

## РОБОТИЗИРОВАННАЯ ЛОКОМОТОРНАЯ ТЕРАПИЯ В НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ

УДК 616-78

**Даминов В.Д.**, главный реабилитолог, к.м.н., доцент.

*ФГДУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова», г. Москва*

### Введение

Способность к передвижению в пространстве – одна из наиболее важных двигательных функций живого организма. Реабилитация больных с двигательными нарушениями, резвившимися вследствие заболеваний и травм центральной нервной системы, является одной из наиболее актуальных проблем современной медицины. Это обусловлено, прежде всего, большой распространенностью, как сосудистых заболеваний головного мозга, так и травм головного и спинного мозга. Наиболее частым инвалидизирующим проявлением вышеупомянутых заболеваний является нарушение функции ходьбы различной степени выраженности.

Внедрение высокотехнологичных, компьютеризированных реабилитационных комплексов, работающих в режиме биологической обратной связи (БОС), во всем мире является приоритетным направлением моторной реабилитации больных с поражением центральной нервной системы. Одним из последних достижений в этом направлении является метод роботизированной механотерапии, направленный на раннюю активизацию больного и восстановление нарушенных двигательных функций. Использование локомоторных роботов в восстановлении двигательных функций сравнительно молодое, но быстро развивающееся направление нейрореабилитации. Ряд медицинских учреждений, помимо клинического применения роботизированных систем, проводит также научные исследования, связанные с использованием данного метода. В данной работе наряду с обзором научно-медицинских публикаций последних лет, посвященных применению ассистирующих роботов в нейрореабилитации, представлен пятилетний опыт включения роботизированных технологий в комплексную реабилитацию пациентов, находившихся на лечение в клинике неврологии и нейрохирургии Национального медико-хирургического центра им. Н.И.Пирогова (НМХЦ).

*Морфофункциональная регуляция движений и физиологические предпосылки для создания ассистирующих локомоторных роботов.*

Согласно теории Берштейна Н.А., существует несколько уровней управления двигательной функцией, каждый из которых имеет свой механизм «обратной связи» [1]. Высший уровень регуляции ходьбы обеспечивается корой больших полушарий и связанными с ней подкорковыми структурами. Его основная функция – адаптация постуральных и локомоторных синергий к конкретным условиям окружающей среды, положению тела в пространстве, намерениям индивидуума. В нем можно выделить две основные подсистемы. Первую подсистему образуют звенья основного моторного корково-подкоркового круга. Начинаясь от различных отделов коры, он последовательно включает нейроны стриатума, паллидума, таламуса и возвращается к дополнительной моторной коре, структу-

ры этого круга участвуют в инициации и поддержании движения. Дополнительная моторная кора, взаимодействуя с другими структурами круга, обеспечивает подготовку и реализацию сложных автоматизированных, заученных локомоторных и постуральных синергий, особенно при многоэтапных движениях, участвуя в последовательном переключении их фаз, а также в выборе и переключении программ ходьбы при изменении ее условий. Лобные доли и базальные ганглии играют важную роль в выборе и реализации адекватных локомоторных и постуральных синергий. Нарушение генерации постуральных сдвигов при первом шаге или поворотах – один из основных дефектов при нарушениях ходьбы высшего типа, связанных с поражением лобных долей и базальных ганглиев. При поражении дополнительной моторной коры и базальных ганглиев нарушается автоматический выбор адекватной стратегии, подавляются или замедляются предвосхищающие и спасательные постуральные синергии, что приводит к частым падениям. Состояние корково-подкоркового моторного круга модулируется нигростриарной дофаминергической системой. Основной компонент второй подсистемы высшего уровня регуляции ходьбы – премоторная кора, через которую реализуются движения, иницирующие и реализующиеся под влиянием внешних стимулов. Посредством многочисленных корково-корковых связей премоторная кора тесно взаимодействует с ассоциативными зонами теменной коры, которые на основе получаемой зрительной, проприоцептивной, тактильной, вестибулярной, слуховой информации формируют схему тела и окружающего пространства. Через премоторную кору обеспечивается приспособление локомоторных синергий к конкретным условиям поверхности и другим особенностям внешней среды. Эта подсистема особенно важна при новых непривычных движениях или при выполнении заученных движений, но в непривычном контексте, а также при преодолении препятствий или при необходимости учета внешних ориентиров (например, при ходьбе через нарисованные на поверхности полосы). При поражении премоторной коры, в первую очередь, нарушается выполнение заданий, требующих визуомоторной координации, например ходьба по неровной поверхности или преодоление препятствий. Премоторная кора регулирует ходьбу через первичную моторную кору. Кроме того, от нее непосредственно отходят волокна к ретикулярной формации продолговатого мозга – единому конечному пути к спинальным генераторам ходьбы [2]. Установлено, что спинной мозг содержит спинальные генераторы локомоторной активности (СЛГ) – интернейронные структуры, обеспечивающие стереотипную ритмическую координированную активность мышц каждой конечности, межконечностную координацию, а также координацию активности мышц конечностей и туловища для передвижения в пространстве. В норме СЛГ активируются супраспинально, через рети-

кулоспинальную и другие нисходящие системы, и корригируются афферентным притоком.

Нарушение двигательной функции может быть обусловлено поражением пирамидной и экстрапирамидной системы на различных уровнях. В основе восстановления нарушенной двигательной функции лежит механизм нейропластичности – способности нервной ткани к структурно-функциональной перестройке, наступающей после ее повреждения. В процессе проведенных ранее исследований было доказано, что механизм нейропластичности активизируется в процессе многократного целенаправленного повторения движений [3, 4, 5]. Необходимо также отметить, что при полном поражении пирамидного пути в процессе восстановительного лечения двигательных нарушений на первый план выходит активация СЛГ спинного мозга, что также достигается путем длительной целенаправленной тренировки мышц. В современной нейрореабилитации при восстановительном лечении двигательной функции всё большее предпочтение отдается роботизированным реабилитационным комплексам. В процессе тренировки на роботизированных комплексах происходит длительная целенаправленная тренировка конечностей, активация процессов нейропластичности и спинальных генераторов локомоторной активности и закрепление эффекта с помощью БОС.

*Роботизированная механотерапия в клинической практике (обзор литературы и собственные наблюдения).*

К роботизированным устройствам для восстановительного лечения верхней конечности относятся MITMANUS, ARM Trainer, mirror-image motion enable (MIME) robot, Armeo; для восстановления нижней конечности применяются – Erigo, Lokomat, Lokohelp, Rehabot, Gait Trainer, Lopes и т.д. [6]. К устройствам, аналогичным Erigo, относится появившаяся в Италии в 2010 году система BTS ANYMOV – роботизированная больничная койка для функциональной реабилитации пациентов, перенесших инсульт или черепно-мозговую травму (ЧМТ). Это – реабилитационная роботизированная больничная койка, позволяющая проводить тренировки, построенные на плавных, пассивных упражнениях. Работа данного аппаратного комплекса обеспечивает активную, поддерживающую, сегментированную и мультисегментированную мобилизацию бедра, коленей, голеностопного сустава за счет активных упражнений с сопротивлением, соразмерным возможностям пациента. Восстановление навыка ходьбы также предусматривает поднятие-спуск пациента по ступеням как необходимый элемент ежедневной двигательной активности.

В последние годы были разработаны роботы для тренировки поднятия-спуска по лестнице. К ним относятся системы G-EO, Haptic Walker. Эффективность работа-тренажера G-EO-System по сравнению с работой инструкторов была подтверждена показателями электромиографического исследования в исследовании Hesse S., Waldner A., Tomelleri C. (2010).

Наиболее изученными являются роботизированные комплексы Erigo и Lokomat (Hocoma, Швейцария). По состоянию на июнь 2009 г. в мире насчитывалось около 240 роботов Lokomat. В настоящее время стремительно растет количество исследований, оценивающих эффективность роботизированной механотерапии в восстановительном лечении двигательной функции по сравнению с консервативной реабилитационной терапией.

В работе Mayr A., Kofler M. (2007) [7] изучались эффекты использования системы Lokomat у 16 больных с постинсультными гемипарезами давностью не более 1 года с различной локализацией очага поражения и разной этиологией. Основная группа (8 больных) получала 3 недели тренировки на системе Lokomat, затем в течение 3-х недель – обычную традиционную терапию, а затем вновь в течение 3 недель – терапию с помощью системы Lokomat.

В контрольной группе (8 больных) последовательность применения традиционной терапии и системы Lokomat была иной. В течение первых 3 недель больные получали традиционную реабилитацию, затем в течение 3-х недель – систему Lokomat, и в заключение – опять 3 недели традиционной реабилитации. Эффекты проведенного лечения оценивались с помощью балльных шкал и по таким показателям системы Lokomat, как скорость ходьбы, степень разгрузки массы тела и степень уменьшения усилия управления со стороны Lokomat. Сравнительное исследование выявило преимущество автоматизированной тренировки на системе Lokomat по отношению к традиционной реабилитации в плане клинических показателей оценки ходьбы. Авторы считают, что тренировки на системе Lokomat особенно полезны на ранних стадиях восстановления, когда имеют место проблемы с балансом, выраженным парезом, нестабильностью мышечного тонуса.

В исследовании Hilder J., Nichols D. (2009) [8] оценивалась эффективность терапии с помощью системы Lokomat у 30 больных, с постинсультными гемипарезами с давностью инсульта от 28 до 200 дней. Помимо общепринятых клинических шкал использовались оценка ходьбы с помощью системы Paromed Neubeuern (Германия), анализировался биоэлектрический импеданс мягких тканей тела, оценивался мышечный тонус по шкале Ашфорта и активность ежедневной жизни с помощью индекса Бартеля. Проведенное исследование показало, что у больных, получавших тренировки на системе Lokomat, увеличивалась длительность одиночной опоры на паретичную ногу, что способствовало более симметричной походке, увеличивалась мышечная масса и уменьшалось процентное содержание жира в исследуемых тканях. В то же время статистически значимых отличий по другим измерениям не было отмечено.

Интересным представляется исследование, проводимое в 5 реабилитационных центрах США, Германии и Швейцарии в течение 2 лет, объектом которого стали 20 пациентов с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы давностью от 2 до 17 лет. Следует отметить, что до начала тренировок с помощью системы Lokomat 16 из 20 больных могли передвигаться, по крайней мере, на расстояние 10 м с помощью вспомогательных средств для ходьбы. Тренировки продолжались в течение 8 недель, 3–5 раз в неделю, по 45 мин в день. Проведенное исследование показало, что применение системы Lokomat у больных с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы приводило к достоверному увеличению скорости ходьбы, выносливости и улучшению выполнения функциональных задач. В то же время не было получено корреляций между увеличением скорости ходьбы и степенью пареза и спастичности. Следует отметить также, что 4 больных, которые до начала тренировок на системе Lokomat не могли передвигаться, так и не восстановили способность к передвижению после окончания 8-недельного курса обучения.

В 2008 г. Freivogel S., Mehrholz J. было проведено исследование, оценивающее эффективность роботизированного комплекса LokoHelp. В группе пациентов, занимавшихся на комплексе LokoHelp, отмечалось достоверно значимое ( $p=0,048$ ) улучшение способности ходьбы согласно Функциональным Категориям Ходьбы (Functional Ambulation Category) с 0,7 до 2,5; достоверно значимое ( $p=0,086$ ) нарастание силы в нижних конечностях согласно индексу Мотрисайти (Motricity Index) с 94 до 111 единиц; достоверно значимое ( $p=0,033$ ) увеличение мобильности согласно индексу Ривермид (Rivermead Mobility Index) с 5 до 7 единиц [9].

Интересные результаты получены научной группой отделения физической медицины и реабилитации университетского госпиталя Хадасса (Израиль), изучавшей эффективность реабилитации больных после острого инсульта с применением робота Lokomat (37 больных) в

сравнении с обычными методами (30 больных). Курс лечения: 6 недель 3 раза в неделю по 30 минут. В группе с применением роботизированных технологий больные достоверно чаще достигали способности к независимому передвижению [10].

В доступной литературе встречаются и отрицательные отзывы. Так, в рандомизированном контролируемом исследовании, проведенном в Иллинойском университете (США), с участием 48 больных с постинсультным гемипарезом, отмечается, что монотерапия на роботизированном комплексе Lokomat дает худшие результаты по сравнению со стандартной кинезотерапией, проводимой инструктором [11]. Похожие результаты приводят исследователи из 2-х учреждений Вашингтона (США). Из 63 пациентов, перенесших инсульт 34 получали 3 раза в неделю роботизированную терапию по 90 минут. Группу контроля составили 29 пациентов с традиционными комплексами реабилитации. В результате установлено, что использование робота в качестве монотерапии дает худшие результаты, чем традиционный курс лечения [12].

В клинике неврологии и нейрохирургии НМХЦ проводились исследования по изучению эффективности роботов при различных патологических состояниях, приводящих к нарушению функции ходьбы [13].

С 2007 по 2009 год нами проведено исследование эффективности и безопасности применения роботизированных технологий в остром периоде инсульта [14]. Сто пациентов с гемипарезом в остром периоде ишемического инсульта были обследованы и разделены на две группы: 1-я группа включала 60 пациентов которым проводился курс занятий на роботизированном комплексе Erigo, 40 пациентов 2-ой группы (контроль) получали традиционную реабилитацию. Для оценки эффективности проводился неврологический осмотр с применением 6-ти балльной шкалы степени пареза, шкала инсульта Национального института здоровья, индекс активности Бартела. Контроль за гемодинамическими показателями осуществлялся при помощи импедансной кардиографии и ультразвуковой доплерографии сосудов головного мозга. В результате лечения отмечалось достоверно значимое снижение степени пареза в паретичной нижней конечности у пациентов 1-ой группы. Тяжесть инсульта по шкале NIHSS уменьшилась на 40,8% у пациентов 1-ой группы, и на 36,8% у пациентов 2-ой группы, средние показатели индекса Бартела увеличились на 43,9% у пациентов 1-ой группы и на 26,9% у пациентов 2-ой группы. По данным УЗДГ на 20-й день реабилитационной терапии у пациентов 1-ой группы было зафиксировано повышение линейной скорости кровотока (ЛСК) и снижение индексов периферического сосудистого сопротивления в пораженной средней мозговой артерии (СМА).

В 2010 году мы завершили исследование, начатое в 2007 году [15]. Пациенты поступали на реабилитацию из нейрохирургического и неврологических отделений НМХЦ им. Н.И.Пирогова, а также из других московских и региональных стационаров. Было обследовано 117 пациентов (87 мужчин и 30 женщин) в возрасте 18-60 лет, в промежуточном периоде цервикальной спинно-мозговой травмы, (средние сроки после травмы  $2,3 \pm 0,4$  месяца) с синдромом полного и неполного нарушения проводимости спинного мозга. Всем больным была проведена операция по декомпрессии спинного мозга и стабилизации позвоночника. Уровень повреждения позвоночника и спинного мозга - шейный отдел: С5 – у 22,3% пациентов, С6 – у 37,2%, С7 – у 28,3%, С8 – у 12,2%. Критерии отбора: пациенты, перенесшие позвоночно-спинномозговую травму с двигательными расстройствами, представленными вялым верхним периферическим парезом и нижним парапарезом или параплегией. Критерии исключения: тяжелое общее состояние пациента (гипертермия любого генеза, критичные состояния со стороны ССС,

ДС, ЖКТ и т.п.); тромбозы вен нижних конечностей; выраженные мышечно-суставные контрактуры; пролежни в местах крепления манжет. Курс комплексного реабилитационного лечения составлял три недели. В зависимости от типа и характера травмы, а также содержания программы реабилитации, пациенты были разделены на две группы: основная группа 1 (n=70) и группа контроля 2 (n=47). В свою очередь каждая из групп была разделена на подгруппы. Основная группа – на подгруппу 1А (n=51), с неполным нарушением проводимости спинного мозга и подгруппу 1Б (n=19) с полным нарушением проводимости. Контрольная группа – на подгруппы 2А (n=37) и 2Б (n=10), соответственно. Всем больным группы 1, проводился стандартизированный реабилитационный курс (медикаментозная терапия, массаж, лечебная гимнастика, тренировки на циклических тренажерах, физиотерапия, функциональная программируемая электростимуляция) с включением в него локомоторных занятий на роботизированной системе Erigo. Больные группы 2 получали аналогичное восстановительное лечение, но вместо занятий на системе Erigo получали тренировки на классическом поворотном столе, и являлись группой контроля.

### Результаты и обсуждение.

У больных с неполным нарушением проводимости на фоне проведения роботизированной механотерапии отмечено достоверно значимое ( $p < 0,05$ ) снижение степени пареза на 1,5-1,7 баллов в проксимальных отделах нижних конечностей и на 1,2-1,4 балла в дистальных отделах. В подгруппе контроля данные показатели изменились не значительно и не достоверно – на 0,1-0,6 и 0,2-0,3 баллов соответственно. У больных с полным нарушением проводимости (подгруппы 1Б и 2Б) на фоне проведенной терапии, как и до лечения, способности к произвольным движениям не выявлено. После цикла локомоторной тренировки на системе Erigo отмечено снижение мышечного тонуса по шкале спастичности Ашфорта у пациентов как с полным, так и с неполным нарушением проводимости, на 0,8-1,0 балла в проксимальных и на 0,8-1,2 балла в дистальных отделах нижних конечностей. Данные изменения являются достоверно значимыми ( $p < 0,05$ ) по сравнению с исходными. В контрольной группе так же отмечалось снижение мышечного тонуса (на 0,2-0,7 и 0,4-0,7 баллов соответственно), но данные изменения не достигали достоверной значимости. Изменения мобильности и потребности пациентов во вспомогательных средствах передвижения мы оценивали по тесту Индекса ходьбы Хаузера. В основной группе в 1А подгруппе после курса 25 человек (ранг 5) обрели возможность передвигаться с помощью двухсторонней опорой и 10 человек с тростью (ранг 4). В подгруппе 1Б на 26% (ранг 8) стало больше пациентов, освоивших самопередвижение в коляске. В группе контроля во 2А подгруппе передвижение с двухсторонней поддержкой освоили 7 человек (ранг 6) и с 2-х сторонней опорой 4 человека (ранг 5), с односторонней опорой ни одного, т.е. результаты хуже в 2 раза по сравнению с подгруппой 1А. В 2Б подгруппе на 20% (ранг 8) стало больше пациентов, освоивших инвалидную коляску, что тоже меньше, чем в 1Б подгруппе. Отмечалась положительная динамика освоения вертикального положения пациентов двух групп. В основной группе до лечения 44 пациента не могли находиться в вертикальном положении, после проведенного курса реабилитации их осталось только 4. Пациенты 1 группы были вертикализированы к 4-9 тренировочному занятию. В 1А подгруппе до лечения могли сделать несколько шагов 5 больных, после - 33 человека, 8 из которых передвигались с тростью. Группа контроля, до реабилитации имела 29 пациентов, которые не могли находиться в вертикальном положении, после курса - 17 больных, т.е. более половины больным не хватило 18 тренировочных занятий для перевода в вертикальное положение. В 2А подгруппе до ле-



## Erigo®

Erigo — инновационный стол-вертикализатор с интегрированным роботизированным ортопедическим устройством для ранней активизации длительно иммобилизированных пациентов.

### Модуль функциональной электростимуляции (ФЭС)

- Для улучшения клинической эффективности реабилитации Erigo может быть оснащен модулем функциональной электростимуляции (опционально).
- Использование модуля ФЭС позволяет предотвратить развитие мышечной атрофии, увеличить объем движений и улучшить трофику тканей нижних конечностей пациента.



Поставки медицинского оборудования • комплексное проектирование

**Закажите каталог бесплатно на сайте [www.beka.ru](http://www.beka.ru)**

124489, г. Москва, Зеленоград, ул. Сосновая аллея, д. 6а, стр. 1 тел.: +7 (495) 666-3323; 742-4430  
факс +7 (495) 742-4435 • [info@beka.ru](mailto:info@beka.ru) • [www.beka.ru](http://www.beka.ru) • бекa,рф



чения могли сделать несколько шагов 4 пациента, после - 11 человек, 4 из которых передвигались с тростью. Во время проведения тренировки на роботизированной системе Erigo ни у одного из пациентов основной группы не отмечалось выраженных или стойких изменений показателей центральной гемодинамики. Интересен катанестический анализ данных больных. Через 6 месяцев обследовано 62 пациента (53% от общего количества больных), находящихся в позднем периоде ПСМТ. Всем пациентам проведено неврологическое обследование, с определением мышечной силы, мышечного тонуса и мобильности. Через 6 месяцев незначительное уменьшение степени пареза и прироста мышечной силы на 0,2-0,4 балла в нижних конечностях отмечено в 1А подгруппе пациентов, получавших роботизированную механотерапию. В группах пациентов, не получавших роботизированные методы реабилитации, отмечается снижение мышечной силы 0,4-0,7 баллов и достоверно значимое ( $p < 0,05$ ) увеличение степени пареза. В подгруппах 1Б и 2Б с полным нарушением проводимости увеличения мышечной силы не произошло из-за невозможности к произвольным движениям в нижних конечностях.

Оценка мобильности пациентов и необходимости во вспомогательных средствах передвижения выглядела следующим образом. Пациенты основной группы после реабилитационного курса продолжали занятия в вертикальном положении дома. В 1А подгруппе 7 из 13 человек перешли на следующий двигательный режим, и кроме вертикального положения, могли пройти около 8 метров с двухсторонней опорой. 7 из 25 человек способных сделать несколько шагов, ходили по коридору с односторонней опорой, из 10 ранее ходивших, 9 шагали по лестнице. Из 1Б подгруппы 6 человек из 15 освоили параподиум и передвигались в вертикальном положе-

нии. Во 2А подгруппе из 10 человек, только 3 могли сделать несколько шагов с двухсторонней опорой, и 2 пациента могли шагать по лестнице. Из 2Б подгруппы только 1 пациент мог перемещаться с помощью параподиума.

В настоящее время завершается исследование, в котором принимают участие 98 пациентов (56 мужчин и 42 женщины) в возрасте от 45 до 75 лет, перенесших ишемический инсульт в бассейне средней мозговой артерии с 30 суток от дебюта заболевания [16]. Пациенты разделены на две однородные группы в зависимости от содержания лечебного комплекса: группа I основная ( $n=50$ ) получают занятия на роботизированном комплексе Lokomat, группа II контрольная ( $n=48$ ) получают тренировки на тредмиле с разгрузкой массы тела. Всем больным проводится стандартизированное восстановительное лечение (медикаментозная терапия, лечебная физкультура, массаж). Больным I и II групп до начала, во время, и после окончания реабилитации для оценки системной гемодинамики проводилась импедансная кардиография на аппарате CardioScreen 1000 фирмы Niccomo (USA), а для количественной оценки параметров церебрального кровотока всем пациентам была проведена транскраниальная билатеральная доплерография средней мозговой артерий (СМА). Тренировки пациентов проводились по 40 минут 5 дней в неделю, в течение 6 недель. Для оценки реабилитационных мероприятий использовалась 6-ти балльная шкала степени парезов, шкала инсульта национального института здоровья, индекс ходьбы Хаузера. Анализируя полученные результаты, можно предположить, что включение метода роботизированной терапии на комплексном аппарате Lokomat, в программы комплексной реабилитации в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта улучшает восстановление функции ходьбы.

Аналогичную эффективность роботизированной механотерапии при реабилитации пациентов после инсульта и позвоночно-спинномозговой травмы приводят наши коллеги из ГУ НЦН РАМН [17] и ЦКБВЛ ФМБА [18].

В последние годы, с появлением в России педиатрических роботизированных комплексов проводятся исследования по их эффективности у детей с церебральным параличом. Так в исследовании, проведенном в 2009 году в ФГУ НИДОИ им. Г.И. Турнера объектом исследования стали 30 детей с ДЦП (спастическая диплегия – 25, спастический гемипарез – 5) [19]. В 23 случаях двигательная реабилитация проводилась после комплексного ортопедо-нейрохирургического лечения. В 6 случаях – после инъекции ботулинического токсина для коррекции гипертонуса мышц нижних конечностей. Никто из пациентов до начала тренировок самостоятельно не ходил. Средний возраст детей составил 6,7 лет (от 2 лет 4 месяцев до 13 лет). Среднее время тренинга 23 минуты (15 - 45 мин). Длительность курса варьировала от 10 до 15 тренировок. В среднем за курс ребенок проходил 5431 метров. Во всех случаях производилась разгрузка пациента примерно на 50% от массы тела, чтобы создать условия для более физиологичной ходьбы. Во всех 30 случаях отмечалась положительная динамика. Трое детей стали ходить самостоятельно, проходя 10 - 15 метров, 15 пациентов научились ходить с поддерживающими устройствами, остальные заметно улучшили свою поструральную и динамическую стабильность. В исследовании, проведенном в ФГУ РРЦ «Детство» под наблюдением находилось 20 больных детским церебральным параличом (форма — спастическая диплегия, с эквиноварусной или вальгусной деформацией

стопы) в возрасте от 4 до 10 лет [20]. Пациенты были разделены на две группы. В контрольной группе детей комплекс восстановительного лечения, включал стандартную медикаментозную терапию, массаж, кинезотерапию, физиотерапевтические процедуры. В основной группе дети кроме вышеперечисленных процедур получали курс занятий на Lokomat, который состоял из 8-10 ежедневных процедур, продолжительностью от 20 до 40 минут. По основным клиническим признакам (форма и тяжесть заболевания), обе группы были сопоставимы. Одним из методов оценки была поверхностная ЭМГ мышц нижних конечностей. В основной группе при проведении повторного ЭМГ — обследования выявлено повышение биоэлектрической активности мышц-антагонистов в и понижение биоэлектрической активности спастических мышц. В контрольной группе признаки восстановления реципрокного и синергичного взаимодействия между мышцами-антагонистами и синергистами были менее значимы. Положительная динамика у больных, занимавшихся на Lokomat, по сравнению с контрольной группой была более выражена. Увеличение объема активных и пассивных движений, снижение уровня спастичности в основной группе: значительно у 3-х пациентов, умеренно у 6-ти пациентов, не изменился у 1-го. В контрольной группе снизился значительно у 1 пациента, умеренно у 5-ти пациентов, не изменился у 4-х пациентов. Несколько иные результаты приводят наши коллеги из Мюнхенского университета [21]. В исследовании участвовало 20 детей (средний возраст 11 лет) с двухсторонним спастическим параличом, которым в течение 3-х недель провели 12 занятий на работе Lokomat. По данным этого исследования, роботизированная механотерапия не име-



## Lokomat® PRO

Lokomat PRO — уникальный высокотехнологичный роботизированный комплекс для локомоторной терапии пациентов после инсульта, Спинального травмы, Черепно-мозговой травмы, Рассеянного склероза и других неврологических заболеваний.

- Лечение основано на механизме нейропластичности головного мозга — формирования и закрепление новых нейронных связей в ответ на интенсивные и многократно повторяющиеся одинаковые движения нижних конечностей.
- Автоматизированная локомоторная терапия значительно улучшает эффективность реабилитации по сравнению с мануальными методами.



Поставки медицинского оборудования • комплексное проектирование

**Закажите каталог бесплатно на сайте [www.beka.ru](http://www.beka.ru)**

124489, г. Москва, Зеленоград, ул. Сосновая аллея, д. 6а, стр. 1 тел.: +7 (495) 666-3323; 742-4430  
факс +7 (495) 742-4435 • [info@beka.ru](mailto:info@beka.ru) • [www.beka.ru](http://www.beka.ru) • [beka.pf](mailto:beka.pf)

**бека** p y c  
реабилитация • уход • спа

ет преимуществ перед традиционными методами реабилитации детей с церебральным параличом.

#### Заключение.

В последнее десятилетие локомотороботы начинают занимать определенное место в комплексной реабилитации неврологических больных с тяжелыми двигательными нарушениями различной этиологии, однако, по видимому, требуются еще дальнейшие исследования как по изучению эффектов, так и по разработке методик использования роботизированных систем. Большинство

авторов, использующих роботизированные устройства, отмечают, что данный метод ни в коем случае не заменяет традиционную кинезотерапию и должен применяться в комплексе с другими методами реабилитации. Несмотря на неоднозначные результаты, продемонстрированные до настоящего времени ассистирующими роботами в терапии двигательных расстройств, метод является одним из самых перспективных направлений нейрореабилитации и требует дальнейшего систематического накопления и анализа научных фактов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бернштейн Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. – М., Медицина, 1966 – 349 с.
2. Герасименко Ю. П. Генераторы шагательных движений человека: спинальные механизмы их активации // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 2002. – №3. – С. 14–24.
3. Cheatwood JL, Emerick AJ, Kartje GL. Neuronal plasticity and functional recovery after ischemic stroke. // *Topics in stroke rehabilitation*. – 2008. – Vol. 15. – P.42–50.
4. Dimyan M.A., Cohen L.G. Neuroplasticity in the context of motor rehabilitation after stroke // *Nat. Rev. Neurol.* – 2011. – № 1. – P. 46–51.
5. Sabel B.A., Matzke S., Prilloff S. Special issues in brain plasticity, repair and rehabilitation: 20 years of a publishing strategy // *Restor. Neurol. Neurosci.* – 2010. – Vol. 28, № 6. – P. 719–728.
6. Hachisuka K. Robot-aided training in rehabilitation. *J. Brain Nerve*; 2010; 2; 133–140.
7. Mayr A, Kofler M, Quirbach E, Matzak H, Frühlich K, Saltuari L. Prospective, blinded, randomized crossover study of gait rehabilitation in stroke patients using the Lokomat gait orthosis. *Neurorehabil Neural Repair*. 2007; 21(4):307–314.
8. Hidler J., Nichols D., Pelliccio M., Brady K: Multicentre randomized clinical trial evaluating the effectiveness of the Lokomat in subacute stroke. *J. Neurorehabil. Neural Repair*; 2009; 1; 5–13.
9. Freivoegel S., Mehrholz J., Husak-Sotomayor T., Schmalohr D. // Gait training with the newly developed LokoHelp- system is feasible for non-ambulatory patients after stroke, spinal cord and brain injury. A feasibility study // *Brain inj.* – 2008. – Vol. 22, № 7–8. – P.625–632.
10. The effectiveness of locomotor therapy using robotic-assisted gait training in subacute stroke patients: a randomized controlled trial / Schwartz I. et al. // *PM R*. 2009. Vol. 1, No 6. P. 516–523.
11. Enhanced gait-related improvements after therapist-versus robotic-assisted locomotor training in subjects with chronic stroke: a randomized controlled study / Hornby T.G. et al. // *Stroke*. 2008. Vol. 39, №6. P.1786–1792/
12. Multicenter randomized clinical trial evaluating the effectiveness of the Lokomat in subacute stroke / Hidler J. et al. // *Neurorehabil Neural Repair*. 2009. Vol. 23, No 1. P. 5–13.
13. Роботизированные технологии восстановления функции ходьбы в нейрореабилитации. Даминов В.Д., Зиминова Е.В., Рыбалко Н.В., Кузнецов А.Н. М.: РАЕН, 2010. 128 с. ISBN 978-5-94515-102-4
14. Рыбалко Н.В. Восстановительное лечение больных в остром периоде ишемического инсульта с применением технологии роботизированной механотерапии // *Дисс. на соиск. уч. степ. канд. мед. наук*. – М., 2009. – 122 с.
15. Зиминова Е.В. Медицинская реабилитация больных с применением роботизированной реконструкции ходьбы в первые месяцы после травмы спинного мозга // *Дисс. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук*. – М., 2010. – 125 с.
16. Канкулова Е.А. Влияние роботизированной механотерапии на улучшение двигательных функций в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта // *Дисс. на соиск. уч. степ. канд. мед. наук*. – М., 2011. – 123 с.
17. 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.
18. Кочетков А.В., Пряников И.В., Костив И.М. и др. Метод восстановления утраченной или нарушенной функции ходьбы с использованием роботизированной системы «Lokomat» (НОСОМА, Швейцария) у больных травматической болезнью спинного мозга // *Вестник восстановительной медицины*. 2009; 1: 82–86.
19. Баиндурашвили А.Г., Икеева Г.А., Иванов С.В., Коченова Е.А., Барлова О.В., Кенис В.М. Использование комплекса двигательной реабилитации Lokomat у детей с детским церебральным параличом. *Материалы симпозиума «Высокотехнологичное оборудование и его применение в нейрореабилитации»*. Москва, 2010. С. 10–11.
20. Лильин Е.Т., Измайлова А.Р., Полонская Н.М., Стефанкина Е.В., Гатауллина Э.Д. Применение роботизированной кинезотерапии «Pediatric Lokomat» в комплексной реабилитации детей с детским церебральным параличом. *Материалы II Международного конгресса «Нейрореабилитация-2010»*. Москва, 2010. С. 125.
21. Robotic-assisted treadmill therapy improves walking and standing performance in children and adolescents with cerebral palsy / Borggraef I. et al. // *Eur J Paediatr Neurol*. 2010, Feb 5.

**Резюме.** В данной работе наряду с обзором научно-медицинских публикаций последних лет, посвященных применению ассистирующих роботов в нейрореабилитации, представлен пятилетний опыт включения роботизированных технологий в комплексную реабилитацию пациентов, находившихся на лечение в клинике неврологии и нейрохирургии НМХЦ им. Н.И. Пирогова. Несмотря на неоднозначные результаты, продемонстрированные до настоящего времени ассистирующими роботами в терапии двигательных расстройств, метод является одним из самых перспективных направлений нейрореабилитации и требует дальнейшего систематического накопления и анализа научных фактов.

**Ключевые слова:** реабилитация, инсульт, спинальная травма, робот, Локомат, травма головного мозга.

**Abstract.** This article reviews of recent publications about robots applications in neurorehabilitation and additionally presents five years our experience of robotic rehabilitation of neurological and neurosurgical patients of National Medical Surgery Pirogov Center. Robotic-assisted rehabilitation is one of the most perspective methods to correction of locomotor dysfunctions, results of its application is no without controversy. It is important to accumulate data and analysis.

**Key words:** rehabilitation, stroke, spinal injury, robot, Lokomat, brain injury.

#### КОНТАКТЫ.

**Даминов Вадим Дамирович.**

Служебный адрес: 105203, Москва, Нижняя Первомайская, 70;  
служебный тел.: 8 (495) 464-23-54. e-mail – daminov07@mail.ru.