

М.Б. ШТАРК, О.А. ДЖАФАРОВА, Е.А. ТАРАСОВ, Р.Ю. ГУК

ДИСТАНЦИОННАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ

МОЗГОВЫХ КАТАСТРОФ

СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОГО
БИОУПРАВЛЕНИЯ

«Мозговые катастрофы» – инсульты, тяжелые черепно-мозговые и позвоночно-спинальные травмы, ежегодно приковывают к постели сотни тысяч человек, половина из которых даже не достигла пенсионного возраста. Все эти люди, еще вчера активные и деятельные, мечтают вернуться к работе и нормальной жизни. Насколько осуществимы эти надежды? Оказывается, в наше время высоких технологий даже обычный пациент имеет все возможности прямо у себя дома и под постоянным контролем специалиста целенаправленно продолжать восстановление нарушенных нервных функций

Ключевые слова:
электромиографическое
биоуправление, сетевая
(дистанционная) нейрореабилитация.
Key words: electromyographic
biofeedback, network (distance)
neurorehabilitation

*Воля — это то, что заставляет
тебя побеждать, когда твой
рассудок говорит тебе, что ты
повержен.*
Карлос Кастанеда

Нарушения мозгового кровообращения в результате заболеваний и травм, как правило, сопровождаются выраженными неврологическими симптомами и очень часто приводят к инвалидности. Тяжелейшие последствия характеризуют церебральный инсульт (острое нарушение кровоснабжения головного мозга), который в России ежегодно поражает более полумиллиона человек.

Диагностика и лечение, обеспеченные дорогостоящими оборудованием и лекарственными препаратами, позволяют вывести из мозгового шока и восстановить функции жизнеобеспечения примерно у половины больных. Однако только пятая часть выживших после инсульта возвращается к прежней жизни: большинство из них становится инвалидами, при том что за последние десятилетия эта болезнь все чаще поражает лиц трудоспособного (от 25 до 64 лет) возраста.

Завершающим этапом лечения является стадия восстановления – реабилитация. Для этой цели в некоторых городах созданы специальные центры реабилитации, где под присмотром врачей больные постепенно возвращаются к привычной жизни. Однако эта возможность есть далеко не у всех – именно реабилитация остается до сих пор самым слабым звеном в лечении инсульта и тяжелых травм черепа и позвоночника. Так, анализ прямых экономических затрат показал, что большая часть расходов на лечение инсульта приходится на период спустя год и более после развития

ШТАРК Марк Борисович – действительный член РАН, профессор, доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела биофизики и биоинженерии НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАН (Новосибирск). Лауреат Премии Правительства РФ по науке и технике (2005). Автор и соавтор более 300 научных работ и 3 патентов



ДЖАФАРОВА Ольга Андреевна – кандидат физико-математических наук, руководитель лаборатории компьютерных систем биоуправления НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАН, исполнительный директор ООО «Компьютерные системы биоуправления». Автор и соавтор более 80 научных работ



ТАРАСОВ Евгений Александрович – старший научный сотрудник лаборатории компьютерных систем биоуправления НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАН. Автор и соавтор 9 научных работ



ГУК Руслана Юрьевна – кандидат медицинских наук, врач-невролог Сибирского клинического центра Федерального медико-биологического агентства отделения двигательной реабилитации (Красноярск). Автор и соавтор 21 научной работы





Каждые полторы минуты один из россиян поражается инсультом. В крупных городах число острых инсультов достигает 100—120 случаев в сутки. Половина заболевших погибает, а большая часть выживших становятся инвалидами и нуждаются в длительном реабилитационном лечении

болезни, причем основные средства тратятся на оказание неспециализированной медицинской помощи и общий уход и менее 2 % – на реабилитацию (Цукурова, Есипенко, 2012).

В результате тысячи людей, покинувших стационары, так и остаются инвалидами на всю жизнь, хотя большая часть из них может быть практически полностью реабилитирована и возвращена к нормальной жизни. Одно из решений этой проблемы – превратить пациента из пассивного объекта реабилитационных услуг в активного участника восстановительного процесса. Для этого требуется приблизить к пациенту инструментарий восстановительной неврологии и встроить его в современную информационную сеть.

Именно эти цели преследует проект «Дистанционная нейрореабилитация» (сетевая) нейрореабилитация», разработанный новосибирскими исследователями из НИИ молекулярной

Технология нейробиоуправления позволяет обучиться способам управления произвольными физиологическими параметрами, неосознаваемыми в обычных условиях, такими как частота пульса, температура тела, мышечное напряжение и т. д.

биологии и биофизики СО РАМН и ООО «Компьютерные системы биоуправления» совместно с Сибирским клиническим центром (Красноярск). На практике речь идет о том, чтобы после выписки из стационара больной сам начинал активно работать над своей реабилитацией, выполняя в домашних условиях все необходимые упражнения, а врач дистанционно, с помощью сети Интернет, подобно тренеру контролировал результаты и корректировал задания.

Сила воли плюс технологии

В основе проекта «Дистанционная нейрореабилитация» лежит нейробиоуправление: эта современная компьютерная лечебно-оздоровительная технология работает на принципах адаптивной обратной связи – феномене, обеспечивающем механизм саморегуляции



физиологических функций. Проще говоря, это означает, что человека можно обучить волевому управлению неосознаваемыми физиологическими характеристиками, такими как частота пульса или степень напряжения мышц.

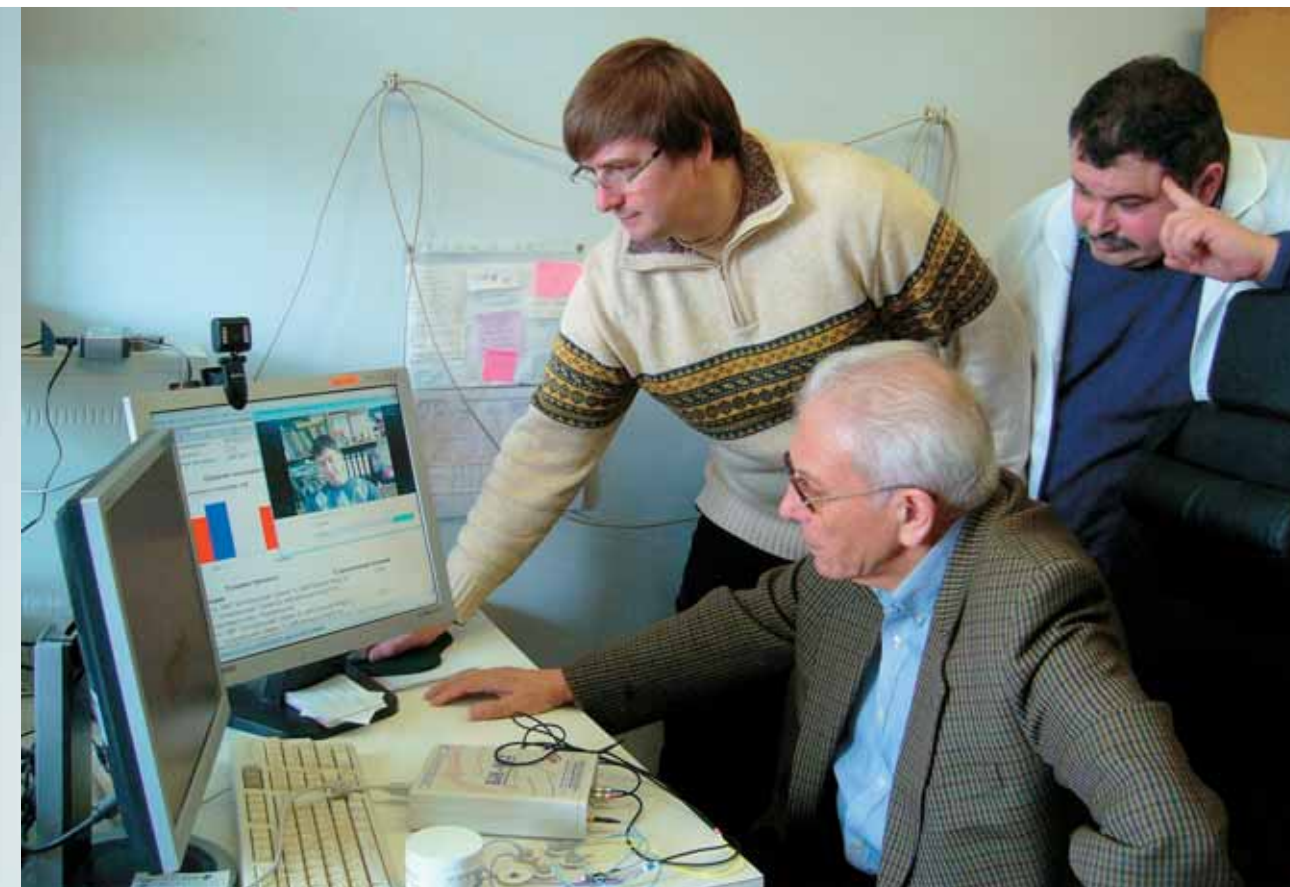
Обратная связь облегчает процесс обучения физиологическому контролю, при этом специальное оборудование обеспечивает пользователя (пациента) доступом к информации, которая в обычных условиях сознанием не воспринимается. Для этого во время сеанса биоуправления к телу испытуемого прикрепляются датчики, регистрирующие показатели двигательной и мозговой активности (электромиограмму – запись электрической активности мышц, электроэнцефалограмму – запись электрической активности мозга), а при необходимости – и другие физиологические параметры, которые отражаются на мониторе компьютера.

Для реализации такого подхода при восстановлении последствий инсульта и тяжелых мозговых травм используется семейство программно-аппаратных комплексов «БОС-ЛАБ», производимых ООО «Компьютерные системы биоуправления». Для повышения мотивации к занятиям сеансы биоуправления проводятся в увлекательной игровой мультимедийной форме,

Домашний комплекс биоуправления «БОСЛАБ-Миография» включает в себя модуль «БИ-02М» (2 ЭМГ, 1 Темп, 1 КГР) и датчик дыхания (вверху), персональный компьютер, подключенный к Интернет, и компьютерный тренажер «БОС-Пульс». Комплекс обеспечивает проведение диагностических сеансов, различных тренировок по интенсивности сокращения/напряжения выбранной группы мышц, а также обеспечивает представление обратной связи в виде графических и звуковых сигналов, мультимедийных слайдов, игровых сюжетов и т. д.

когда пациент проходит различные усложняющиеся виртуальные испытания, напрягая или, наоборот, расслабляя определенные группы мышц. Он достигает победного результата лишь в том случае, когда тренируемые группы мышц получают нагрузку в нужном объеме. В результате пациент учится управлять своими мышечными усилиями, т.е. проходит курс моторного переобучения.

Динамика восстановления мышечной функции постоянно отображается на экране монитора: эта «картинка» наглядно показывает пациенту, насколько



параметры функционирования тренируемой группы мышц отличаются от «идеала», т.е. от состояния аналогичной группы здоровых мышц. Таким образом, пациент в реальном времени может наблюдать результаты своего тренировочного процесса.

Процесс реабилитации дистанционно контролирует лечащий врач-реабилитолог: после каждого занятия все данные о регистрируемых физиологических параметрах в виде графиков и диаграмм с помощью специальной программы «БОСЛАБ-Пациент» передаются на сервер boslab.net. На основе этой информации врач корректирует нагрузки; в случае необходимости пациент может проконсультироваться с врачом и непосредственно во время занятия с помощью Skype – бесплатного программного обеспечения, предоставляющего текстовую, голосовую и видеосвязь через Интернет в режиме on line. И врач, и пациент имеют специальные карты для входа в систему, благодаря чему соблюдается режим полной конфиденциальности.

Такой формат ведения реабилитационных процедур максимально удобен и пациенту, и врачу: один специалист может вести до 14–15 таких «виртуальных» пациентов одновременно.

Реабилитация на дому

Отбор больных для участия в программе сетевой нейрореабилитации проводится в процессе лечения: предпочтение отдается пациентам с минимумом сопутствующих заболеваний, также оценивается динамика электромиографических параметров и скорость приобретения новых навыков во время стационарного лечения. В зависимости от характера поражения определяется цель тренинга и выбирается реабилитационная двигательная программа.

Сначала пациент выполняет тренировки в стационаре под наблюдением лечащего врача с использованием программно-аппаратного комплекса биоуправления, разработанного для клиники. После выписки он проходит подробный инструктаж, получает портативный тренажер «БИ-02М», устанавливает на своем компьютере программу «БОСЛАБ-Пациент» и продолжает тренировки уже в домашних условиях. Курс реабилитации длится несколько месяцев. Занятия проходят ежедневно или через день – в зависимости от степени тяжести заболевания и рекомендаций лечащего врача.

Сегодня комплекс для сетевой нейрореабилитации «БОСЛАБ», состоящий из одного рабочего места врача

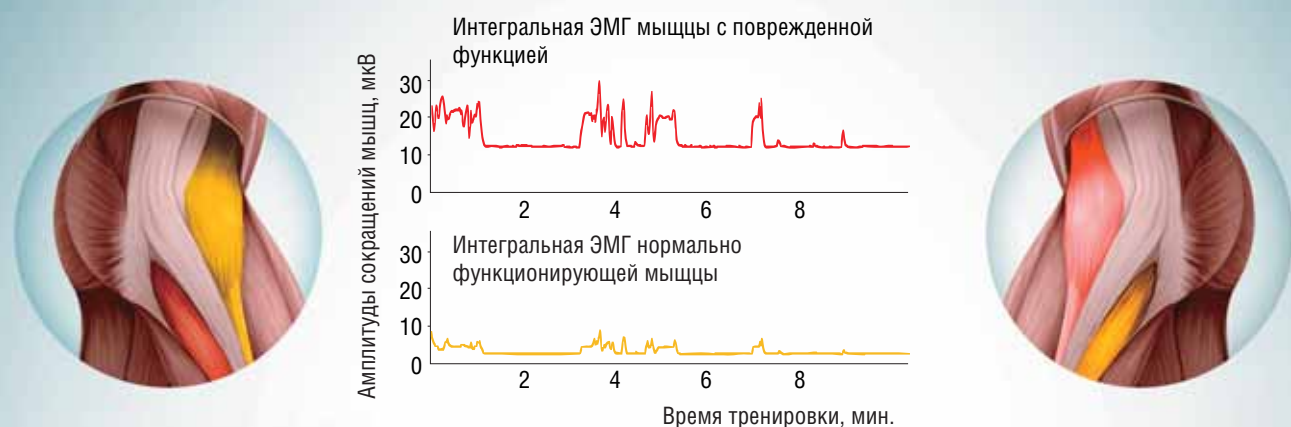
и 14 приборов для пациентов, используемых в домашних условиях, находится в распоряжении Сибирского клинического центра Федерального медико-биологического агентства Минздравсоцразвития РФ (Красноярск). Через этот центр в «домашнем режиме» уже прошло около 60 пациентов с последствиями острых нарушений мозгового кровообращения и позвоночно-спинальной травмы: они бесплатно пользовались приборами в течение двух-трех месяцев. К началу повторной госпитализации эти пациенты имели намного лучшие показатели по сравнению с контрольной группой.

С 2010 г. в проект сетевой нейрореабилитации включилась новосибирская Городская клиническая больница № 2, где на базе отделения неврологии городские власти пытаются создать центр нейрореабилитации, а также московский НИИ цереброваскулярной патологии и инсульта Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н. И. Пирогова. В самое последнее время к этому «движению» прикнул Новосибирский НИИТО им. Я. Л. Цивьяна и Медицинский технопарк.

С помощью программно-аппаратного комплекса «БОС-ЛАБ» регистрируются параметры мышечной активности. Сигнал электромиограммы (ЭМГ) выводится на монитор, в результате чего пациент получает возможность управлять своими мышечными усилиями. Данные, поступающие на сервер, анализирует специалист-реабилитолог.

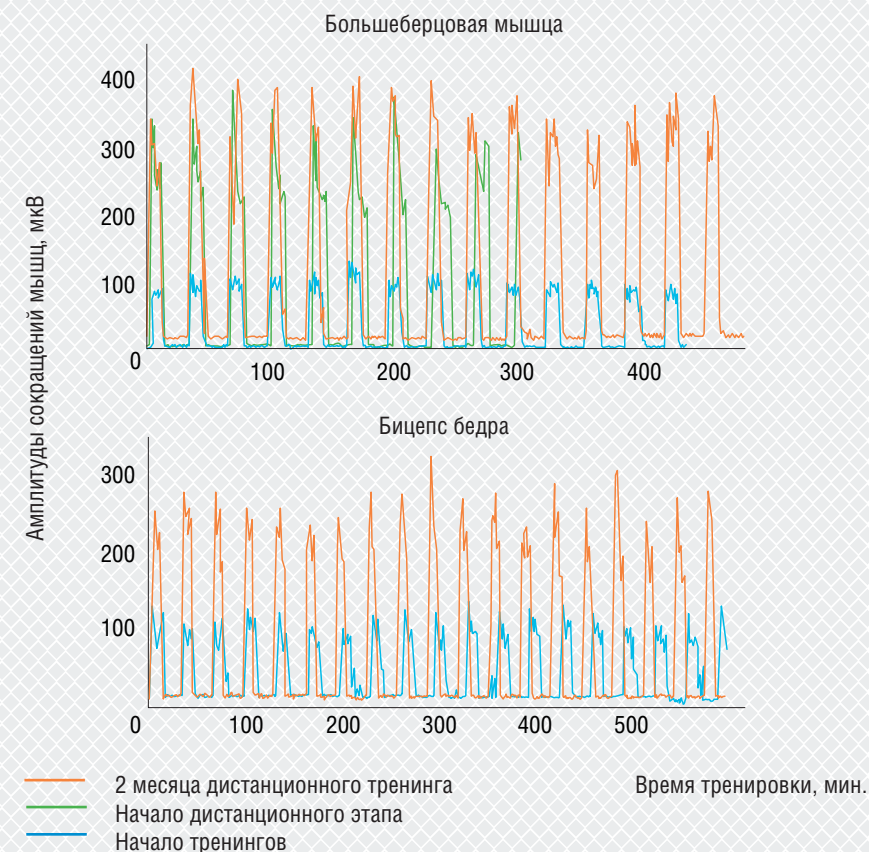
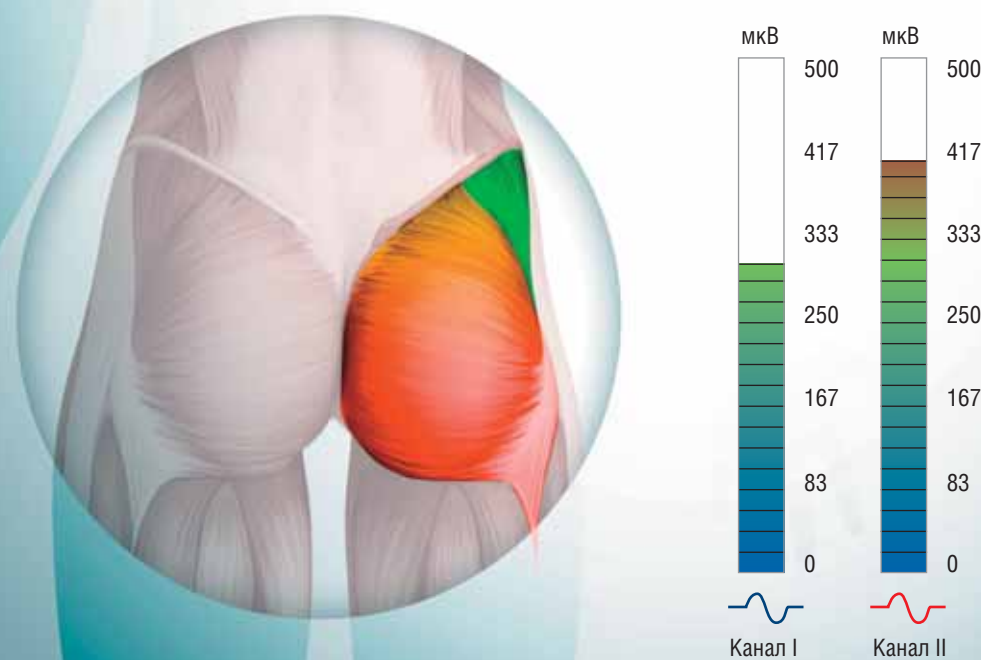
На фото – сотрудники лаборатории компьютерных систем биоуправления НИИ МББ СО РАМН Е. А. Тарасов, академик М. Б. Штарк и врач Г. М. Циркин обсуждают результаты сеанса дистанционного тренинга. На экране монитора – окно разговора по скайпу с одним из первых пациентов

Уже полученные результаты свидетельствуют, что использование «сетевой реабилитации» позволяет достичь значительного прогресса в восстановлении больных с тяжелыми двигательными нарушениями. Люди, до этого прикованные к постели, встают на ноги, начинают передвигаться с помощью ходунков или костылей; у них увеличивается мышечная масса тела, появляется возможность самостоятельно себя обслуживать – все это заметно улучшает качество жизни. Цифры говорят



Во время тренинга биоуправления динамика поврежденных функций сравнивается с сохраненными, например, сравниваются электромиография (ЭМГ) симметричных мышц, полученная по двум каналам (вверху). В случае, когда интегральная ЭМГ по обоим каналам будет превышать пороговую, прозвучит сигнал обратной связи. После завершения тренинга его результат можно оценить по «картинке» на мониторе: если тренируемые группы мышц реагировали, они окрасятся в зеленый цвет; если остались в напряженном состоянии – в красный, в расслабленном – в синий (внизу)

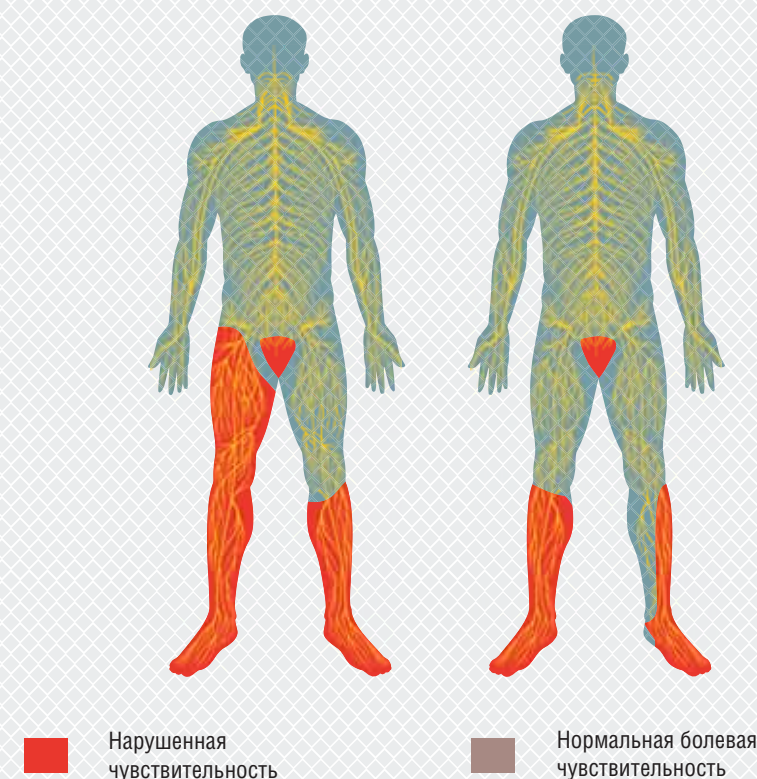
Начало проекту «Сетевая нейро-реабилитация» было положено в 2008 г., однако программно-аппаратные комплексы «БОСЛАБ», разработанные новосибирскими исследователями для восстановления нарушенных физиологических функций, применялись в медицине еще с 1990-х гг., но только в условиях стационара



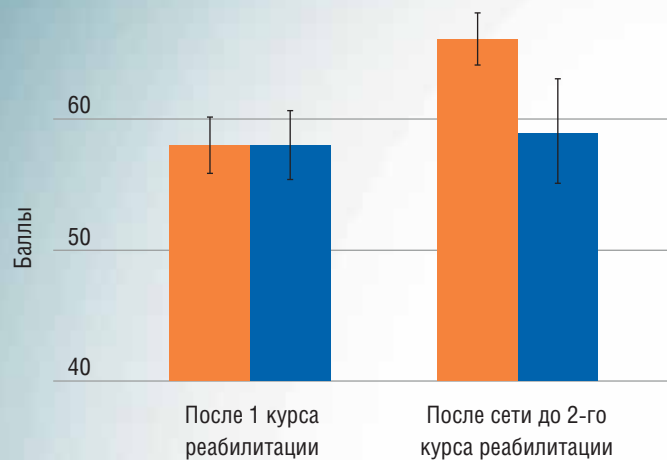
С помощью сетевой нейрореабилитации удалось добиться значительного восстановления уровня функционирования мышц левой конечности у 50-летнего пациента с инсультом по ишемическому типу с левосторонним гемипарезом

сами за себя: при сравнении двух групп больных с нарушениями мозгового кровообращения (контрольной и проходивших реабилитацию по новой методике) оказалось, что в первой группе инвалидами остались около 70 % пациентов, во второй же – около 40 %.

Главное – нейрореабилитация становится перманентной, сетевая нейрореабилитация создает инновационные предпосылки для развития этой технологии на просторах страны, радикально изменяя качество жизни как самих больных, так и их родственников.



Еще один клинический пример – реабилитация последствий вертебро-спинальной травмы с повреждением спинного мозга у 20-летней женщины. Тренинги биоуправления, продолженные после выписки из стационара в домашних условиях, позволили в значительной мере восстановить болевую чувствительность в нижних конечностях (слева) и увеличить их мышечную массу



Группа сетевой нейрореабилитации
Контрольная группа

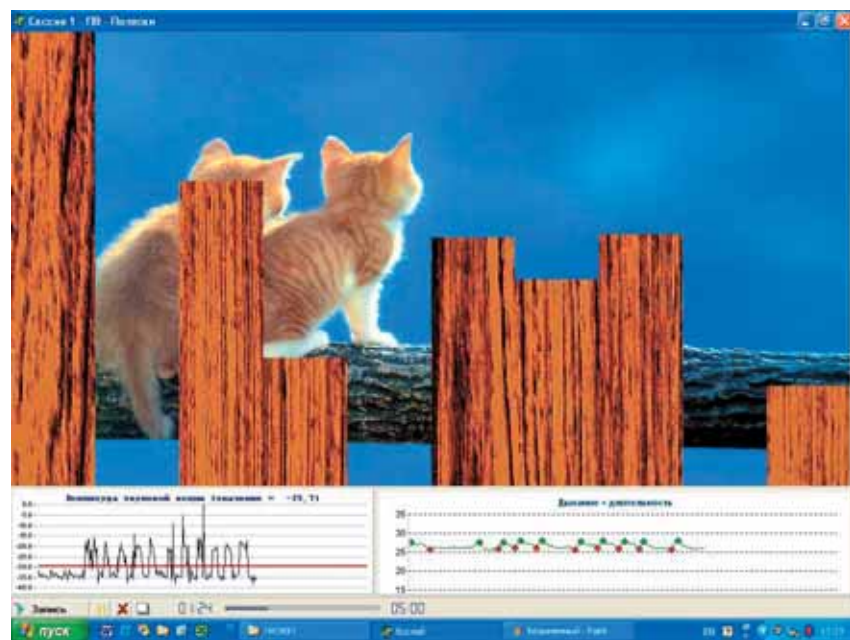
Оценка функциональной независимости по шкале FIM™ у пациентов с позвоночно-спинальной травмой в группе сетевой нейрореабилитации и контрольной группе

Для лиц, страдающих нарушениями речи в результате инсульта разработана специальная методика с программным обеспечением «БОСЛАБ-ЛОГО». Она позволяет контролировать не только напряжение мышц, но и температуру выдыхаемого воздуха, длительность фаз дыхательного цикла, амплитуду звуковой волны. Методика занятий, основанная на принципе целостного функционирования речевого аппарата и центральной нервной системы, помогает формировать навыки четкой артикуляции и интонационную выразительность речи, стабилизировать темп речи и преодолевать логофобию – боязнь разговора

Опыт применения технологии сетевой нейрореабилитации показал, что с ее помощью можно не только закрепить лечебный эффект, достигнутый в стационаре, но и резко увеличить степень и качество восстановления двигательных и речевых функций, нарушенных в результате «мозговых катастроф». Широкое внедрение этого метода предположительно почти вдвое (с 47 до 25%) должно сократить долю тех, кто в работоспособном возрасте вынужден получать инвалидность.

Технология сетевой нейрореабилитации может стать спасительным выходом и для ряда поликлиник, особенно в удаленных районах, где отсутствуют квалифицированные специалисты-реабилитологи. В этом

Методика занятий на комплексе «БОС-ЛАБ» для реабилитации пациентов с речевыми нарушениями после инфарктов мозга основывается на принципе целостного функционирования речевого аппарата и центральной нервной системы человека. При тренировке плавного речевого выдоха во время игрового тренинга «Полоски» биоуправляемым сигналом служит амплитуда звуковой волны. Пороговое значение показателя устанавливается в начале сессии немного выше уровня тишины. При выдохе цветная полоска на экране пациента уменьшается, открывая часть картинки. Если амплитуда звуковой волны будет выше порогового значения, полоска откроется до конца. Цель тренинга – открыть всю картину



Программно-аппаратные комплексы «БОС-ЛАБ», в которых реализована технология компьютерного биоуправления, производятся ООО «Компьютерные системы биоуправления» (Новосибирск) по лицензионному соглашению с НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАН. Линейка «БОС-ЛАБ» включает в себя ряд портативных малогабаритных устройств, которые предназначены не только для реабилитации после инсульта и тяжелых спинномозговых травм, но и для лечения психосоматических заболеваний, в том числе депрессивных расстройств, и коррекции синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) у детей. Их также используют для психофизиологической диагностики и так называемого «тренинга оптимального функционирования», формирующего навыки мгновенной концентрации и быстрого снятия психического напряжения, что особенно важно в стрессовых ситуациях

случае можно организовать качественную помощь амбулаторным больным благодаря дистанционным консультациям с ведущими специалистами.

Все эти инновационные меры позволят восстановить здоровье и вернуть к нормальной жизни десятки тысяч наших соотечественников, в том числе перенесших инсульт, большинство из которых сейчас обречено на ту или иную степень инвалидности.

Литература

- Гук Р.Ю., Воронинский В.А., Циркин Г.М. и др. Сетевая нейрореабилитация // Вестн. восстанов. медицины. 2008. №4 (26). С. 47–50.
- Гук Р.Ю. Дистанционная (сетевая) коррекция нарушений движений на основе биоуправления с использованием Интернет-технологий // Мат-лы XXI съезда Росс. физиол. общества, Симп. «Биоуправление: теория и практика», 19–25 сентября 2010, Калуга. С. 70–81.
- Джафарова О.А., Штарк М.Б. Компьютерные системы биоуправления: тенденции развития // Медицинская техника. М.: Медицина. 2002. №1. С. 34–35.
- Цукурова Л. А., Есипенко Н. В. Улучшение целевых показателей заболеваемости, смертности и летальности от инсультов в Краснодарском крае // Русский медицинский журнал. 2012. № 10. С. 534–536.
- Штарк М.Б., Савелов А.А., Резакова М.В., Мажирова К.Г. Как увидеть мысли. Неортодоксальные приложения магнитно-резонансной томографии // НАУКА из первых рук. 2013. № 4 (52). С. 32–44.
- Guk R. Yu., Jafarova O.A., Sklyar M.M., Chernikova L.A., Tarasevich A.F., Shtark M.B. Neurofeedback and network rehabilitation. // Proceedings of 17th ESPRM European Congress of Physical and Rehabilitation Medicine. Venice, Italy, May 23–27, 2010. P. 28–30.
- O.A. Jafarova, E.A. Tarasov, M.B. Shtark, R. Yu. Guk Development of the system for continuous medical rehabilitation for patients with post-stroke and spinal cord injury motor disorders // Proceedings 9th Intl Conf. on Disability, Virtual Reality and Assoc. Technologies, P M Sharkey, E Klinger (Eds). Laval, France, Sept. 10–12, 2012. P. 385–392.