонтанные саморегуляцион-

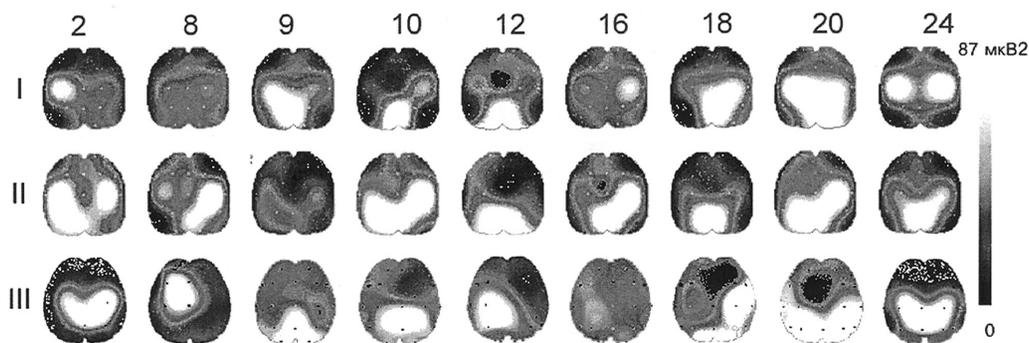


Рис. 2. Карты спектральной мощности альфа-ритма при ритмической фотостимуляции до (I), в процессе (II) и после (III) курса лечения. В процессе лечения происходит смещение фокуса альфа-активности в задние отделы мозга. Цифры сверху – частоты ритмической фотостимуляции. Объяснения в тексте.

ные процессы мозга, обусловленные зрительной деафферентацией.

В процессе лечения неизменно возникали сдвиги в характере распределения биоритмических показателей мозга. К 5–6-му сеансу появлялась тенденция к усилению выраженности альфа-активности в проекции задних отделов мозга и нивелированию межполушарных различий биоритмики в проекции стриарной коры повреждённого и интактного полушарий. В проекции соматосенсорной коры, по-прежнему, продолжал регистрироваться регулярный, но более низкоамплитудный альфа-ритм, не согласовавшийся по периоду с альфа-ритмом в задних отделах мозга. Особенностью этого этапа лечения было появление в ЭЭГ кратковременных билатерально-синхронных вспышек высокоамплитудных колебаний альфа- и тета-диапазонов, что свидетельствовало об умеренно выраженной активации гипоталамических структур мозга.

По окончании курса лечебных воздействий в задних отделах мозга наблюдалось значительное усиление явлений синхронизации альфа-активности, при этом межполушарная асимметрия ритмов могла практически исчезать. В проекции соматосенсорной коры амплитудные значения альфа-активности отчетливо снижались при уменьшении межполушарных различий потенциалов, т. е. на стороне поражённого полушария начинала регистрироваться схожая по форме и амплитуде биоритмика. Фокус максимальной выраженности альфа-ритма перемещался в задние отделы мозга. Билатерально-синхронные вспышки высокоамплитудных тета- и альфа-волн приобретали более устойчивый и продолжи-

тельный характер, что свидетельствовало об усилении активности гипоталамуса. Необходимо отметить, что сглаживание межполушарных различий потенциалов соответствовало, как правило, положительным сдвигам в состоянии зрительных функций, что являлось предпосылкой к последующему полному или частичному восстановлению зрительного дефицита.

Особенности динамики локальных паттернов альфа-активности проявлялись при предъявлении нарастающей по частоте ритмической фотостимуляции. Оказалось, что различная по частоте фотостимуляция, предъявляемая до лечения, в середине и после курса, вызывает миграцию альфа-паттернов по конвексальной поверхности мозга. Тенденция к нормализации пространственного распределения биоритмики возникает при предъявлении определённых частотных режимов фотостимуляции и в существенной мере зависит от этапа лечебного процесса.

На рис. 2 представлены карты амплитудно-частотного спектра альфа-ритма при предъявлении ритмической фотостимуляции до, в середине и после курса лечения. До лечения (рис. 2.I) локальные паттерны альфа-потенциалов возникали изолированно или одновременно в проекции височных, теменных, затылочных и заднелобных областей коры одного или обоих полушарий мозга. Наиболее обширная, но асимметричная по локализации зона синхронизированной альфа-активности отмечалась при фотостимуляции в диапазоне 20 Гц. Правильное пространственное распределение альфа-активности возникало при предъявлении фотостимуляции в диапазоне 12 Гц.

В середине лечения (рис. 2) при ритмической фотостимуляции почти на каждую из предъявляемых частот моно- или билатерально выявлялись паттерны альфа-потенциалов, характеризовавшееся максимальным вовлечением в процессы синхронизации средних и задних отделов мозга. Предъявление фотостимулов в диапазоне 16 Гц коррелировало с выраженным монологическим синхронизированным паттерном альфа-активности, включавшим затылочную, теменную и височную области мозга. Тенденция к правильному пространственному распределению основного ритма возникала при фотостимуляции в диапазоне 12 и 18 Гц.

После курса лечения (рис. 2.П) характер пространственного распределения альфа-ритма при предъявлении фотостимуляции периодически мог приблизиться к норме. Фотостимуляция в диапазоне 9 Гц вызывала симметричный паттерн синхронизированной альфа-активности в проекции задних отделов мозга, что соответствовало его пространственному распределению у здоровых лиц. При фотостимуляции в диапазоне 20, 24 Гц альфа-ритм регистрировался почти симметрично, включая затылочную, теменную и височную области, которые, как известно, участвуют в обеспечении зрительных функций. Ритмическая фотостимуляция позволяет уточнить скрытые резервы, способствующие нормализации межцентральных отношений в мозге при выполнении зрительного дефицита. Кросс-корреляционный анализ ЭЭГ в этом периоде выявляет формирование очень сильных связей (при КК от 0,9 до 1,0) на уровне теменных областей обоих полушарий мозга, а также между центральной и теменной областями функционально сохранного полушария. В поврежденном (значительно деафферентированном) полушарии мозга отмечалось формирование новых межструктурных сильных связей при уровне КК от 0,7 до 0,9.

Таким образом, компенсаторная реорганизация мозговой деятельности при выполнении центральных зрительных нарушений реализуется при восстановлении межструктурных и межполушарных взаимодействий, свидетельствующих об улучшении интегративной деятельности мозга.

Морфофункциональные нарушения

на уровне центрального нейрона зрительной системы сопровождаются перестройками общемозговой деятельности, что проявляется в неустойчивости межполушарной асимметрии и нарушениях пространственного распределения альфа-ритма. Обращает на себя внимание смещение фокуса максимальной альфа-активности из проекции стриарной в проекцию соматосенсорной зоны, которая, как известно, принимает участие в обеспечении тактильно-кинестического восприятия, используемого слепыми и слабовидящими пациентами в освоении азбуки Брайля. Давно установлено, что соматосенсорная система мозга по своей способности к интеграции информации различной модальности не уступает зрительной и слуховой системам мозга. Предполагают, что соматосенсорная система имеет сканирующий механизм, преобразующий пространственное распределение информации во временное и последовательное [15].

Наблюдаемые нами при поражении зрительной системы перемещающиеся локальные синхронизированные паттерны альфа-активности отражают, по всей видимости, внутренний сканирующий механизм, обеспечивающий считывание, соответствующее распределение и обработку зрительной информации в условиях патологии. При этом необходимо учитывать, что синхронизированные паттерны биоэлектрической активности характеризуют процессы взаимодействия в центральной нервной системе [1, 2, 5]. Улучшение деятельности зрительной системы, проявляющейся в полном или частичном восстановлении нарушенных функций, сопровождается изменениями межцентральных взаимоотношений в мозге. Фокус максимальной выраженности альфа-активности перемещается из центральных в задние отделы мозга — проекционные корковые зоны зрительного анализатора, что свидетельствует о реципрокном характере взаимодействия зрительной и соматосенсорной систем мозга. Не исключено, что при снижении активности зрительной системы общая активность мозга, необходимая для жизнеобеспечения пациентов, может поддерживаться за счет гиперактивности соматосенсорной системы.

Нейрофизиологическими коррелятами положительных сдвигов в состоянии

зрительных функций является возникновение симметричного паттерна альфа-активности в проекции задних отделов мозга и умеренно выраженной активации гипоталамических структур мозга. Кросскорреляционный анализ перестроек нейродинамики мозга свидетельствует об улучшении межструктурных и межполушарных взаимодействий, что, по всей видимости, способствует преодолению функционального разобщения и улучшению интегративных возможностей мозга.

Таким образом, импульсные модулирующие электрические воздействия, распространяющиеся по нервным проводникам зрительной системы, способны реорганизовать межцентральные взаимоотношения в деятельности повреждённого мозга, обеспечивая включение компенсаторно-восстановительных процессов, направленных на преодоление зрительных дефектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зимкина А.М. Электрофизиологические показатели функционального состояния мозга. -М.: Наука, 1975. — 65 с.
2. Ливанов М.Н. Пространственная организация процессов головного мозга. — М.: 1972. — 182 с.
3. Милнер П. Физиологическая психология. — М.: 1973. — 647 с.
4. Новикова Л.Н. Влияние нарушений зрения и слуха на функциональное состояние мозга. — М.: 1966. — 319 с.
5. Русинов В.С., О.М. Гриндель. Межцентральные отношения и их изменения при афферентных раздражениях по данным математического анализа ЭЭГ человека // Журн. высш. нерв. деятельности. — 1975. — Т 25, № 3. — С.552.
6. Способ восстановления зрения при атрофии зрительного нерва, заболеваниях сетчатки и амблиопии: Пат. 2102046 А 61F 9/00 Россия Чибисова А.Н., Федоров А.Б. // М.: ВНИИПИ, БИ № 21. — 1998. — С.170.
7. Фарбер Д.А., Вильдовский В.Ю. Гетерогенность и возрастная динамика альфа-ритма электроэнцефалограммы // Физиол. чел. — 1996. — Том 22, № 5. — С.5.
8. Чибисова А.Н., Фёдоров А.Б., Фёдоров Н.А. Нейрофизиологические характеристики компенсаторно-восстановительных процессов мозга при реабилитации нейросенсорных нарушений зрительной и слуховой систем // Физиол. чел. — 2001. — Том 27, № 3. — С.14-18.

9. Шевелёв И.А. Временная переработка сигналов в зрительной коре // Физиол. чел. — 1997. — Т 23, № 2. — С.68-73.
10. Buonomano D., Merzenich M.M. Cortical plasticity: from synapses to maps. // Ann Re Neurosci. — 1998. — № 21. — P.149-186.
11. Chibisova A., Fedorov A., Yaichnikov I., Fedorov N. General brain regulating systems in the rehabilitation of the peripheral disturbances of vision // Eur. Neurosciences. Forum Abst. Book. Berlin, 1998. — P.174.05.
12. Gray C.S., French J.M., Bates D. et al. Recovery of visual fields in acute stroke: homonymous hemianopia associated with adverse prognosis// Age Ageing. — 1989. — № 18. — P.419-421.
13. Huber A. Homonymous hemianopia // Neuroophthalmol. — 1992. — № 12. — P.351-366.
14. Kasten E., Sabel B.A. Visual-field enlargement after computer-training in brain-damaged patients with homonymous deficits an open pilot trial // Restor. Neurol. Neurosci. — 1995. —№ 8. — P.113-127.
15. Kerkhoff G. Neurovisual rehabilitation: recent developments and future directions // J. Neurosurg Psych. — 2000. — № 68. — P.691-706.
16. Smith J.L. Homonymous hemianopia, a review of one hundred cases // Am. J. Ophthalmol. — 1962. — Vol. 54. — P.616-623.
17. Tiel K., Kujmel H.W. Patterns of recovery from homonymous hemianopia subsequent to infarction in the distribution of the posterior cerebral artery // Neuroophthalmology. — 1991. — № 4. — P.567-578.
18. Trobe J.D., Lorber M. L., Schlezinger N. S. Isolated homonymous hemianopia. A review of 104 cases // Arch. Ophthalmol. — 1973. — Vol. 89. — P.377-381.
19. Zihl J. Neuropsychologische rehabilitation / D.Cramon, J. Zihl — Berlin. Springer-Verlag, 1988. — P.105-131.

Поступила 24.12.07.

#### NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF REDUCTION OF CENTRAL VISUAL DISTURBANCES BY A METHOD OF IMPULSIVE MODULATORY ELECTRIC ACTIONS

A.N. Chibisova, V.P. Bersnev, A.B. Fedorov, Yu.M. Chibisova

#### Summary

Obtained was neurophysiological data on the nature of spontaneous compensation of brain activity during unilateral visual deafferentation. Using cross-correlative analysis revealed was the formation of new interstructural and interhemispheric connections, which showed the improvement of intercentral interactions and helped to restore the integrative brain activity.