

## ГЛАВА 5.

---

### ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ

Использование робототехнических приспособлений бесспорно является перспективным направлением. На современном уровне развития техники имеются предпосылки для дальнейшего развития данного направления и совершенствования методик.

Использование при обучении ходьбе компьютеризированных роботов-ортезов, обеспечивающих пассивные движения в нижних конечностях (системы «Erigo» и «Lokomat») оказались эффективными для больных с гемипарезами в острой стадии инсульта, когда при стабилизации показателей гемодинамики больные ещё не способны поддерживать вертикальное положение, а также для больных с нижним парапарезом (по-

звоночно-спинномозговая травма, спинальный инсульт) [8, 10, 13, 15, 16].

Один из путей совершенствования – это сочетание роботизированных технологий с другими методами активации механизмов нейропластичности (функциональная нервно-мышечная электростимуляция и стимуляционные методы лечения, воздействующие на различные уровни ЦНС).

Использование технологий виртуальной реальности, имитирующей реальные условия с помощью компьютерных техник, позволяет достичь большей эффективности тренировок на фоне обратной сенсорной связи. С помощью фМРТ подтверждена реорганизация активности двигательной коры при применении технологий виртуальной реальности для тренировки ходьбы [1, 9, 11, 12].

Следует отметить, что начало работ по разработке роботизированных устройств для тренировки нарушенных движений связано, прежде всего, с открытиями в области фундаментальных исследований пластических процессов в центральной нервной системе при её повреждениях. Согласно современным представлениям, в основе, как истинного восстановления, так и компенсации нарушенных функций при повреждениях головного мозга, лежат механизмы нейропластичности, под которой подразумевается способность различных отделов ЦНС к реорганизации за счет структурных изменений в веществе мозга. В многочисленных экспериментальных и клинических исследованиях показано, что в активизации механизмов нейропластичности ЦНС решающая роль принадлежит афферентации, возникающей с паретичных конечностей при их длительной, целенаправленной и интенсивной тренировке, что и обеспечивается такими роботизированными системами как «Ergo» и «Lokomat».

### *Сочетанное применение функциональной стимуляции и роботизированной реконструкции ходьбы*

В число основных методов нейрореабилитации входит функциональная электростимуляция (ФЭС) нервомышечного

аппарата, являющаяся высокоэффективным способом коррекции патологических двигательных стереотипов [2]. В отличие от классической стимуляционной терапии, проводимой в покое, миостимуляция в движении моделирует физиологичный паттерн нейромышечной активности не только на уровне спинальных локомоторных структур, но и на более высоких уровнях иерархии центральной нервной системы. В связи с тем, что у значительной части пациентов, перенесших инсульт или спинальную травму, имеются стойкие двигательные нарушения, ограничивающие, либо совершенно исключают возможность применения ФЭС в ходьбе, перспективным является применение функциональной стимуляции во время тренинга таких больных на циклических реабилитационных тренажерах [3, 4]. В остром периоде церебрального инсульта большая часть пациентов не вертикализована. Использование встроенной в «Ergo» функциональной стимуляции открывает возможности для лечения пациентов с выраженными двигательными нарушениями, у которых применение ФЭС в ходьбе и на циклических тренажерах невозможно. Нейрофизиологическая сущность данного метода заключается в точном временном соответствии искусственного (электрические импульсы) и естественного (движение) возбуждения мышцы в двигательных актах пациента. Таким образом, исследуемый метод совмещает в себе основные направления двигательной реабилитации: кинезо-, физиотерапию и функциональное ортезирование.

Применяемый в нашей клинике комплекс «Ergo» («Носота», Швейцария) позволяет одновременно с вертикализацией больного (от 0 до 80 градусов) проводить интенсивную двигательную терапию в виде динамических движений нижних конечностей с возможностью циклической нагрузки на них, а модуль MOTIONSTIM 8 (Medel), синхронизированный с работой «Ergo», позволяет проводить функциональную электростимуляцию на самых ранних этапах лечения, в процессе перевода пациента в вертикальное положение.

Пятьдесят восемь пациентов с гемипарезом в остром периоде ишемического инсульта были обследованы и разделены на две группы: 1-я группа включала 38 пациентов, которые получали курс реабилитационной терапии с включением в него за-

122 нятий на роботизированной системе «Ergo» и функциональной электростимуляции от модуля MOTIONSTIM 8 (Medel). Больные группы II (20) получали комплексное лечение без включения в него функциональной стимуляции. Для оценки реабилитационных мероприятий использовалась 6-балльная шкала парезов и электрофизиологическое обследование (импедансная кардиография, ультразвуковая доплерография пораженной средней мозговой артерии, вызванные потенциалы) до, во время и после сеанса роботизированной механотерапии. Было установлено, что применение функциональной электростимуляции безопасно в остром периоде инсульта, и эффект от сочетания ФЭС с роботизированной механотерапией выше, чем при традиционной кинезиотерапии.

Результаты проведенного исследования показали эффективность и безопасность сеансов восстановительной терапии на «Ergo» со встроенным блоком функциональной электростимуляции пациентов в остром периоде ишемического инсульта. С учетом данных клинического обследования и шкальных оценок была установлена более высокая эффективность занятий на аппаратном комплексе «Ergo» при восстановлении двигательных функций по сравнению со стандартной программой реабилитации. При проведении курса роботизированной механотерапии не выявлено выраженных и стойких изменений показателей центральной и церебральной гемодинамики, что свидетельствует о безопасности применения метода. Разница в приросте мышечной силы в паретичной конечности была достоверно значимой ( $p < 0,05$ ) между группами.

### *Стимуляция структур головного мозга в сочетании с роботизированной механотерапией*

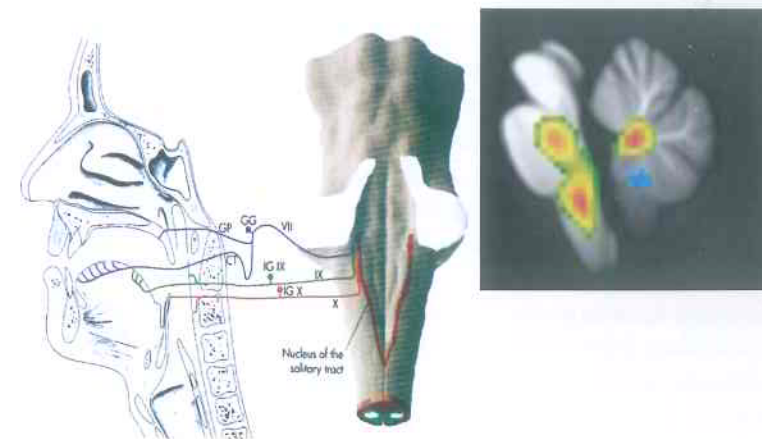
В нейрореабилитации активно применяются стимуляционные (электростимуляция, магнитная стимуляция) методы лечения, воздействующие на различные уровни ЦНС (центральная кора, ствол мозга, спинной мозг). Все известные стимуляционные методики можно классифицировать по виду (ин-

вазивный или неинвазивный), по локализации стимула (ТМС, кортикальная и субкортикальная стимуляция), по характеристикам воздействия (прицельное или общее).

В 2003 г. в США появился новый метод лечения, основанный на электростимуляции вестибулярных ядер ствола мозга и мозжечка – BrainPortBalanceDevice. Аппарат состоит из основного блока, фиксируемого на шее, и стимулирующего электрода, который располагается на языке пациента. За счет встроенного датчика равновесия в стимулирующем электроде происходит корректирующее поддержание позы пациента во время тренировки. Сигнал доставляется в мозг через два краνιαльных нерва: тройничный и лицевой. Посредством стимуляции этих нервов активируются вестибулярные ядра, которые располагаются в стволе мозга. Данные предположения были подтверждены результатами исследования функциональной МРТ.

Собраны достаточно обширные данные североамериканских и европейских клиник по итогам изучения эффективности и механизмов действия ВР применительно к пациентам с последствиями ОНМК, рассеянным склерозом, вестибулярными нарушениями [5–7, 17].

Прибор находился на клинических испытаниях в клинике неврологии и нейрохирургии Национального Пироговского медико – хирургического центра. Методика прошла все не-



обходимые процедуры регистрации и с сентября 2008 г. была разрешена к применению в нашей стране. Целью нашего «пилотного» исследования являлось изучение эффективности сочетанного применения транслингвальной стимуляции и роботизированной механотерапии на восстановление функции ходьбы у больных с церебральным инсультом [14].

В исследовании приняли участие 46 пациентов (29 мужчин и 17 женщин) в возрасте от 22 до 64 лет (средний возраст  $51,4 \pm 2,1$  года), в остром периоде (4–5 дней) ишемического инсульта в бассейне СМА, с гемипарезом от 2 до 3 баллов.

Методы обследования включали в себя 6-ти бальную шкалу степени пареза, Шкалу инсульта национального института здоровья, индекс ходьбы Хаузера.

В зависимости от содержания лечебного комплекса больные были разделены на 2 группы. Пациенты получали лечение по стандартной схеме: мобилизация на аппарате «Ergo» (с 5 суток от развития инсульта) ежедневно по 20 минут в течение 14 дней. Дополнительно пациентам первой группы выполнялась транслингвальная стимуляция от аппарата Брейн-порт. После вертикализации пациентам обеих групп проводились тренировки на «Lokomat». Пациентам основной группы в сочетании с транслингвальной стимуляцией, пациентам контрольной группы – без. Занятия на системе «Lokomat» проводились ежедневно, в течение 4 недель. В результате лечения отмечалось снижение степени пареза в нижней конечности у пациентов обеих групп на 1,5–2 балла, без достоверно значимых отличий между группами.

Тяжесть инсульта по Шкале инсульта Национального института здоровья (NIHSS) уменьшилась на 5,8 баллов у пациентов 1 группы, и на 5,1 балла у пациентов 2 группы. После проведения 2-недельного курса реабилитации на аппарате «Ergo» показатели Индекс Ходьбы Хаузера были лучше у пациентов основной группы. Повторная оценка индекса ходьбы Хаузера проводилась после 4-недельного курса тренировок на комплексе «Lokomat» в ежедневном режиме. Под влиянием локомоторной тренировки в сочетании со стимуляционным лечением показатели индекса Хаузера также были лучше, чем в группе контроля. Более интересными, на наш взгляд, явля-



ются параметры скорости ходьбы у пациентов с гемипарезом. После 2-недельного курса на системе «Ergo» у пациентов 1 группы средняя скорость составляла  $0,32 \pm 0,10$  м/сек, у пациентов второй группы  $0,27 \pm 0,09$  м/сек. Повторно скорость ходьбы измерялась по окончании 4 недельных тренировок на «Lokomat», и соответственно, составляла у больных 1 группы –  $0,50 \pm 0,20$  м/сек, у больных группы 2 –  $0,45 \pm 0,12$  м/сек. Анализируя полученные результаты, можно предположить, что включение метода транслингвальной стимуляции в программы комплексной реабилитации улучшает восстановление функции ходьбы у больных с церебральным инсультом. Возможно, это объясняется уменьшением координаторных нарушений, хотя при полушарном инсульте они не ведущие. Возможно, более мощно происходит активизация механизмов нейропластичности, своеобразная синергия афферентации с нижних конечностей и потока импульсов из ядер ствола мозга. В настоящее время в клинике неврологии и нейрохирургии Национального Пироговского медико-хирургического центра продолжается серия исследований, направленных на изучения эффективности и механизмов действия роботизированной локомоторной терапии в сочетании с другими терапевтически-

126 ми воздействиями. Конечно, роботизированные комплексы, уже созданные и создаваемые не заменили и не заменят специалистов двигательной реабилитации. Однако, все большее количество врачей и их пациентов отмечают увеличение эффективности процесса реабилитации при использовании новых высокотехнологичных методов, как дополнение к традиционным и хорошо зарекомендовавшим себя комплексам восстановительного лечения. Роботизированные устройства в настоящее время начинают занимать определенное важное место в комплексной реабилитации неврологических больных с тяжелыми двигательными нарушениями различной этиологии, однако, по-видимому, требуются дальнейшие исследования как по изучению эффективности, так по разработке методик использования роботизированных систем.

## Список литературы

1. Бушенева С.Н, Кадыков А.С., Кротенкова М.В. Функциональная магнитно-резонансная томография и Нейрореабилитация. // Практическая неврология и Нейрореабилитация. 2006. №2. С. 39–41.
2. Витензон А.С., Петрушанская К.А. От естественного к искусственному управлению локомоцией. М., 2003. 440 с.
3. Горбешко Г.А., Кочетков А.В., Усольцева Н.И. Сочетанное применение ФПЭС и реабилитационного велотренажера у пациентов с ПСМТ // Медицинский алфавит. 2008. № 1. С. 6–7.
4. Горохова И.Г. Зими́на Е.В. Даминов В.Д. Комбинированные методы двигательной реабилитации. // Вестник национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2008. Т. 3, № 1, С. 49–50.
5. Зими́на Е.В., Даминов В.Д. Стимуляция стволовых структур мозга у пациентов с координаторными нарушениями. Материалы XI международной конференции «Современные технологии восстановительной медицины», Сочи 2010, С. 109.
6. Зими́на Е.В. Алексеева Т.В. Даминов В.Д. Новые технологии в реабилитации пациентов с нарушениями равновесия. // Вестник на-

ционального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2008. Т. 3, № 1, С. 76–77.

7. Зими́на Е.В. Горохова И.Г. Даминов В.Д. Транслингвальная стимуляция в реабилитации пациентов с координаторными нарушениями Материалы V Международного конгресса «Восстановительная медицина и реабилитация 2008», Москва, С. 78–79.
8. Реабилитация неврологических больных. А.С. Кадыков, Л.А. Черникова, Н.В. Шахпаронова. – М.: МЕДпресс-информ, 2008. 560 с.
9. Селявко Л.Е., Цветкова Л.С. Компьютерные технологии в восстановительном обучении. Вест. Моск. ун-та. Серия 14. Психология, 2006; 2: 71–78.
10. Черникова Л.А., Демидова А.Е., Домашенко М.А., Эффект применения роботизированных устройств («Эриго» и «Локомат») в ранние сроки после ишемического инсульта. // Вестник Восстановительной медицины. 2008. № 5. С. 73–75.
11. Черникова Л.А. Новые технологии в реабилитации больных, перенесших инсульт. Атмосфера. // Нервные болезни. 2005. № 5. С. 32–35.
12. Черникова Л.А. Нейрореабилитация: современное состояние и перспективы развития. // РМЖ. 2005. № 22. С. 1453–1456.
13. Chen J, Zhang ZG, Li Y et al. Intravenous administration of human bone marrow stromal cells induces angiogenesis in the ischemic boundary zone after stroke in rats. // Circ Res. 2003. N 92. P. 692–699.
14. New rehabilitation technology for patients with motor coordination disorders – E.V. Zimina, E.V. Bugorsky, V.D. Daminov // European journal of physical and rehabilitation medicine. 2010. Vol. 46 – Suppl.1. P. 3.
15. Van Peppen RP, Kwakkel G, Wood-Dauphinee S, Hendriks HJ; The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: What's the evidence? // Clin Rehabil. 2004. N18. P. 833–862.
16. Walsh T, Cotter S, Boland M, Greally T: Stroke unit care is superior to general rehabilitation unit care. // Ir. Med J. 2006. N9. P. 300–302.
17. Y.P. Danilov, M.E. Tyler, K.L. Skinner, R.A. Hogle and P. Bach-y-Rita. Efficacy of electrotactile vestibular substitution in patients with peripheral and central vestibular loss. // Journal of Vestibular Research. 2007. N 17. P. 119–130.

*Научное издание*

Даминов Вадим Дамирович  
Зими́на Екатерина Викторовна  
Рыбалко Наталья Владимировна  
Кузнецов Алексей Николаевич

**РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ХОДЬБЫ  
В НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ**

Формат 60x90 1/16

Усл. печ. л. 8,0. Уч.-изд. л. 6,3. Тираж 500 экз.

ISBN 978-5-94515-102-4

Издание Российской академи  
естественных наук

Отпечатано в ООО «Момент»

г. Химки, ул. Библиотечная, д. 11