

# **КОГНИТИВНАЯ НАУКА В МОСКВЕ: НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**2013**

**МАТЕРИАЛЫ  
КОНФЕРЕНЦИИ**



Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман

2. Климчук О.В., Подопригора А.Е., Родионов П.В. Использование визуализации конвекситальных вен и данных функционального МРТ обследования для планирования нейрохирургического вмешательства, Поленовские чтения. Научные труды конференции молодых нейрохирургов, Спб., 2001, с. 72.

3. Буклина С.Б., Подопригора А.Е., Пронин И.Н., Шишкина Л.В., Болдырева Г.Н., Бондаренко А.А., Фадеева Л.М., Корниенко В.Н., Жуков В.Ю. фМРТ – исследования доминантности полушария по речи у больных с опухолями головного мозга. // Вопросы нейрохирургии. 2013. №4. (статья принята в печать).

---

---

## **ФМРТ И ЭЭГ РЕАКЦИИ МОЗГА ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ ПРИ АКТИВНЫХ, ПАССИВНЫХ И ВООБРАЖАЕМЫХ ДВИЖЕНИЯХ**

**Болдырева Г.Н.\*, Жаворонкова Л.А., Шарова Е.В., Дубровская Л.П.,  
Симонова О.А., Корниенко В.Н.**

[GBoldyreva@nsi.ru](mailto:GBoldyreva@nsi.ru)

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН,  
МГУ им. В.В.Ломоносова,

Институт нейрохирургии имени акад. Н.Н.Бурденко РАМН, Москва.

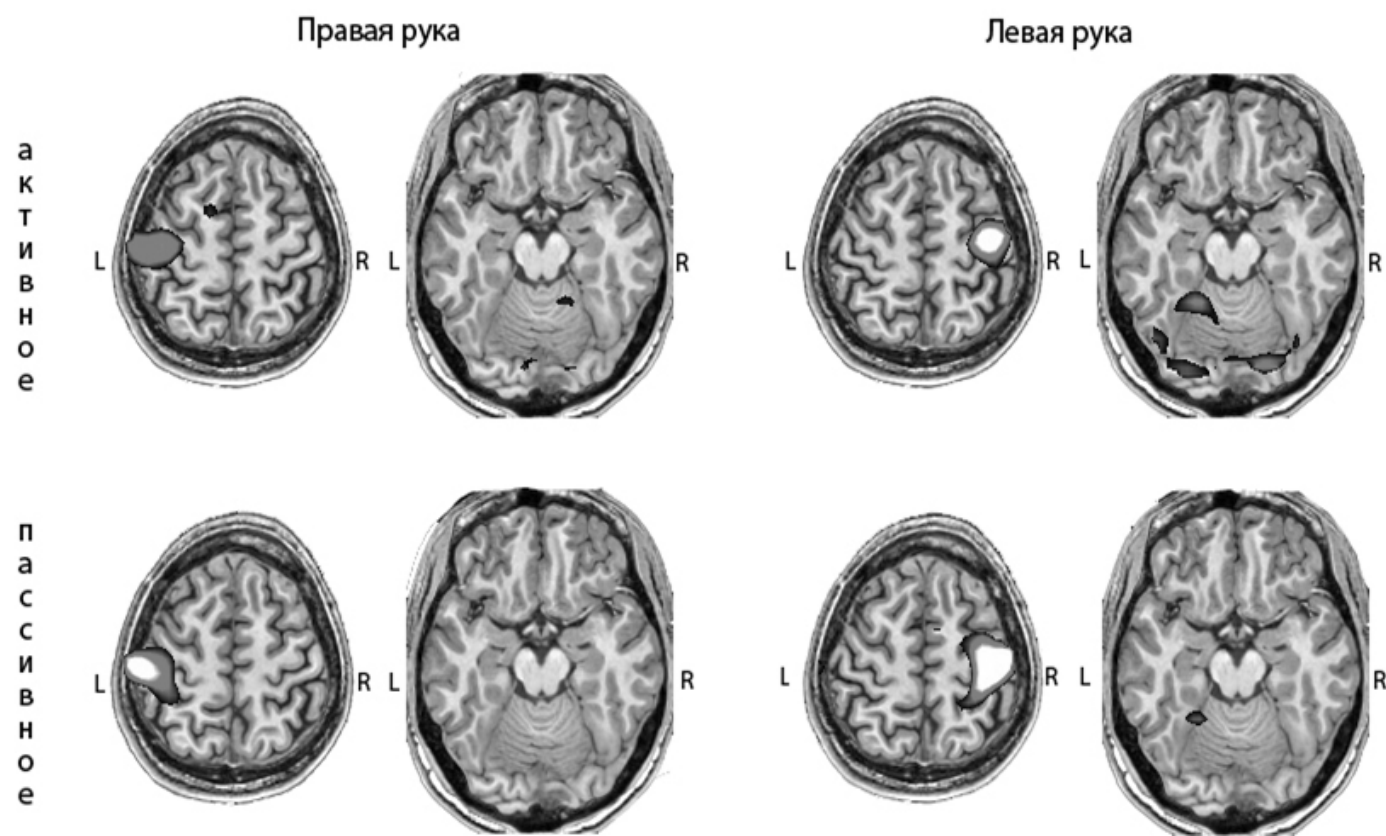
В настоящее время широкое применение находит комплексное использование данных фМРТ и ЭЭГ, позволяющее наиболее полно проанализировать особенности структурно-функциональной организации мозга (Babiloni F. Et al., 2003; Fiebach C., et al., 2005; Knyazeva M.G. et al., 2006; Otzenberger H., et al., 2007; Yuan H. et al., 2010; Болдырева Г.Н. с соавт. 2009, 2012; Ojemann G. et al., 2013 и др.).

В данном сообщении обобщены результаты проводимого нами в последние годы изучения структурно-функциональных перестроек мозга здоровых людей при двигательных пробах на основе сопоставления нейрофизиологических (ЭЭГ) и гемодинамических (фМРТ) маркеров включения разных структур мозга в реактивный процесс. Одной из задач работы являлся выбор двигательных парадигм, наиболее адекватных при исследовании больных с разной степенью двигательного дефекта. Использовались двигательные пробы разной сложности: перебор или сжимание-разжимание пальцев в кулак (раздельно правой и левой руки), мысленное представление выполнения этого задания, пассивное сжимание пальцев в кулак, выполняемое с помощью экспериментатора. В экспериментах приняло участие 25 здоровых испытуемых (правшей),

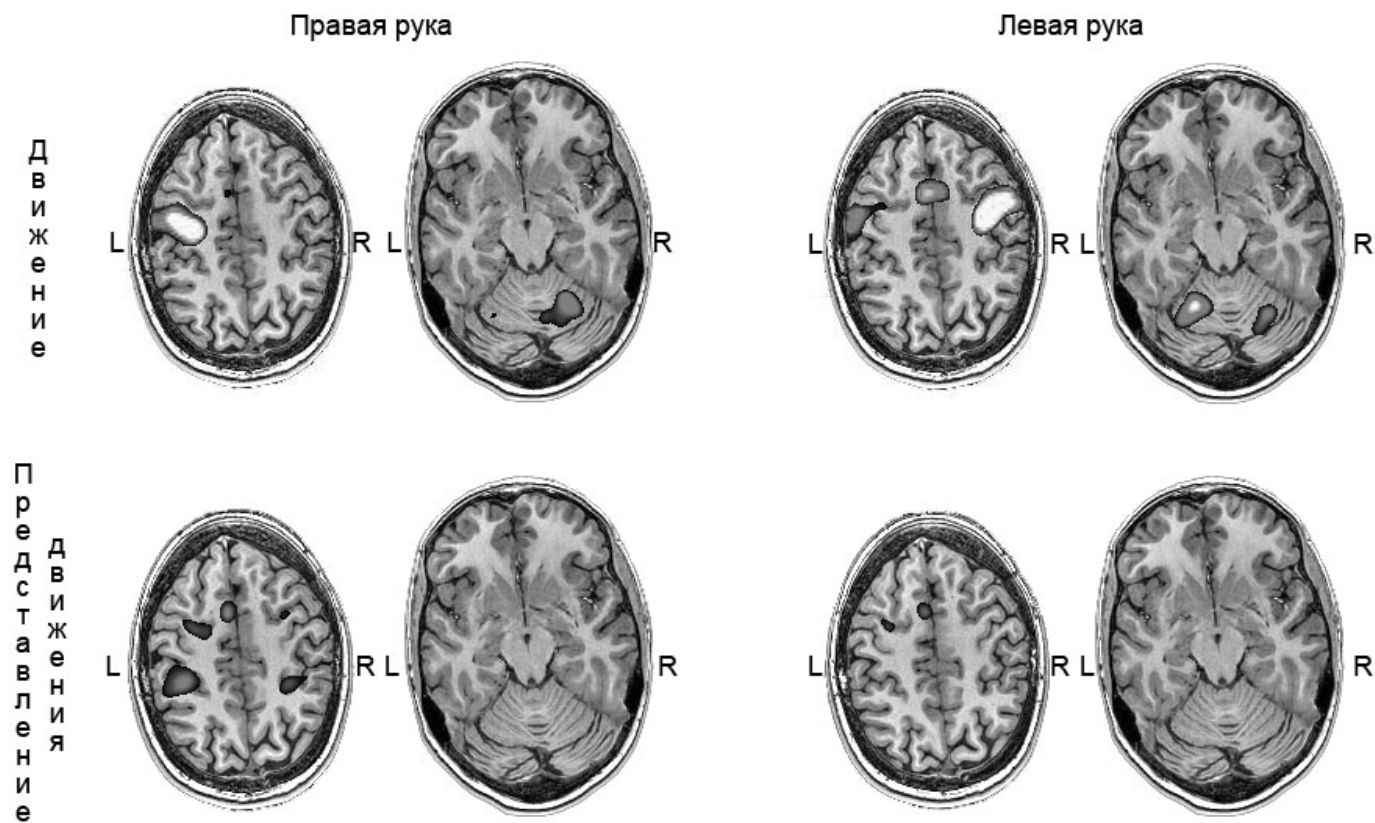
18 мужчин и 7 женщин (средний возраст  $24.3 \pm 5.6$  лет). ЭЭГ и фМРТ исследования проводили с закрытыми глазами, последовательно в один и тот же день с предъявлением идентичных функциональных проб. Анализировали 50–60-секундные отрезки монополярной записи ЭЭГ с полосой пропускания 0.3–35 Гц и частотой опроса 100 Гц. Спектрально-когерентный анализ ЭЭГ осуществляли на базе программно-вычислительного комплекса «Нейрокартограф» (МБН, Россия). Достоверность изменений ЭЭГ, связанных с выполнением двигательных проб по отношению к фоновой активности, оценивали на основе непараметрического критерия Манна–Уитни с помощью статистического пакета программ, разработанного в Институте нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко РАМН. фМРТ исследования выполняли на МР-томографе GE Healthcare (США) с напряженностью магнитного поля 3 Т. Запись осуществляли по блоковой парадигме, состоящей из чередования периодов покоя и выполнения функциональных нагрузок длительностью по 30 с. Усредняли результаты пятикратного применения каждой пробы. Данные фМРТ (+ BOLD эффект) обрабатывали с помощью программ SPM8 на базе MATLAB, определяли MNI координаты зон активации и их объем.

**Анализ фМРТ при выполнении движений** показал, что гемодинамические реакции при сжимании пальцев в кулак, по сравнению с перебором пальцев, характеризовались меньшей межиндивидуальной вариабельностью, большим сходством при работе правой и левой рукой, а также меньшим включением в реактивный процесс инактивируемого полушария (сенсомоторной зоны) и подкорковых структур мозга. Реакции сенсомоторной зоны контралатерального полушария, дополнительной моторной зоны и мозжечка при обеих пробах имели сходный характер. Отмеченные особенности позволяют рекомендовать сжимание пальцев в кулак как наиболее эффективную двигательную парадигму при исследовании больных с поражением мозга, в частности для выявления особенностей гемодинамических перестроек при разной латерализации поражения, а также оценки включения в формирование движения, помимо основных, вспомогательных зон активации.

фМРТ ответы сенсомоторной коры при пассивном сжимании пальцев в кулак по своей топографии были сходны с фМРТ реакцией при активном выполнении этой пробы. Это позволяет рекомендовать пассивную двигательную парадигму при исследовании больных с гемипарезами, а также при отсутствии возможности контакта с больным, в частности при картировании моторных зон у пациентов с разным уровнем нарушения сознания. Наряду с топографическим сходством основных ответов при этих нагрузках, установлено, что при пассивном выполнении движения резко уменьшается объем активации мозжечка, дополнительной моторной



**Рис. 1.** Сопоставление фМРТ ответов при активном и пассивном сжимании пальцев в кулак правой и левой руки у испытуемого Д-ва. Приведены срезы на идентичных уровнях мозга;  $t = 4.7$  (FWE,  $p < 0.05$ ). R — правое, L — левое полушарие.



**Рис. 2.** Сопоставление фМРТ ответов при реальных и воображаемых сжиманиях пальцев в кулак правой и левой руки у испытуемой Ш-ой. Приведены срезы на идентичных уровнях мозга;  $t = 4.7$  (FWE,  $p < 0.05$ ). R — правое, L — левое полушарие.

зоны, контралатеральной моторной области. На рис. 1 представлен наиболее типичный вариант фМРТ ответов при активной и пассивной двигательной пробе.

Проведенный анализ фМРТ ответов при выполнении разных двигательных задач показал, что количество включенных в реакцию структур мозга определяется сложностью двигательной нагрузки. Это находит отражение как в результатах сопоставления ответов при активном и пассивном выполнении движения, так и при сопоставлении ответов при выполнении двигательных задач разной сложности. Более простые автоматизированные движения обеспечиваются активацией наименьшего количества мозговых структур. По мере усложнения задания отмечается нарастание числа вовлеченных в реакцию структур мозга.

При мысленном представлении сжимания пальцев в кулак в 71% предъявлений этого задания был обнаружен ответ в сенсомоторной области условно активируемого полушария с большей степенью включения в реактивный процесс, по сравнению с реальным движением не моторной, а сенсорной коры. Более закономерно этот ответ проявлялся при представлении правосторонней нагрузки. Характерным было резкое ослабление по сравнению с реальным движением активации мозжечка и усиление включения в реактивный процесс теменных ассоциативных зон, преимущественно правого полушария, а также подкорковых структур (бледный шар, полосатое тело, внутренняя капсула, таламус). На рис. 2 представлен один из вариантов фМРТ ответов при реальных и воображаемых движениях.

**Анализ ЭЭГ** показал, что при активном выполнении двигательной пробы основному фМРТ ответу, локализованному в сенсомоторной зоне активируемого полушария, топографически в наибольшей степени соответствует нарастание, по сравнению с фоновым состоянием, когерентности высокочастотного, «рабочего» альфа-ритма (Болдырева с соавт., 2009, 2013) и бета-колебаний. Эти изменения были приурочены к сенсомоторной зоне и максимально проявлялись в парах отведений, включающих центральный электрод.

Аналогичные изменения когерентности ЭЭГ были обнаружены и при пассивном выполнении движения, что может свидетельствовать о сходстве реактивных перестроек частотных паттернов ЭЭГ при формировании этих видов движений. При воображаемых движениях изменения когерентности, также как и фМРТ ответы, резко варьировали, были меньше выражены, чем при реальных движениях. Изменения частотных и мощностных характеристик ЭЭГ имели сходный характер при всех видах двигательных заданий. Они проявлялись в нарастании мощности и средней частоты бета-колебаний, не были приурочены к активируемому

полушарию, преобладали слева. Эти изменения можно рассматривать как отражение неспецифического компонента формирования реакции.

Таким образом, проведенные комплексные фМРТ-ЭЭГ-исследования выявили особенности структурного обеспечения разных видов движений (активных, пассивных и воображаемых), а также неидентичность нейрофизиологического обеспечения этих реакций при реальных и воображаемых двигательных нагрузках. Сопоставление ЭЭГ-данных с фМРТ-реакциями при двигательных пробах позволило уточнить функциональную обусловленность различных показателей электрической активности мозга человека.

### **Список основных публикаций авторов**

1. Болдырева Г.Н., Жаворонкова Л.А., Шарова Е.В., Буклина С.Б., Мигалев А.С., Пяшина Д.В., Пронин И.Н., Корниенко В.Н. фМРТ-ЭЭГ исследование реакций мозга здорового человека на функциональные нагрузки // Физиология человека, 2009. Т. 35, № 3. С. 20–30.

2. Болдырева Г.Н., Жаворонкова Л.А., Шарова Е.В., Мигалев А.С., Скорятина И.Г., Фадеева Л.М., Подопратора А.Е., Пронин И.Н., Корниенко В.Н. ЭЭГ–фМРТ анализ функциональной специализации мозга человека в норме и при церебральной патологии // Журнал «Медицинская визуализация». 2012. №1. С. 1–26.

3. Шарова Е.В., Мигалев А.С., Куликов М.А., Воронов В.Г., Болдырева Г.Н., Жаворонкова Л.А., Скорятина И.Г., Пяшина Д.В., Давыдова Н.Ю., Пронин И.Н., Корниенко В.Н. Сопоставление реактивных изменений ЭЭГ и фМРТ-характеристик мозга здорового человека на основе многомерной статистики // ЖВНД, 2012. Т. 62, № 2. С. 143–156.

4. Болдырева Г.Н., Шарова Е.В., Жаворонкова Л.А., Челябинна М.В., Дубровская Л.П., Симонова О.А., Фадеева Л.М., Пронин И.Н., Корниенко В.Н. Структурно-функциональные особенности работы мозга при выполнении и представлении двигательных нагрузок у здоровых людей (ЭЭГ и фМРТ исследования) // ЖВНД, 2013. Т.63, №3. С. 1–12.

Работа поддержана Грантом РГНФ (проект №11-06-01-060).