

39. Baroreflex control of renal sympathetic nerve activity and spontaneous rhythms at Mayer wave's frequency in rats / Y. Cheng, B. Cohen, Ore'a V. [et al.] // Auton. Neurosci. 2004. Vol. 111. P. 80-88.
40. Differential responses of frequency components of renal sympathetic nerve activity to arterial pressure changes in conscious rats / D. Bertram, V. Ore'a, B. Chapuis [et al.] // Amer. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 2005. Vol. 289. P. 1074-1082.
41. Lucini D., Norbiato G., Clerici M., Pagani M. Hemodynamic and autonomic adjustments to real life stress conditions in humans // Hypertension. 2002. Vol. 39. P. 184-188.
42. Comparative study of heart rate variability between healthy human subjects and healthy dogs, rabbits and calves / A. Manzo, Y. Ootaki, C. Ootaki [et al.] // Lab. Anim. 2009. Vol. 43. P. 41-45.
43. Linear modelling analysis of baroreflex control of arterial pressure variability in rats / B. Chapuis, E. Vidal-Petiot, V. Ore'a [et al.] // J. Physiol. 2004. Vol. 559. P. 639-649.
44. Hammer P.E., Saul J.P. Resonance in a mathematical model of baroreflex control: arterial blood pressure waves accompanying postural stress // Amer. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 2005. Vol. 288. P. 1637-1648.
45. Julien C., Chapuis B., Cheng Y., Barre's C. Dynamic interactions between arterial pressure and sympathetic nerve activity: role of arterial baroreceptors // Amer. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 2003. Vol. 285. P. 834-841.
46. Heart rate and blood pressure variability in normal subjects compared with data from beat-to-beat models developed from de Boer's model of the cardiovascular system / A.M. Whittam, R.H. Claytont, S.W. Lord [et al.] // Physiol Meas. 2000. Vol. 21, iss. 2. P. 305-318.
47. Exploring directionality in spontaneous heart period and systolic pressure variability interactions in humans: implications in the evaluation of baroreflex gain / G. Nollo, L. Faes, A. Porta [et al.] // Amer. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 2005. Vol. 288. P. 1777-1785.
48. Legramante J.M., Raimondi G., Massaro M., Iellamo F. Positive and negative feedback mechanisms in the neural regulation of cardiovascular function in healthy and spinal cord-injured humans // Circulation. 2001. Vol. 103. P. 1250-1255.
49. Nickel P., Nachreiner F. Sensitivity and Diagnosticity of the 0.1-Hz Component of Heart Rate Variability as an Indicator of Mental Workload // Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. 2003. Vol. 45, iss. 4. P. 575-590.
50. Внутренняя синхронизация основных 0,1Гц – частотных ритмов в системе вегетативного управления сердечно-сосудистой системой / А.Р. Киселев, А.Б. Беспятов, О.М. Пономаренко [и др.] // Физиология человека. 200. Т. 33, № 2. С. 69-75.
51. Dynamic carotid baroreflex control of the peripheral circulation during exercise in humans / D.W. Wray, P.J. Fadel, D.M. Keller [et al.] // J. Physiol. 2004. Vol. 559, iss. 2. P. 675-684.
52. Dampney R.A.L. Functional organization of central pathways regulating the cardiovascular system // Physiol. Rev. 1994. Vol. 74. P. 323-364.
53. Синхронизация сердцебиения и ритма регуляции сосудистого тонуса с дыханием / В.И. Пономаренко, В.И. Гридинев, М.Д. Прохоров [и др.] // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2004. № 8-9. С. 40-51.
54. Glass L. Synchronisation and rhythmic processes in physiology // Nature. 2001. Vol. 410. P. 277-284.
55. Bračić-Lotrič M., Stefanovska A. Synchronization and modulation in the human cardiorespiratory system // Physica A. 2000. Vol. 283. P. 451-461.
56. Покровский В.М. Сердечно-дыхательный синхронизм в оценке регуляторно-адаптационных возможностей организма. Краснодар: Кубань-книга, 2010. 244 с.
57. Иванов С.Н. Вегетативная регуляция и периферическое кровообращение у подростков с нейроциркуляторной дистонией кардиального типа // Вестник аритмологии. 2003. № 32. С. 70-74.
58. Крупяткин А.И. Колебания кровотока частотой около 0,1 Гц в микрососудах кожи не отражают симпатическую регуляцию их тонуса // Физиология человека. 2009. Т. 35, № 2. С. 60-69.
59. Synchronization of low-frequency oscillations in the human cardiovascular system / A.S. Karavaev, Prokhorov, V.I. Ponomarenko [et al.] // Chaos. 2009. Vol. 19. P. 033112.
60. Sutarto M.D. A.P. Abdul Wahab M.N., Mat Zin N. Heart Rate Variability (HRV) biofeedback: A new training approach for operator's performance enhancement // Journal of Industrial Engineering and Management. 2010. Vol. 3, iss. 1. P. 176-198.
61. Оценка на основе определения синхронизации низкочастотных ритмов динамики вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы при применении метопролола у больных ИБС, перенесших инфаркт миокарда / А.Р. Киселев, В.И. Гридинев, О.М. Пономаренко [и др.] // Терапевтический архив. 2007. Т. 79, № 4. С. 23-31.
62. Оценка пятилетнего риска летального исхода и развития сердечно-сосудистых событий у пациентов с острым инфарктом миокарда на основе синхронизации 0,1 Гц-ритмов в сердечно-сосудистой системе / А.Р. Киселев, В.И. Гридинев, А.С. Караваев [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. 2010. Т. 6, № 2. С. 328-338.

УДК 616.7

Оригинальная статья

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ДВИЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ

В.А. Балабанова – Российская детская клиническая больница, г. Москва, заведующая отделением нейрофизиологии, кандидат биологических наук; **Д.А. Киселев** – Научно-исследовательская лаборатория (НИЛ) разработки проблем физического и психического здоровья Российской ГМУ им. Н.И. Пирогова Минздравсоцразвития России, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук; **О.А. Лайшева** – профессор кафедры реабилитологии и физиотерапии ФУВ Российской ГМУ им. Н.И. Пирогова Минздравсоцразвития России, доктор медицинских наук; **В.В. Губанов** – ГОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздравсоцразвития России, заведующий кабинетом восстановительного лечения клиники профпатологии и гематологии.

EFFICACY EVALUATION OF FUNCTIONAL MOTOR REGULATION METHOD WITH MATHEMATICAL ANALYSIS OF EEG

V.A. Balabanova – Moscow Children Clinical Hospital, Head of Department of Neurophysiology, Candidate of Biological Science; **D.A. Kiselev** – Russian State Medical University n.a. N.I. Pirogov, Scientific Research Laboratory of Physical and Mental Health Problems, Senior Research Assistant, Candidate of Biological Science; **O.A. Laisheva** – Russian State Medical University n.a. N.I. Pirogov, Department of Rehabilitation and Physiotherapy, Professor, Doctor of Medical Science; **V.V. Gubanov** – Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Clinic of Professional Pathology and Haematology, Head of Medical Rehabilitation Room.

Дата поступления – 02.12.2010 г.

Дата принятия в печать – 24.02.2011 г.

Балабанова В.А., Киселев Д.А., Лайшева О.А., Губанов В.В. Оценка эффективности применения метода функциональной регуляции движения с использованием математического анализа электроэнцефалограммы // Саратовский научно-медицинский журнал. 2011. Т. 7, № 1. С. 39-44.

Цель исследования. Объективная оценка физиологического воздействия методики функциональной регуляции движения. Разработка критериев эффективности применения нейрореабилитационного лечения, основанных на строгом математическом анализе электроэнцефалограмм. **Методы.** Воздействие метода функциональной регуляции движения отслежено с помощью проведения спектрального и когерентного анализа электроэнцефалограммы. **Результаты.** Полученные результаты полностью подтверждают предположение о том, что клиническая эффективность метода связана с формированием новых регуляционных связей ЦНС с включением таких глубинных структур, как лимбическая и диэнцефальная системы.

Ключевые слова: реабилитация, ЭЭГ, активация, корковая активность, когерентный анализ.

Balabanova V.A., Kiselev D.A., Laisheva O.A., Gubanov V.V. Efficacy evaluation of functional motor regulation method with mathematical analysis of EEG // Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2011. Vol. 7, № 1. P. 39-44.

Effects of functional motor regulation method have been measured using the spectral and coherent EEG. Obtained results have fully confirmed the hypothesis that the clinical effectiveness of the method is associated with the formation of new regulatory links in the CNS with inclusion of such deep structures as the limbic and diencephalic systems.

Key words: rehabilitation, electroencephalography (EEG), activation, cortical activity, coherent analysis.

Введение. На кафедре ЛФК и спортивной медицины РГМУ внедрен новый способ лечения нарушений функции движения у неврологических больных – метод функциональной регуляции движений (ФРД) [1-3]. Анализ инструментальных данных диагностического обследования (стабилометрический метод) [1-3] в процессе применения метода ФРД позволил нам предположить, что применение методики оказывает всестороннее воздействие на ЦНС, и прежде всего на глубоко расположенные центры двигательной активности, находящиеся в лимбической и диэнцефальной структурах ЦНС.

Благодаря многолетним усилиям ведущих нейрофизиологических лабораторий мира в области математического анализа электроэнцефалограмм (ЭЭГ) была создана программа, которая с помощью математических преобразований может достаточно точно рассчитать значения внутри- и межполушарных взаимодействий в головном мозге и позволяет выявить ряд существенных особенностей электрической активности мозга, скрытых при визуальном анализе ЭЭГ. Использование этой программы в анализе компьютерной ЭЭГ (расчет спектров мощности и когерентности) позволяет более объективно оценить интегративные процессы головного мозга. Л.Б. Иванов в своей монографии [4] отмечает, что в настоящее время, из-за особенностей программы медицинского образования в нашей стране, такие методы анализа ЭЭГ, как спектральный, когерентный, фазовый, корреляционный, кросскорреляционный и др., являются уже терминологически отпугивающими врачей практиков от их применения.

Одним из многих направлений применения спектрально-когерентного анализа ЭЭГ в отделении нейрофизиологии РДКБ [5-9] является исследование особенностей реорганизации электроэнцефалограммы у больных с поражением ЦНС в процессе восстановительного лечения.

Согласно представлениям, развиваемым электрофизиологической школой академика В.С. Русинова [10], о том, что ЭЭГ является электроэнцефалографической картиной динамики межцентральных отношений, основной акцент в данном исследовании был сделан на анализ структуры меж- и внутриполушарных когерентностей ЭЭГ, первые из которых отражают преимущественно состояние срединно-глубинных образований мозга, вторые – особенности интракортикальных и корково-подкорковых отношений в пределах полушарий. Глобальный характер

реорганизации межцентральных отношений при изменении функционального состояния регуляторных систем проявляется в резком изменении структуры как внутри- так и межполушарных связей. Целью данной работы являлось исследование спектрально-когерентных показателей биоэлектрической активности мозга у больных с двигательными нарушениями (спастический правосторонний гемипарез) при использовании восстановительного лечения по методу функциональной регуляции движений [1-3].

Цель исследования: объективная оценка физиологического воздействия методики ФРД; разработка критериев эффективности применения нейрореабилитационного лечения, основанных на строгом математическом анализе ЭЭГ.

Методы. В условиях отделения восстановительного лечения Российской детской клинической больницы мы провели исследование с применением спектрального и когерентного анализа ЭЭГ. Проводилась работа с применением метода ФРД у пациентов с диагнозом: «Спастический правосторонний гемипарез: как следствие ДЦП, как последствие ЧМТ, как следствие острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК)». Курс по методу ФРД составлял 10 дней. Исследование биоэлектрической активности мозга проводилось в динамике до применения методики ФРД и в конце курса нейрореабилитации у детей и подростков от 10 до 16 лет с сохранным интеллектом, но с двигательными нарушениями в виде спастического правостороннего гемипареза. Всего с помощью математического анализа проанализировано 20 функций когерентности (три пары внутриполушарных связей левого и правого полушарий (F3C3, C3P3, P3O1, F4C4, C4P4, P4O2) и четыре пары межполушарных связей (F3F4, C3C4, P3P4, O1O2), а также 16 спектров мощности (F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2) у каждого больного. ЭЭГ регистрировалась с помощью компьютерного электроэнцефалографа «Neuroscop-416» производства НПФ «Биола» (Россия) монополярно от симметричных отведений затылочных (O1, O2), теменных (P3, P4), центральных (C3, C4), лобных (F3, F4) с раздельными ушными индифферентными электродами. Локализация отведений определялась по международной системе «10-20».

Спектры когерентности (КОГ) вычислялись в полосе от 1 Гц до 35 Гц с разрешающей способностью по частоте 0,2 Гц для 2-сек. отрезков монополярной записи ЭЭГ. Оценка спектров когерентности проводилась на основании среднего уровня когерентности, вычисляемого автоматически для всей частотной полосы ЭЭГ в целом и отдельных физиологических диапазонов ритмов. Исследовались статистические линейные связи электрических процессов двух об-

Ответственный автор – Губанов Вячеслав Вячеславович.
Адрес: 410015, Саратов, ул. Орджоникидзе, 13/2, кв. 83.
Тел.: 8-8452-49-70-26, 8-927-153-74-16.
E-mail: 270378doc@mail.ru

ластей мозга, которые оценивались по величине связанности по каждой отдельной частоте колебаний независимо от их амплитуды. Когерентность принимает значения от 0 до 1, и по ней можно судить о силе связи двух процессов: КОГ меньше 0,5 – связь слабая; КОГ от 0,5 до 0,6 – умеренная; КОГ от 0,6 до 0,8 – значительная; КОГ выше 0,8 – высокая (8-10).

Результаты. Задача настоящей работы состояла в поисках общих закономерностей развития реакции мозга на нейрореабилитационные воздействия у детей с нарушениями в двигательной сфере в виде спастического правостороннего гемипареза. Визуальный анализ биоэлектрической активности коры больших

полушарий у обследованных больных свидетельствует о значительном разнообразии фонового паттерна как в виде наличия сохранных, однако синхронизированного и заостренного альфа-ритма в задних отделах полушарий и доминирования бисинхронных групп бета-ритма в передних отделах полушарий на фоне сохранных фронтокципитальной асимметрии (рис. 1), так и в виде отсутствия основного альфа-ритма в задних отделах полушарий и доминирования медленных форм активности тета-дельта-диапазона по всем отделам безградиентно на фоне нарушения пространственно-временной организации биоэлектрической активности (рис. 2).

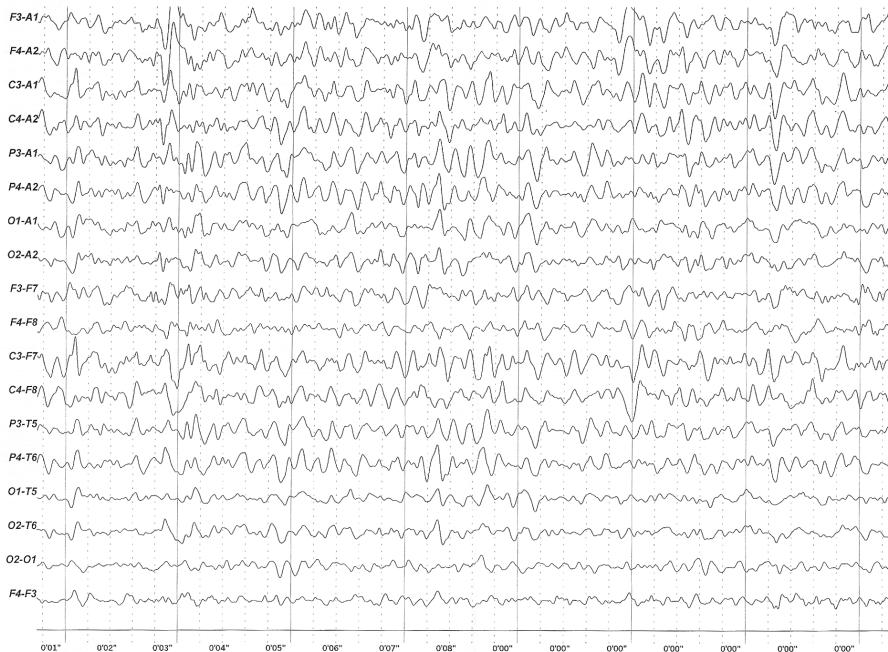


Рис. 1. Фоновая электроэнцефалограмма пациента М., 11 лет, диагноз: «Последствия острого нарушения мозгового кровообращения в виде спастического правостороннего гемипареза»

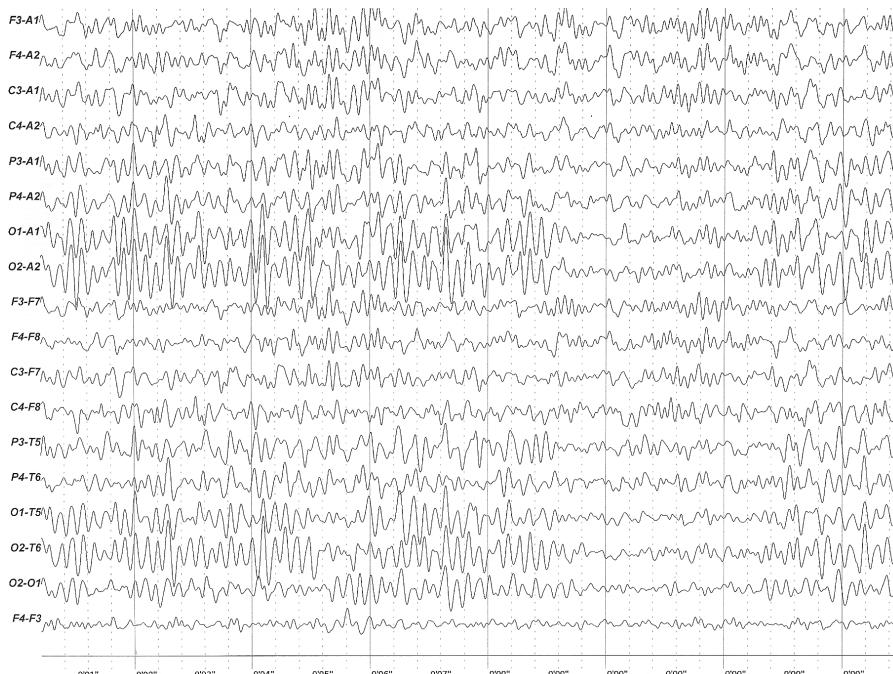


Рис. 2. Фоновая электроэнцефалограмма пациента П., 8 лет, диагноз: «ДЦП, спастический правосторонний гемипарез»

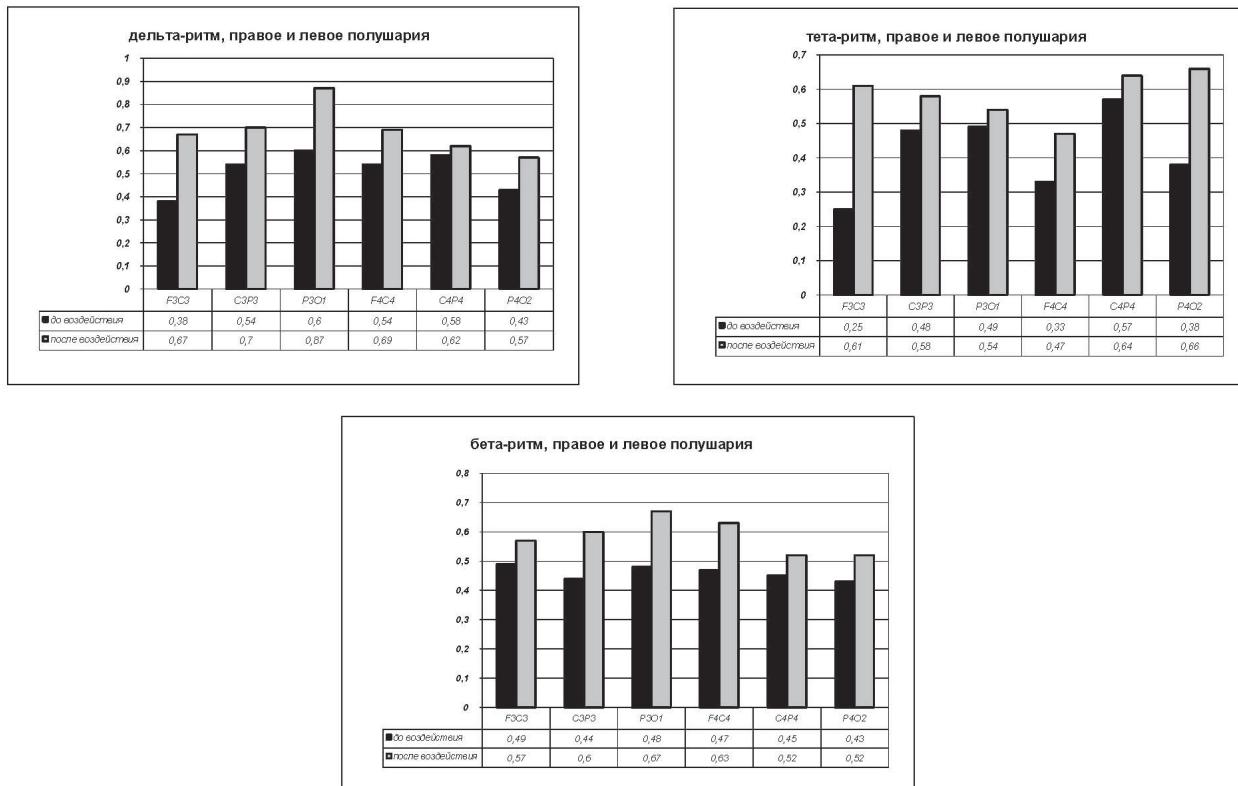


Рис. 3. Особенности перестройки внутриполушарных отношений по показателям средних уровней когерентности до и после восстановительного лечения пациента Ш., 16 лет, диагноз: «Последствия закрытой черепно-мозговой травмы в виде спастического правостороннего гемипареза». По оси абсцисс – анализируемые пары областей, по оси ординат – значения средних уровней когерентности. В таблице под графиками представлены числовые значения средних уровней когерентности до и после восстановительной терапии

Визуальный анализ биоэлектрической активности коры больших полушарий, зарегистрированной после восстановительного лечения, не выявил существенных изменений паттерна ЭЭГ ни у одного больного.

При значительном многообразии фонового паттерна биоэлектрической активности коры больших полушарий, наблюдаемого при визуальном анализе, спектрально-когерентный анализ показал однодиапазонные изменения статистических параметров у больных. На рис. 3 представлена динамика функции внутриполушарной когерентности (КОГ) больного К. до и после проведения восстановительного лечения.

Как видно из приведенных данных, отмечается повышение внутриполушарной КОГ по всем диапазонам частот: как в передних, так и задних отделах полушарий, как правого – здорового полушария, так и левого – пораженного полушария после проведения курса реабилитации. На рис. 4 представлены графики и значения функции межполушарной КОГ до и после применения метода ФРД у больного М.

Как видно из рис. 4, до начала лечения в центральных отделах полушарий отмечались самые низкие значения КОГ, т.е. практически полное отсутствие связи по ритмам: в дельта-диапазоне КОГ=0,26, в тета-диапазоне КОГ=0,22, в диапазоне альфа КОГ=0,21 и в диапазоне бета КОГ=0,17. После лечебного воздействия отмечается резкое повышение функции КОГ, т.е. восстановление связей в центральных отделах полушарий по всем диапазонам частот: дельта-диапазон КОГ=0,61, тета-диапазон КОГ=0,67, альфа-диапазон КОГ=0,51 и бета-диапазон КОГ=0,57.

Таким образом, отличительной особенностью данной группы больных после проведения курса

нейрореабилитации по методу ФРД являлось резкое увеличение значений функции межполушарной когерентности в центральных отделах полушарий – зоне проекции таламических систем мозга в широкой полосе частот. Такое повышение связей в центральных отделах коры свидетельствует о формировании функционального стационарного очага на уровне таламических регулирующих систем мозга.

Повышение КОГ в центральных отделах конвекса является следствием синхронной активности широкого диапазона частот и обусловлено действием того, что А.А. Ухтомский называл «доминантным фокусом» [11]. Полученные после нейрореабилитации высокие уровни КОГ в центральных отделах конвекса связаны с высоким уровнем стационарной активности регуляторных динэнцефальных систем мозга и свидетельствуют о способности ЦНС к значительной функциональной перестройке после применения метода ФРД.

Можно констатировать, что применение данной нейрореабилитационной методики способствует возникновению и развитию доминантного очага возбуждения или генератора стационарной активности. Данный генератор стационарной активности формирует свою систему связей, одновременно нарушая сформировавшиеся в процессе болезни взаимоотношения, как на уровне коры головного мозга, так и на уровне подкорковых структур. Происходит перестройка всей суммарной ритмической активности, отражающей мобилизацию регуляторных процессов ЦНС, оптимизацию работы мозга и как следствие этого улучшение двигательной функции конечностей.

Для объективизации выявленных при сравнительном анализе до и после курса ФРД ЭЭГ-изме-

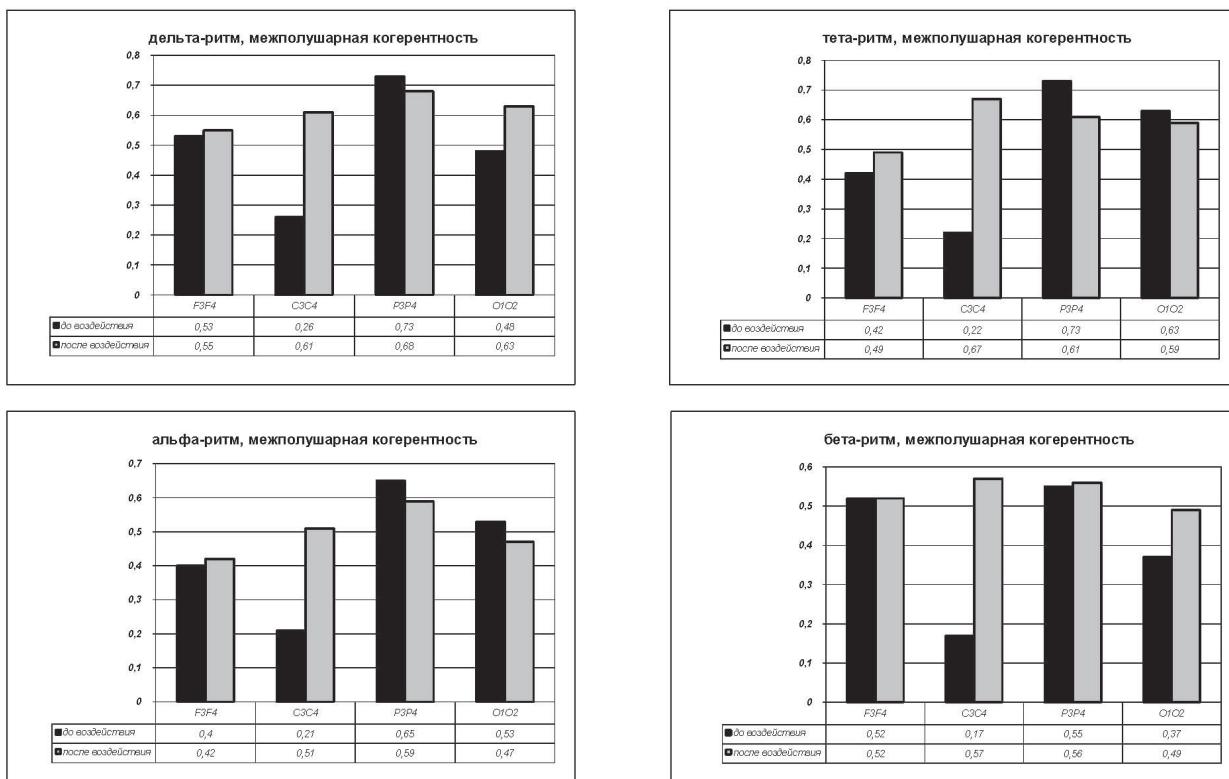


Рис. 4. Особенности перестройки межполушарных отношений по показателям средних уровней когерентности до и после восстановительного лечения пациента М., 11 лет, диагноз: «Последствия ОНМК в виде спастического правостороннего гемипареза» (обозначения те же, что на рис. 3)

нений были вычислены некоторые интегральные количественные характеристики биоэлектрической активности: индекс отношения суммарной мощности быстрой активности (альфа+бета) к суммарной мощности медленной активности (дельта+тета) в лобных, центральных, теменных и затылочных отделах полушарий.

Динамика данного интегрального коэффициента (ИК) представлена на рис. 5 и дает возможность провести сравнение спектральной мощности всех частотных диапазонов ЭЭГ у четырех больных.

Как видно из рисунка 5, после проведения курса восстановительного лечения по методу ФРД отмечается значительное увеличение отношений спектров мощности частых ритмов к медленным ритмам у 1, 2 и 4-го пациента по всем отделам коры больших полушарий; у 3-го пациента в центральных и теменных отделах левого полушария и лобно-центральных отделах правого полушария. Таким образом, после проведения курса методики ФРД, по данным интегрального количественного анализа, выявляется тенденция к снижению тормозных процессов в коре больших полушарий и увеличение индекса основного альфа-ритма, а также бета-колебаний по всем отделам обеих гемисфер.

Особенности полученной нами динамики нейрофизиологических показателей позволяют предполагать формирование нового функционального состояния центральной нервной системы, клинически проявляющееся в виде снижения степени ограничения физических возможностей больного, появления новых двигательных навыков.

Обсуждение. Под влиянием восстановительного лечения по методу ФРД происходит отчетливая стимуляция нейропластичности ЦНС, в связи с чем терапевтический потенциал рассматриваемых ре-

абилитационных технологий представляется весьма высоким. Предварительная оценка параметров числовых значений стабилометрического исследования (1-3) в совокупности с полученными данными математического анализа ЭЭГ позволяет говорить о глубоком физиологическом воздействии метода ФРД, сопровождающемся перестройкой функциональных связей корково-подкорковых структур с включением приоритета центров ЦНС, повреждение которых несовместимо с жизнью. Это является основанием к поиску возможностей лечебного воздействия с использованием потенциала сохранных структур ЦНС. Учитывая приведенные данные, в дальнейшем мы попытаемся обобщить результаты математического анализа ЭЭГ с компьютерными данными стабилометрического исследования для оценки глубины физиологического воздействия с применением методики ФРД.

Выводы:

1) разработана новая методика восстановительного лечения нарушений функции движения у больных с поражением ЦНС, представляющая собой индивидуальную методику с применением содружественной работы анатомически отдаленных мышечных групп;

2) преимуществом методики является глубокое физиологическое воздействие, основанное на включении в процесс реабилитации подкорковых структур ЦНС, функциональная активность которых остается полноценно сохранной при условии наличия неврологической патологии;

3) разработанная методика экономически эффективна ввиду сокращения длительности лечения пациента, выраженного эффекта восстановления функции движения и, как следствие, снижения степени ограничения его физических возможностей.

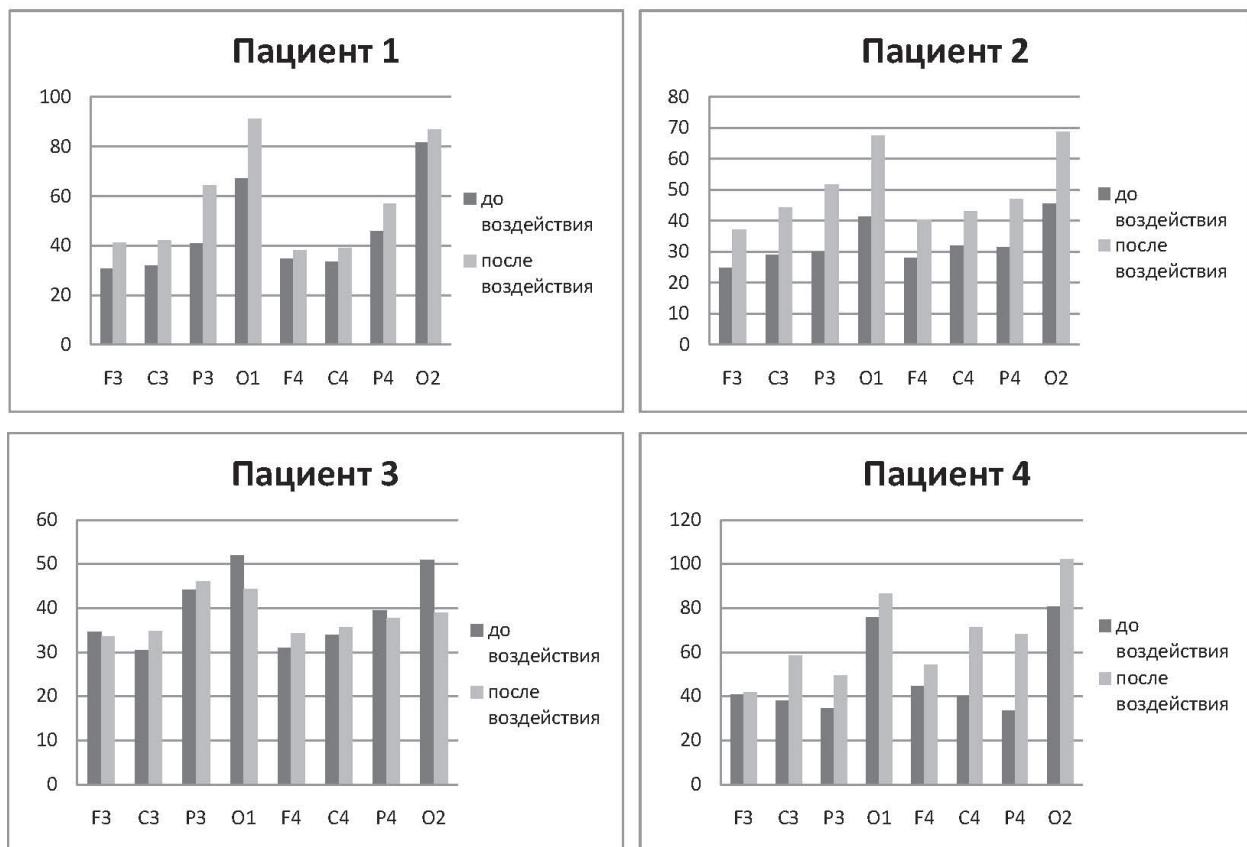


Рис. 5. Динамика интегрального коэффициента (ИК) у четырех больных до и после восстановительного лечения право-стороннего гемипареза. По оси абсцисс – отведения, по оси ординат – числовые значения ИК (отношение альфа+бета/дельта+тета): F – лобные отделы, С – центральные, Р – теменные, О – затылочные: усредненные значения ИК по всем отделам полушария. Четные цифры – правое полушарие, нечетные цифры – левое полушарие

Библиографический список

1. Киселев Д.А., Лайшева О.А., Фрадкина М.М. Реабилитация больных с поражением ЦНС с использованием метода функциональной регуляции движения // Детская Больница. 2010. № 4 (42). С. 48-55.
2. Киселев Д.А., Лайшева О.А., Губанов В.В. Реабилитация больных с поражением спинного мозга с использованием метода функциональной регуляции движения // Саратовский научно-медицинский журнал. 2010. Т. 6, № 3. С. 628-632.
3. Киселев Д.А., Лайшева О.А. Реабилитация больных с гиперкинетической формой поражения ЦНС с использованием метода функциональной регуляции движения // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2010. № 7 (79). С. 49-56.
4. Иванов Л.Б. Прикладная компьютерная электроэнцефалография. М.: Медицинская форма «МБН». 2000. 251 с.
5. Балабанова В.А. Антропов Ю.Ф. Особенности реорганизации электроэнцефалограммы у больных с психосоматическими расстройствами по данным математического анализа // Детская больница. 2003. № 3 (13). С. 17-21.
6. Балабанова В.А. Нейропатофизиологические основы соматизированных нарушений у детей // Эмоциональные нарушения и их соматизация у детей. М.: Триада-Фарм. 2008. С. 169-188.
7. Балабанова В.А. Динамика функционального состояния мозга у детей с благоприятным и неблагоприятным течением комы // Детская больница. 2008. № 2. С. 11-16.
8. Балабанова В.А. Корреляция количественных нейропсихологических показателей с данными электроэнцефалографии // Метод количественной нейропсихологической объективизации состояния динамических церебральных систем. Тверь: Лилия Принт, 2006. С. 158-178.
9. Балабанова В.А. Количественное нейропсихологические и нейрофизиологическое исследование в медицине // Метод количественной нейропсихологической объективизации состояния динамических церебральных систем. Тверь: Лилия Принт. 2006. С. 283-317.
10. Электрофизиологическое исследование стационарной активности в головном мозге / под общ. ред. В.С. Русинова. М.: Наука. 1983. 344 с.
11. Ухтомский А.А. Доминанта. СПб.: Питер, 2002. 448 с.