

# Влияние тренировок на роботизированной системе Lokomat на мобильность при ходьбе у больных с постинсультными гемипарезами

Л.А. ЧЕРНИКОВА, А.С. КЛОЧКОВ

ФГБУ «Научный центр неврологии» РАМН, Волоколамское ш., 80, Москва, Российская Федерация, 125367

## The influence of physical training with the us of a «Lokomat» robotic system on the walking ability of the patients presenting with post-stroke hemiparesis

L.A. CHERNIKOVA, A.S. KLOCHKOV

Research Center of Neurology, Russian Academy of Medical Sciences, Volokolamskoye shosse, 80, 125367 Moscow, Russian Federation

**Цель** — изучение механизмов улучшения функциональной мобильности у больных с постинсультными гемипарезами при использовании тренировок на роботизированной системе Lokomat. **Материал и методы.** 141 пациент с постинсультным гемипарезом давности 12,00 [3,0; 14,5] мес, основная группа больных ( $n=100$ ), получавших курс роботизированной терапии на системе Lokomat, контрольная группа больных ( $n=41$ ), получавших дополнительные занятия по обучению ходьбе с инструктором ЛФК. Клинические формализованные шкалы (Fugl-Meyer, Modified Ashworth scale, Perry mobility scale), 3D-видеоанализ локомоции с анализом внутри- и межсуставной кинематики до и после курса тренировок. **Результаты.** Улучшение временных (периода опоры и переноса) и кинематических (амплитуд сгибания—разгибания и отведения—приведения в тазобедренном суставе, а также угловой скорости сгибания-разгибания в коленном суставе и отведения—приведения в тазобедренном суставе) характеристик шага, в том числе внутри- и межсуставных взаимоотношений, являются основными причинами повышения мобильности при ходьбе при использовании роботизированной системы Lokomat.

*Ключевые слова:* постинсультный гемипарез, система Lokomat, мобильность при ходьбе.

**Aim.** The objective of the present study was to estimate the influence of the driven gait orthosis Lokomat on the functional mobility in the post-stroke hemiparetic patients and to elucidate the mechanisms underlying the improvement of functional mobility after the treatment. **Materials and methods.** The study included 141 patients presenting with post-stroke hemiparesis of the mean duration 12.00 [3.0; 14.5] months. The patients of the experimental group ( $n=100$ ) completed the robot-assisted training course, those of the control group ( $n=41$ ) were given conventional gait training therapy under the guidance of a specialist in therapeutic physical training. The results of the treatment were evaluated using the following clinical scales: Fugl-Meyer assessment scale, Modified Ashworth scale and Perry mobility scale. Step symmetry, intra- and inter-joint kinematics were measured using the 3D gait videoanalysis system before and after the treatment course. **Results.** The study has demonstrated a decrease of step asymmetry, the improvement of kinematic gait parameters (hip flexion/extension and hip abduction/adduction amplitudes, hip abduction/adduction and knee flexion/extension torque amplitudes) as well as inter- and intrajoint dynamic interactions. It is concluded that these changes can be the main causes behind the enhancement of the functional mobility of walking under the influence of training with the use of the driven gait orthosis Lokomat.

*Key words:* post-stroke, hemiparesis, driven gait orthosis Lokomat, mobility of walking.

Восстановление двигательной функции пациентов с последствиями нарушения мозгового кровообращения считается одной из наиболее важных задач современной медицины, что определяется высокой распространенностью cerebrovasкулярных заболеваний, а также значительным процентом нарушений функции ходьбы среди пациентов, перенесших инсульт [1, 2]. Одна из основных задач реабилитации заключается в восстановлении навыка ходьбы и тесно связанной с ним мобильностью, которая определяется как способность самостоятельно и безопасно перемещать себя из одного места в другое [3].

В настоящее время весьма эффективным инструментом для объективного анализа кинематики ходьбы человека, как нормальной, так и патологической, являются оптико-электронные системы регистрации локомоций [4]. Применение этих систем позволяет определять пространственно-временные и кинематические параметры ходьбы.

В настоящее время для коррекции нарушений ходьбы применяют различные роботизированные

*Сведения об авторах:*

Черникова Людмила Александровна — д.м.н., проф., г.н.с. отделения нейрореабилитации и физиотерапии НЦН; e-mail: luda\_cher44@mail.ru; Клочков Антон Сергеевич — к.м.н., н.с. отделения нейрореабилитации и физиотерапии НЦН

© Л.А. Черникова, А.С. Клочкова, 2014

устройства, среди которых особое место занимает система Lokomat [5], состоящая из беговой дорожки и устройства поддержки тела, а также роботизированных ортезов. Достоинством этой системы является возможность проведения тренировок с высокой интенсивностью, повторяемостью и целенаправленностью обучаемых движений, что соответствует современным принципам двигательного обучения [6, 7]. В большинстве завершенных на настоящий момент клинических исследований показано, что включение тренировок на системе Lokomat в комплексную реабилитацию больных с постинсультными гемипарезами достоверно улучшает функциональную мобильность при ходьбе, не оказывая заметного влияния на другие клинические параметры, по сравнению с традиционными методами реабилитации [8–10]. Таким образом, причины улучшения мобильности при ходьбе после курсового применения системы Lokomat остаются не совсем ясными.

Цель исследования — выявить механизмы улучшения функциональной мобильности при ходьбе у больных с постинсультными гемипарезами при использовании тренировок на роботизированной системе Lokomat.

## Материал и методы

Наблюдался 141 пациент (99 мужчин), средний возраст 55 [47; 64] лет), с последствиями полушарного нарушения мозгового кровообращения давностью 12 [3; 14] мес. Очаг инсульта располагался в правом полушарии у 76, в левом у 65 пациентов. У всех пациентов наблюдался гемипарез средней степени выраженности, в целом степень двигательного дефицита по шкале Fugl-Meyer составляла 152 [128; 173] балла, отдельно для ноги — 17 [14; 21] баллов. Спастичность в мышцах паретичной ноги (по шкале Ashworth) в среднем была равна 2 [2; 3] баллам. Мобильность при ходьбе, оцениваемая по шкале Perry, в среднем составляла 2 [2; 3] балла. Все пациенты методом случай—контроль были разделены на основную и контрольную группы, которые получали стандартную базисную терапию, включающую кинезитерапию, нервно-мышечную электростимуляцию, массаж паретичных конечностей. Кроме того, больные основной группы (100 человек) получали тренировки на системе Lokomat, а больные контрольной группы (41 человек) дополнительные за-

нятия лечебной гимнастикой, направленные на обучение ходьбе и преодоление патологических локомоторных синергий. Основная и контрольная группы были сопоставимы по таким клиническим признакам, как тяжесть двигательных нарушений в ноге по шкале Fugl—Meyer, степени спастичности в разгибателях голени и показателю функциональной мобильности при ходьбе. Вместе с тем следует отметить, что по такому признаку, как двигательный дефицит, в целом, по шкале Fugl—Meyer, больные основной группы были тяжелее, чем больные контрольной группы (табл. 1).

*Методы исследования.* До и после курса восстановительной терапии для клинической оценки двигательных нарушений использовались следующие шкалы: Fugl—Meyer assessment of physical performance [11], которая состоит из оценки двигательного дефицита верхней конечности, нижней конечности, оценки равновесия, чувствительности, объема пассивных движений, болевых ощущений при движении в руке и ноге, общий максимум баллов по шкале Fugl—Meyer — 226 соответствует норме; раздел шкалы Fugl—Meyer для ноги, оценивающий активность рефлексов, объем активных изолированных и сочетанных движений в положении лежа на спине, сидя и стоя, а также скорость и точность выполнения движений в ноге, максимальное количество 34 балла соответствует норме; Ashworth scale of muscle spasticity, модифицированная Bohannon и Smith [12], оценивающая спастичность в разгибателях стопы, 0 баллов соответствует норме; Perry Classification of Functional Walking Category [13] для оценки способности к самостоятельному передвижению (функциональной мобильности при ходьбе) больных, перенесших инсульт, 0 баллов соответствует невозможности ходить без посторонней помощи, а максимальное количество в 5 баллов соответствует возможности свободного самостоятельного передвижения.

Для инструментальной оценки движений использован оптико-электронный аппаратно-программный комплекс «Видеоанализ движений», производства научно-медицинской фирмы «Статокин». Вычислялись временные параметры ходьбы: время периодов опоры и переноса в цикле шага, а также кинематические характеристики: амплитуда движений (А), диапазон угловой скорости (УС) в тазобедренном суставе (ТС) и коленном суставе (КС) в сагиттальной и фронтальной плоскостях. Кроме

Таблица 1. Некоторые клинические показатели (Me [25%; 75%]) в основной и контрольной группах до начала лечения

Клинический показатель	Основная группа (n=100)	Контрольная группа (n=41)	U-тест Манна—Уитни
F—M (в целом)	148 [134; 165]	175 [154; 188]	0,008
F—M (для ноги)	18 [16; 19]	21 [18; 24]	0,098
Ashworth	3 [2; 3]	3 [2; 3]	0,455
Perry	2 [2; 3]	3 [2; 3]	0,279

того, для оценки внутрисуставных и межсуставных взаимоотношений использовались предложенные нами коэффициенты синкинезий:  $K_2$  (отношение УС отведения-приведения в ТС к УС разгибания—сгибания в ТС),  $K_4$  (отношение УС разгибания—сгибания в ТС к УС разгибания—сгибания в КС) и  $K_6$  (отношение УС отведения-приведения в ТС к УС разгибания—сгибания в КС) [14].

Применялись непараметрические методы анализа: сопоставление двух независимых групп (U-тест Манна—Уитни); сопоставление двух зависимых групп (тест Уилкоксона); анализ связи (Спирмена,  $r$ ); описательная статистика. Данные представлены в виде медианы, 25% и 75% квартилей (Me [25%; 75%]). Статистически значимыми считались результаты при  $p < 0,05$ .

**Методы лечения.** Пациенты основной и контрольной групп получали стандартную базисную терапию, включающую следующие методы: 1) массаж по избирательной методике; 2) нервно-мышечную электростимуляцию антагонистов спастических мышц; 3) лечебную гимнастику, включающую пассивные движения, лечение положением, упражнения, направленные на развитие активных движений, упражнения на преодоление синкинезий, тренировку устойчивости вертикальной позы.

В основной группе тренировки на системе Lokomat проводились строго индивидуально в зависимости от выраженности двигательного дефицита. В первые процедуры вертикальная разгрузка, позволяющая снизить массу тела пациента, составляла в среднем  $50,6 \pm 3,7\%$  от массы тела пациента, средняя скорость движения беговой дорожки  $1,46 \pm 0,18$  км/ч, горизонтальная разгрузка (участие роботизированной системы в акте ходьбы) 100%. В последующие тренировки индивидуально, в зависимости от возможностей пациента, уменьшался процент вертикальной (до 15—10%) и горизонтальной (до 35—25%) разгрузки, что способствовало вовлечению больного в активный тренировочный процесс. Время тренировки составляло в среднем 45 мин, курс обучения — 15 тренировок, 6 дней в неделю.

Больные контрольной группы (41 пациент) дополнительно к основному курсу реабилитации вместо обучения на системе Lokomat получали специальную индивидуальную тренировку ходьбы, которая включала обучение ходьбе в различных условиях и специальные упражнения, направленные на подавление патологических синергий, состоящие из специальных пассивных и активно-пассивных упражнений, выполняемых с помощью методиста и при активном участии больного, заключающиеся в разбивке сформировавшегося патологического синергического стереотипа. Также применялась специальная ортопедическая обувь и фиксации с помощью лонгет, эластичного бинта или специальных ортезов одного или двух суставов, в которых наибо-

лее выражены патологические синергии. Продолжительность дополнительных индивидуальных занятий с инструктором составляла 45 мин, курс 15 занятий. Общее время проведения реабилитации в основной и контрольной группах было одинаковым и составляло 4 ч в день.

## Результаты и обсуждение

Проведенное исследование показало, что как в основной, так и в контрольной группе после курса лечения наблюдалось достоверное уменьшение общего двигательного дефицита, степени двигательных нарушений в ноге, а также снижение степени спастичности в разгибателях ноги. Вместе с тем степень улучшения этих клинических показателей была достоверно больше в основной группе, чем в контрольной. При этом достоверное улучшение показателя функциональной мобильности при ходьбе после курса реабилитации наблюдалось только у больных основной группы, в комплексное лечение которой было включено обучение на роботизированной системе Lokomat (табл. 2).

При сравнении временных показателей шага до и после курса лечения оказалось, что в основной группе наблюдалось достоверное увеличение периода опоры и уменьшение периода переноса для паретичной ноги, что выражалось в уменьшении асимметрии шага. У больных контрольной группы достоверных изменений временных параметров шага не отмечалось (табл. 3).

Оказалось также, что в основной группе наблюдалось увеличение А и УС сгибания—разгибания в ТС и КС, а также уменьшение УС отведения—приведения в ТС. В контрольной группе в отличие от основной выявлено достоверное ухудшение УС этих движений. При анализе показателей внутрисуставных взаимодействий для ТС ( $K_2$ ) и межсуставных взаимодействий между ТС и КС ( $K_4$  и  $K_6$ ) оказалось, что только у больных основной группы наблюдалось достоверное уменьшение коэффициента  $K_2$ , свидетельствующее об улучшении внутрисуставных взаимоотношений в ТС, и коэффициента  $K_6$ , отражающего взаимодействие между УС отведения ТС и УС сгибания КС. В контрольной группе изменения этих коэффициентов не наблюдалось (табл. 4).

В соответствии с целью данного исследования был проведен анализ связей между показателем функциональной мобильности, оцениваемым по шкале Perry, и клиническими и биомеханическими показателями. Оказалось, что у больных основной группы показатель функциональной мобильности был наиболее тесно связан со степенью двигательных нарушений в ноге по шкале Fugl—Meyer ( $r=0,45$ ;  $p=0,022$ ). Кроме того, была выявлена связь с временными показателями, как период опоры ( $r=0,48$ ;  $p=0,013$ ), так и переноса шага ( $r=0,48$ ;  $p=0,013$ ).

Таблица 2. Клинические показатели (Me [25%; 75%]) в основной и контрольной группах до и после курса реабилитации

Клинический показатель	Основная группа		Контрольная группа	
	до	после	до	после
F—M (в целом)	148 [134; 165]	162 [139; 179]***	175 [154; 188]	178 [159; 192]**
F—M (для ноги)	18 [16; 19]	21 [18; 24]***	21 [18; 24]	22 [19; 24]*
Ashworth	3 [2; 3]	2 [1; 2]***	3 [2; 3]	3 [2; 3]
Perry	2 [2; 3]	3 [2; 4]***	3 [2; 3]	3 [1; 3]

Примечание. Здесь и в табл. 3, 4: \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$ ; \*\*\* —  $p < 0,001$ .

Таблица 3. Временные показатели шага (Me [25%; 75%]) в основной и контрольной группах до и после курса реабилитации

Период	Основная группа		Контрольная группа	
	период опоры	период переноса	период опоры	период переноса
До лечения	28 [25; 36]	72 [64; 75]	31 [27; 5]	69 [65; 73]
После лечения	35 [30; 42]***	65 [58; 70]***	32 [27; 37]	68 [63; 73]

Таблица 4. Кинематические показатели (Me [25%; 75%]) в тазобедренном и коленном суставах у больных основной и контрольной групп до и после курса реабилитации

Кинематический показатель	Основная группа		Контрольная группа	
	до	после	до	после
A сгибания—разгибания в ТС	23 [18; 27]	24 [20; 32]***	26 [23; 29]	26 [22; 29]
A отведения—приведения в ТС	10 [7; 15]	10 [8; 12]*	13 [8; 14]	12 [8; 14]
A сгибания—разгибания в КС	25 [17; 32]	34 [21; 37]***	32 [27; 36]	29 [26; 35]
УС сгибания—разгибания в ТС	38 [32; 51]	51 [38; 56]***	78 [67; 96]	77 [51; 95]***
УС отведения—приведения в ТС	42 [40; 49]	39 [35; 45]***	36 [32; 41]	37 [33; 41]***
УС сгибания—разгибания в КС	50 [43; 68]	60 [45; 76]***	67 [55; 75]	66 [56; 70]***
$K_2$	1,0 [0,8; 1,3]	0,9 [0,7; 1,1]***	0,5 [0,4; 0,7]	0,5 [0,4; 0,8]
$K_4$	0,8 [0,6; 1,0]	0,8 [0,7; 1,1]	1,2 [1,0; 1,7]	1,2 [0,9; 1,6]
$K_6$	0,8 [0,7; 1,1]	0,6 [0,5; 0,8]***	0,5 [0,5; 0,7]	0,5 [0,5; 0,7]

Способность к самостоятельному передвижению оказалась также тесно связана с такими кинематическими показателями, как А сгибания—разгибания ( $r=0,47$ ;  $p=0,014$ ) и А отведения—приведения в ТС ( $r=-0,45$ ;  $p=0,024$ ), а также УС сгибания—разгибания в КС ( $r=0,35$ ;  $p=0,03$ ) и УС отведения—приведения в ТС ( $r=-0,38$ ;  $p=0,017$ ). Подобных корреляций среди больных контрольной группы не определялось.

Полученные результаты согласуются с данными ряда исследований [15—17], в которых также было показано, что применение тренировок на роботизированной системе Lokomat в комплексе с кинезитерапией более эффективно, чем применение только традиционной кинезитерапии. При этом, как было выявлено нами в раннее проведенном исследовании [18], только при соблюдении методики тренировки, при которой больной активно вовлекается в процесс обучения за счет постепенного уменьшения доли вертикальной и горизонтальной разгрузки системы и постоянного привлечения внимания больного с помощью зрительной обратной связи к достигаемым результатам, возможно улучшение параметров ходьбы при тренировке с помощью роботизированной системы Lokomat. В настоящее время этого

мнения придерживаются и другие исследователи [19—21].

Важно отметить, что в большинстве работ, посвященных изучению эффективности системы Lokomat используются только формализованные клинические шкалы и лишь в отдельных работах применяются биомеханические методы исследования для оценки эффектов отдельных сессий [22, 23]. Использование в настоящем исследовании помимо клинических шкал и оптико-электронного аппаратно-программного комплекса «Видеоанализ движений» позволило нам оценить динамику временно-пространственных показателей шага, кинематику движений в суставах и внутрисуставные и межсуставные взаимодействия после курса тренировок на системе Lokomat.

Так, было показано, что повышение функциональной мобильности при ходьбе может быть связано, прежде всего, с уменьшением асимметрии шага, о чем свидетельствуют корреляционные связи, выявленные между показателем функциональной мобильности и периодами опоры и переноса шага в основной группе после окончания курса тренинга.

Важным результатом настоящего исследования можно считать также данные о достоверном улучшении кинематических показателей в тазобедрен-

ном и коленном суставах у больных основной группы. Поскольку была выявлена зависимость между показателем мобильности и большинством этих показателей после курса обучения на системе Lokomat, то можно предположить, что одной из причин улучшения мобильности при ходьбе является улучшение кинематики шага.

И наконец, использование в данной работе предложенных нами коэффициентов синкinezий позволило не только изучить внутрисуставные и межсуставные взаимодействия, но и оценить их динамику после курса реабилитации и показать, что повышение мобильности при ходьбе после применения курса тренировок на системе Lokomat может быть связано с улучшением внутрисуставного взаимодействия в тазобедренном суставе, а также за счет

улучшения межсуставных взаимоотношений движений в тазобедренном и коленном суставах.

## Заключение

Проведенное исследование показало, что включение тренировок на роботизированной системе Lokomat в комплексное лечение больных с постинсультными гемипарезами приводит к достоверному улучшению качества ходьбы — повышению показателя функциональной мобильности при ходьбе и что в основе улучшения этого показателя лежит прежде всего коррекция патологического двигательного стереотипа ходьбы, выражающаяся в достоверном улучшении внутрисуставных и межсуставных взаимодействий в паретичной ноге.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Кадыков А.С., Черникова Л.А., Шахпаронова Н.В.* Реабилитация неврологических больных. М.: МЕДпресс-информ; 2008. 560 с.
2. *Лядов К.В., Шаповаленко Т.В., Ромашич О.В.* Методологические и организационные основы ранней реабилитации пациентов в условиях многопрофильного стационара. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2013; 4: 4—8.
3. *Добрушина О.Р., Снопков П.С., Сидякина И.В.* Диагностика и ранняя реабилитация нарушений биомеханики ходьбы при церебральных гемипарезах. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2013; 4: 18—22.
4. *Доценко В.И., Титаренко Н.Ю., Воронов А.В.* Трехмерный (объемный) компьютерный видеонализ движений в оценке прогноза и эффективности нейрореабилитации пациентов с резидуальным нейромоторным дефицитом. Медицинский алфавит. 2010; 21 (4): 10—5.
5. *Colombo G., Joerg M., Schreier R., Dietz V.* Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis. J. Rehabil. Res. Dev. 2000; 37 (6): 693—700.
6. *Patton J., Brown D.A., Peshkin M., Santos-Munné J.J., Makhlin A., Lewis E., Colgate E.J., Schwandt D.* KineAssist: design and development of a robotic overground gait and balance therapy device. Top. Stroke Rehabil. 2008; 15 (2): 131—9.
7. *Riener R., Lunenburger L., Jezernik S., Anderschitz M., Colombo G., Dietz V.* Patient-cooperative strategies for robot-aided treadmill training: first experimental results. IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng. 2005; 13 (3): 380—94.
8. *Mayr A., Kofler M., Quirbach E., Matzak H., Fröhlich 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—14.
9. *Mehrholtz J., Elsner B., Werner C., Kugler J., Pohl M.* Electromechanical-assisted training for walking after stroke: updated evidence. Stroke. 2013; 44 (10): e127—8.
10. *Westlake K., Patten C.* Pilot study of Lokomat versus manual-assisted treadmill training for locomotor recovery post-stroke. J. Neuroeng. Rehabil. 2009; 6: 18.
11. *Fugl-Meyer A.R., Jaasko L., Leyman I., Olsson S., Stegling S.* The post-stroke hemiplegic patient. A method for evaluation of physical performance. Scand. J. Rehabil. Med. 1975; 7: 13—31.
12. *Bohannon R.W., Smith M.B.* Assessment of strength deficits in eight paretic upper extremity muscle groups of stroke patients with hemiplegia. Phys. Ther. 1987; 67 (4): 522—5.
13. *Perry J., Garrett M., Gronley J.K., Mulroy S.J.* Classification of walking handicap in the stroke population. Stroke. 1995; 26 (6): 982—9.
14. *Клочков А.С., Теленков А.А., Черникова Л.А.* Патологические локомоторные синергии после инсульта и влияние на них тренировок на системе «Lokomat». Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2011; 6: 31—5.
15. *Morone G., Bragoni M., Iosa M., De Angelis D., Venturiero V., Coiro P., Pratesi L., Paolucci S.* Who may benefit from robotic-assisted gait training? A randomized clinical trial in patients with subacute stroke. Neurorehabil. Neural Repair. 2011; 25 (7): 636—44.
16. *Schwartz I., Sajin A., Fisher I., Neeb M., Shochina M., Katz-Leurer M., Meiner Z.* The effectiveness of locomotor therapy using robotic-assisted gait training in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. PMR. 2009; 1 (6): 516—23.
17. *Waldner A., Tomelleri C., Hesse S.* Transfer of scientific concepts to clinical practice: recent robot-assisted training studies. Funct. Neurol. 2009; 24 (4): 173—7.
18. *Клочков А.С., Теленков А.А., Черникова Л.А.* Влияние тренировок на системе «Lokomat» на выраженность двигательных нарушений у пациентов, перенесших инсульт. Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2011; 5 (3): 20—5.
19. *Bergmann J., Krewer C., Müller F., Koenig A., Riener R.* Virtual Reality to control active participation in a subacute stroke patient during robot-assisted gait training. IEEE Int. Conf. Rehabil. Robot. 2011; 2011: 5975407.
20. *Collantes I., Asin G., Moreno J.C., Pons J.L.* Analysis of biomechanical data to determine the degree of users participation during robotic-assisted gait rehabilitation. Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2012; 2012: 4855—8.
21. *Krishnan C., Kotsapouikis D., Dhafer Y.Y., Rymer W.Z.* Reducing robotic guidance during robot-assisted gait training improves gait function: a case report on a stroke survivor. Arch. Phys. Med. Rehabil. 2013; 94 (6): 1202—6.
22. *Bonnyaud C., Zory R., Boudarham J., Pradon D., Bensmail D., Roche N.* Effect of a robotic restraint gait training versus robotic conventional gait training on gait parameters in stroke patients. Exp. Brain Res. 2014; 232 (1): 31—42.
23. *Lewek M.D., Cruz T.H., Moore J.L., Roth H.R., Dhafer Y.Y., Hornby T.G.* Allowing intralimb kinematic variability during locomotor training poststroke improves kinematic consistency: a subgroup analysis from a randomized clinical trial. Phys. Ther. 2009; 89 (8): 829—39.

Поступила 26.02.2014