

На правах рукописи

КЛОЧКОВ АНТОН СЕРГЕЕВИЧ

**РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ В ВОССТАНОВЛЕНИИ НАВЫКА
ХОДЬБЫ У ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ИНСУЛЬТ**

14.01.11 – нервные болезни

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении
«Научный центр неврологии» Российской академии медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор **Черникова Людмила Александровна**

Научный консультант:

доктор биологических наук **Воронов Андрей Владимирович**

Официальные оппоненты:

Максимова Марина Юрьевна - доктор медицинских наук Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научный центр неврологии» Российской академии медицинских наук, главный научный сотрудник 2-го неврологического отделения;

Кочетков Андрей Васильевич - доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Институт повышения квалификации Федерального медико-биологического агентства», заведующий кафедрой восстановительной медицины.

Ведущая организация: Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации.

Защита диссертации состоится “__” _____ 2012 года в 12 часов на заседании диссертационного совета Д001.006.01 при ФГБУ «НЦН» РАМН по адресу: 125367, Москва, Волоколамское шоссе, 80

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУ «НЦН» РАМН по адресу: 125367, Москва, Волоколамское шоссе, 80

Автореферат разослан “__” _____ 2012 года

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат медицинских наук

Гнедовская Елена Владимировна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Восстановление двигательной функции пациентов с последствиями нарушения мозгового кровообращения считается одной из наиболее важных задач современной медицины. Актуальность данной проблемы продиктована высокой распространенностью цереброваскулярных заболеваний, а также значительным процентом нарушения функции ходьбы среди пациентов, перенесших острое нарушение мозгового кровообращения.

Характерным проявлением нарушения ходьбы у постинсультных пациентов являются патологические локомоторные синергии, определяемые как отсутствие возможности совершать изолированные произвольные движения в отдельном суставе вследствие того, что движения в других суставах, сопутствующие этому движению, перестают быть произвольно контролируемы. С течением процесса восстановления, двигательные синергии, изначально выборочные либо рефлекторные, приобретают тесную связь со спастичностью и содружественными реакциями (Knutsson E. et al., 1980; Mizrahi E.M. et al, 1979).

В настоящее время для восстановления нарушенных двигательных функций у больных с постинсультными гемипарезами используются различные методы кинезотерапии. Однако, ни один из них не предназначен непосредственно для обучения навыку ходьбы и преодолению патологических локомоторных стереотипов (Hesse S et al., 1999). По мнению Dohring ME, Daly JJ (2008) современные кинезотерапевтические методы малоэффективны для восстановления нормального локомоторного паттерна у большинства больных, перенесших инсульт.

В последнее время для обучения ходьбе всё шире применяются различные роботизированные устройства. Среди них заметное место занимает система для тренировки ходьбы - «Lokomat» (Colombo G., Hostettler P. 2000), состоящая из роботизированных ортезов и устройства поддержки тела, которые комбинируются с беговой дорожкой. Принципиальным достоинством этой системы является возможность эффективного контроля и обеспечения высокой интенсивности, повторяемости (воспроизводимости) и целенаправленности тренируемых движений. Эта система в большей степени, чем другие устройства и технологии, предназначенные для обучения ходьбе, соответствует современному подходу

восстановления нарушенных двигательных функций (Langhome P. et al., 2011; Kwakkel G, et al., 1999).

Однако результаты завершённых на настоящий момент клинических исследований по изучению эффективности применения системы «Lokomat» у больных с постинсультными гемипарезами неоднозначны. Наряду с исследованиями, выявившими большую эффективность тренировок на системе «Lokomat» по сравнению с тренировками на бегущих дорожках с разгрузочными системами (Westlake KP, Patten C, 2009) и с классическими методами кинезотерапии (Mayr A, et al, 2007), ряд работ показал преимущество классической кинезотерапии по сравнению с «Lokomat» тренингом (Hidler J et al, 2009; Hornby TG et al, 2008). Другие авторы не выявили достоверных различий в улучшении способности к передвижению между классической кинезотерапией и «Lokomat» тренингом (Husemann B et al, 2007). Наконец, Schwartz I, et. al. (2009), Morone G, et al (2011), Waldner A et al (2009), показали, что комбинированное применение робот-терапии и кинезотерапии более эффективно, чем использование только кинезотерапии. Следует отметить, что во всех работах по изучению эффективности тренировок с помощью системы «Lokomat» у больных с постинсультными гемипарезами оценивалась лишь возможность влияния этой системы на клинические параметры ходьбы (скорость, длина шага, мобильность при передвижении). Имеется лишь одно экспериментальное исследование (Neckel ND et al., 2008), в котором изучался патологический стереотип ходьбы у пациентов, перенесших инсульт, в течение одной тренировки на системе «Lokomat» и было показано, что патологический паттерн во время работы на системе «Lokomat» не изменяется. В целом же вопрос о влиянии курса «Lokomat» тренировок на выраженность патологических локомоторных синергий не изучался.

Оценка особенностей двигательного стереотипа ходьбы представляет достаточно сложную задачу в связи с тем, что отсутствуют клинические шкалы для определения выраженности патологических локомоторных синергий. В некоторых шкалах, как например, шкала Fugl-Meyer, выделяют разделы для определения степени выраженности содружественных движений в руке и ноге в положении сидя и стоя. Однако с помощью этой шкалы определить степень выраженности патологического паттерна при ходьбе не представляется возможным.

В настоящее время весьма эффективным инструментом для объективного анализа кинематики ходьбы человека, как нормальной, так и патологической, являются оптико-электронные системы регистрации локомоций (Доценко В.И., Воронов А.В. и др., 2005). Получаемые с помощью этих методов данные дают возможность определять биомеханические особенности движений человека, а также, что особенно важно, исследовать внутрисуставные и межсуставные кинематики, позволяющие объективно оценить стереотип ходьбы.

Исходя из вышеизложенного, была поставлена **цель исследования:** изучить с помощью оптико-электронной системы особенности патологических паттернов ходьбы у больных с постинсультными гемипарезами и оценить влияние на них курса обучения на роботизированной системе «Lokomat».

Задачи работы:

1. Оценить клинико-биомеханические характеристики ходьбы у больных с постинсультными гемипарезами.
2. Выявить патологические локомоторные паттерны у больных с постинсультными гемипарезами.
3. Изучить влияние клинической картины двигательных нарушений на особенности патологических локомоторных стереотипов.
4. Изучить влияние тренировок на роботизированном комплексе «Lokomat» на клинические характеристики двигательных нарушений и выраженность патологических локомоторных паттернов.

Научная новизна исследования:

- Впервые путем исследования временных и кинематических характеристик ходьбы с помощью системы видеонализа движений выделены два подтипа патологического паттерна ходьбы у больных с постинсультными гемипарезами, отличающиеся между собой по степени циркумдукции паретичной ноги.

- Впервые разработана оригинальная количественная оценка внутри- и межсуставных взаимодействий кинематических характеристик в суставах паретичной

ноги у постинсультных пациентов, а также определена их роль в формировании подтипов патологического локомоторного паттерна.

- Впервые определена роль различных клинических факторов (спастичности и мышечной слабости) в возникновении различных подтипов патологического локомоторного паттерна у больных с постинсультными гемипарезами.

- Впервые изучено влияние курса тренировок на роботизированной системе «Lokomat» не только на клинические характеристики двигательных нарушений, но также на выраженность различных подтипов патологического локомоторного паттерна у постинсультных пациентов с помощью системы видеоанализа движений.

- Впервые показано, что включение тренировок на роботизированной системе «Lokomat» в комплекс реабилитационных мероприятий приводит к перестройке подтипов патологического локомоторного паттерна за счет увеличения диапазона угловой скорости сгибания-разгибания в тазобедренном и коленном суставах и уменьшения диапазона угловой скорости отведения-приведения в тазобедренном суставе, что выражается в уменьшении циркумдукции паретичной ноги.

Практическая значимость работы.

Показана эффективность применения роботизированной системы «Lokomat» в комплексной реабилитации больных с разной степенью двигательных нарушений и при различных патологических паттернах ходьбы, что можно использовать как основу для выбора разнообразных методик тренировок.

Показана важность использования объективных методов анализа ходьбы для оценки эффективности технологий, направленных на обучение локомоции.

Основные положения, выносимые на защиту:

1) У большинства больных с постинсультными гемипарезами наблюдается циркумдукция паретичной ноги в период переноса шага. Степень выраженности циркумдукции может определить подтип патологического локомоторного паттерна.

2) Особенность этих подтипов определяется не только клиническими особенностями и степенью выраженности циркумдукции, но также внутри- и

межсуставными взаимодействиями, как в сагиттальной, так и фронтальной плоскостях в суставах паретичной ноги при ходьбе.

3) Обучение на системе «Lokomat» улучшает навык ходьбы у пациентов за счет не только улучшения клинических характеристик двигательных нарушений в ноге, но также за счет уменьшения выраженности патологических локомоторных паттернов.

Апробация работы. Работа апробирована и рекомендована к защите на совместном заседании сотрудников лаборатории эпидемиологии и профилактики заболеваний нервной системы, лаборатории клинической нейрофизиологии и патологической анатомии, отделения нейрохирургии с группой сосудистой и эндоваскулярной хирургии, 1-го, 2-го, 3-го, и 6-го неврологического отделений ФГБУ «Научного центра неврологии» РАМН 24 марта 2012 г.

Материалы диссертации были представлены и обсуждены на 1-ом международном конгрессе «Нейрореабилитация – 2009» (Москва 2009), на 19 конференции Международного общества по изучению позы и ходьбы (Болонья, 2009), на 17-ом Европейском конгрессе сообщества физической и реабилитационной медицины (Венеция 2010), на Международном симпозиуме по нейрореабилитации (Цюрих 2011), на IV Международном конгрессе «Нейрореабилитация 2012» (Москва 2012), VIII научно-практической конференции «Современные технологии медицинской реабилитации больных и инвалидов» (Москва, 2010), международном научно-образовательном семинаре «Клиническая и спортивная реабилитация» (Москва, 2012).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ, из них – 2 в журналах, рекомендуемых ВАК.

Объем и структура диссертации. Работа изложена на 133 страницах; состоит из введения, обзора литературы, описания пациентов и методов исследования, 2 глав отражающих результаты собственных исследований, обсуждения полученных результатов, выводов и практических рекомендаций. Работа иллюстрирована 23 рисунками и содержит 20 таблиц. Библиографический указатель включает в себя 138 источников, из них – 21 отечественный и 117 зарубежных.

МАТЕРИАЛ, МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ

Общая характеристика больных. Настоящее исследование проведено в ФГБУ «Научный центр неврологии» РАМН в период с 2009 по 2011 гг.

Под наблюдением находился 141 пациент (99 мужчин и 42 женщины), перенесших нарушение мозгового кровообращения полушарной локализации, в возрасте от 18 до 80 лет (средний возраст 55,0 [47; 64]), со средней давностью инсульта 12,00 [3,0;14,5] мес. У большинства больных (89 из 141 больного) давность инсульта превышала 6 мес. Согласно данным компьютерной томографии 110 пациентов перенесли нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу и 31 пациент по геморрагическому типу, при этом 13 из 31 пациента с геморрагическим инсультом были оперированы. Из всех обследованных пациентов у 76 - очаг нарушения мозгового кровообращения располагался в правом полушарии, а у 65 пациентов - в левом.

У всех пациентов в клинической картине наблюдались двигательные нарушения в виде гемипареза разной степени выраженности, в целом степень двигательного дефицита по шкале Fugl-Meyer составляла 152,1 [128,0; 173,0] баллов, отдельно для ноги - 17,1 [14; 21] баллов. Спастичность в мышцах паретичной ноги (по шкале Ashworth) в среднем была равна 2,4 [2;3] балла. Мобильность при ходьбе, оцениваемая по шкале Perry, в среднем составляла 2,4 [2;3] балла.

Методы лечения. Все пациенты методом «Случай-контроль» были разделены на основную и контрольную группы, которые получали стандартную базисную терапию, включающую следующие методы: кинезотерапию, нервно-мышечную электростимуляцию, массаж паретичных конечностей. Кроме того, больные основной группы (100 пациентов) получали тренировки на системе «Lokomat». Реабилитация на системе «Lokomat» проводилась строго индивидуально в зависимости от выраженности двигательного дефицита. В первые процедуры вертикальная разгрузка, позволяющая снизить вес тела пациента, составляла в среднем $50,6 \pm 3,7\%$ от веса пациента, средняя скорость движения беговой дорожки – $1,46 \pm 0,18$ км/ч, и горизонтальная разгрузка (участие роботизированной системы в акте ходьбы) составляла 100%. В последующие тренировки, индивидуально, в зависимости от возможностей пациента, уменьшался процент вертикальной разгрузки (до 15 - 10%) и горизонтальной разгрузки (до 35-25%).

Время тренировки составляло в среднем 45 минут, курс обучения – в среднем из 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. Продолжительность индивидуальных занятий с инструктором составляла 45 минут, курс - 15 занятий.

Общее время проведения реабилитации в основной и контрольной группе было одинаковым и составляло 4 часа в день.

Методы исследования.

1. Для оценки двигательного дефицита в целом, использовалась шкала Fugl-Meyer (Fugl-Meyer A, et al, 1975), общий максимум баллов 226 баллов соответствует норме

2. Степень двигательных нарушений в ноге оценивалась по разделу шкалы Fugl-Meyer для ноги, общий максимум баллов 34 баллам соответствует норме.

3. Для оценки спастичности в мышцах ноги применялась шкала Ashworth (Bohannon R, Smith M, 1987), в которой 0 баллов соответствует нормальному мышечному тону, в 4 балла – динамической мышечной контрактуре.

4. Для оценки способности к самостоятельному передвижению пациентов (мобильности) использовалась пятибалльная шкала Perry (Perry J et al, 1995), в которой 0 баллов соответствует отсутствию возможности к самостоятельному передвижению в пределах палаты, а максимум в 5 баллов соответствует самостоятельному, свободному передвижению в людных местах.

Для инструментальной оценки движений пациентов, был использован оптико-электронный аппаратно-программный комплекс «Видеоанализ движений», производства научно-медицинской фирмы «Статокин».

С помощью программного обеспечения комплекса «Видеоанализ движений» для паретичной конечности вычислялись такие временные параметры ходьбы как время периоды опоры и переноса в цикле шага, а также кинематические характеристики – амплитуда движений (А), диапазон угловой скорости (УС) в

тазобедренном суставе (ТС) в сагиттальной и фронтальной плоскостях и в коленном суставе (КС) в сагиттальной плоскости.

Для изучения внутрисуставных и межсуставных угловых синкинезий в сагиттальной и фронтальной плоскостях были введены следующие коэффициенты синкинезий (К):

К₁ - отношение А отведения-приведения в ТС к А разгибания- сгибания в ТС,

К₂ - отношение УС отведения-приведения в ТС к УС разгибания-сгибания в ТС,

К₃- отношение А разгибания-сгибания в ТС к А разгибания-сгибания в КС,

К₄- отношение УС разгибания-сгибания в ТС к УС разгибания-сгибания в КС,

К₅- отношение А отведения-приведения в ТС к А разгибания-сгибания в КС,

К₆ - отношение УС отведения-приведения в ТС к УС разгибания-сгибания в КС.

Обследование биомеханических характеристик ходьбы с использованием видеоанализа проводилось до и после курса реабилитации на беговой дорожке, движущейся со скоростью 0,5 км/ч.

Для статистического анализа полученных данных использовался персональный компьютер с программным обеспечением Statistica 8.0 (StatSoft Inc. 1984-2007). При этом применялись следующие непараметрические методы: анализ связи (корреляции) двух признаков (метод Спирмена); сопоставление двух независимых групп по количественному признаку (с использованием U-критерия Манн-Уитни); сопоставление двух зависимых групп по количественному признаку (с использованием метода Уилкоксона); описательная статистика. Данные представлены в виде медианы, 25% и 75% квартилей (Me [25%; 75%]). Статистически значимыми считались результаты при $p < 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Локомоторные паттерны у больных с постинсультными гемипарезами (клинико-кинематический анализ)

Изучение патологических локомоторных паттернов проводилось на основе анализа клинико-биомеханических параметров. Для этого исследования было отобрано 40 из 141 больного с постинсультными гемипарезами (30 мужчин и 10 женщин), средний возраст – 56 [47; 63] лет, которые могли самостоятельно без

помощи окружающих лиц передвигаться по беговой дорожке, движущейся со скоростью 0,5 км/час, во время проведения биомеханического исследования.

Кроме того, биомеханические параметры ходьбы были изучены у 10 здоровых добровольцев без патологии со стороны ЦНС и опорно-двигательного аппарата (8 мужчин и 2 женщины), средний возраст которых составил 42 [25,5;47,0] лет. При биомеханическом исследовании также использовалась беговая дорожка, движущаяся со скоростью 0,5 км/час.

В результате клинико-биомеханического анализа было показано, что у больных с постинсультными гемипарезами имеет место достоверное нарушение временных и кинематических параметров ходьбы по сравнению с нормой.

Так, у больных период опоры паретичной ноги был достоверно меньше, а период переноса достоверно больше, чем в норме, и составлял в среднем 30,62 [26,0;35,5] и 69,38 [64,5;74,0] в % от времени двойного шага соответственно (норма 58,0 [57,0;61,0]% и 42,0 [39,0;43,0]%). Аналогичные данные были продемонстрированы в работах многих других авторов (Nakamuro R, et al, 1988; Wade DT, et al, 1987; Lindmark B, Hamrin E.,1995; Chen G, et al, 2005), которые также отмечали нарушение временных параметров шага у больных с постинсультными гемипарезами и, как следствие этого, асимметрию шага, которую рассматривали как одну из главных причин снижения скорости и качества ходьбы у больных с постинсультными гемипарезами (Titianova EB, Tarkka IM, 1995). Выявленные в настоящем исследовании достоверные связи между временными параметрами шага и такими клиническими характеристиками как тяжесть неврологического дефицита в целом ($r=0,354811$; $p=0,024671$), степень двигательных нарушений в ноге ($r=0,443763$; $p=0,004128$) и степень функциональной мобильности при ходьбе ($r=0,570725$; $p=0,000120$) подтверждают, прежде всего, роль степени пареза в ноге в нарушении временных параметров шага, а также влияние последних на качество (мобильность) ходьбы.

Таблица 1. Кинематические характеристики в ТС и КС паретичной ноги при ходьбе.

	Больные	Норма
А сгибания-разгибания в ТС	24,39 [19,9; 27,7]	19,4 [18,9;20,2] *
А отведения-приведения в ТС	12,12 [8,3;15,4]	10,10 [9,69;11,32]
А сгибания-разгибания в КС	27,65 [23,4;34,5]	36,8 [36,2;37,9] **
УС сгибания-разгибания в ТС	55,6 [36,2;75,3]	67,98 [64,6;71,1]
УС отведения-приведения в ТС	41,1 [36,3;45,8]	37,30 [26,4;46,35]
УС сгибания-разгибания в КС	58,2 [46,4;69,7]	173,3 [167,3;174,8] ***

Примечание. * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$, *** - $p < 0,001$

При анализе кинематических характеристик оказалось, что в целом по группе больных наиболее значимые отличия от нормы наблюдались в кинематике КС. Как амплитудные, так и угловые скорости сгибания-разгибания в этом суставе были значительно снижены, особенно значения диапазона УС в КС, который у больных был меньше, чем в норме в 2,97 раза (Таблица 1).

Таблица 2. Показатели коэффициентов внутрисуставных и межсуставных взаимоотношений для больных с постинсультными гемипарезами.

	Коэффициенты	Больные	Норма
Внутрисуставные отношения ТС	K_1	0,49[0,33;0,57]	0,52 [0,5;0,53]
	K_2	0,80 [0,54;1,21]	0,52 [0,41;0,62] #
Межсуставные синкинезии в сагиттальной плоскости	K_3	0,84 [0,75;1,08]	0,51 [0,5;0,56] ***
	K_4	0,91 [0,61;1,27]	0,39 [0,39;0,43] ***
Межсуставные синкинезии между фронтальной и сагиттальной плоскостями	K_5	0,42[0,31;0,58]	0,28[0,26;0,32]#
	K_6	0,72[0,49;0,92]	0,25[0,16;0,27]***

#- $p=0,051$, *** - $p < 0,001$

Но наиболее значительно оказались нарушенными при ходьбе внутри- и межсуставные скоростные кинематики. Если значения коэффициентов, характеризующих отношения амплитуды движений (K_1 , K_3 и K_5), отличались от соответствующих значений в норме незначительно, то величины коэффициентов, характеризующих отношения диапазона угловых скоростей движений (K_2 , K_4 и K_6), значительно превышали эти значения по сравнению с нормой (Таблица 2).

Особый интерес вызывает нарушение взаимоотношения между движением в тазобедренном суставе во фронтальном направлении (отведение-приведение) и движением в коленном суставе в сагиттальной плоскости (разгибание - сгибание): скоростные соотношения были увеличены по сравнению с нормой в 2,88 раза (коэффициент K_6), что объясняется увеличением диапазона угловых скоростей отведения-приведения в тазобедренном суставе с одновременным снижением диапазона угловых скоростей разгибания - сгибания в коленном суставе у больных с постинсультными гемипарезами. Корреляционный анализ выявил тенденцию к обратной зависимости между УС отведения-приведения в ТС и УС разгибания - сгибания в КС ($r = - 0,28$; $p = 0,06$), тем самым подтвердив мнение многих авторов (Moore, J L, et al., 2010; Chen G, et al., 2005; Hornby TG et al, 2008), которые рассматривают циркумдукцию как компенсаторную синкинезию в ответ на недостаточное сгибание паретичной ноги в коленном суставе в фазу переноса шага.

Можно предположить, что величина коэффициента K_6 отражает степень циркумдукции паретичной ноги во время фазы переноса, которая составляет одну из наиболее характерных клинических особенностей патологического локомоторного паттерна (ПЛП), наблюдаемого у большинства больных с постинсультными гемипарезами. Учитывая выше изложенное, все наблюдаемые больные на основании значений коэффициента K_6 были разделены на две подгруппы: в первую подгруппу (с легкой и умеренной циркумдукцией) были включены 14 больных, у которых коэффициент K_6 превышал величину этого коэффициента в норме не более чем в 2 раза. Вторую подгруппу (с выраженной и значительной) составили 26 больных, у которых коэффициент K_6 превышал величину этого коэффициента в норме более чем в 2 раза.

Эти две подгруппы были сопоставимы по возрасту, давности заболевания и степени спастичности в разгибателях ноги. Вместе с тем, у больных второй

подгруппы (с выраженной и значительной циркумдукцией) наблюдались достоверно более грубые двигательные нарушения в ноге и меньшая степень мобильности при ходьбе (Таблица 3).

Проведенное исследование показало, что наиболее часто легкая и умеренная степень циркумдукции паретичной ноги наблюдалась у больных с локализацией очага в корково-подкорковых отделах левого полушария, в то время как выраженная и значительная циркумдукция паретичной ноги одинаково часто встречалась у больных с локализацией очага в корково-подкорковых и глубоких отделах правого полушария и в глубоких отделах левого полушария (Рисунок 1).

Таблица 3. Средние значения основных клинических характеристик у больных с разной степенью выраженности циркумдукции паретичной ноги.

Клинические характеристики	Первая подгруппа (n=14)	Вторая подгруппа (n=26)	p-level
Возраст (лет)	56,0 [48; 59]	56,5 [46; 65]	0,89
Давность (мес.)	6,0 [3,1; 11,0]	6,0 [3,0; 12,3]	0,98
Общая оценка моторного дефицита по Fugl-Meyer (баллы)	168,0 [148; 185]	150,0 [137; 175]	0,18
Степень двигательных нарушений в ноге по Fugl-Meyer (баллы)	22,5 [21,0; 24,0]	18,0 [16; 19]	0,001
Спастичность (баллы по шкале Ashworth)	3,0 [2; 3]	3,0 [2; 3]	0,99
Мобильность (баллы по шкале Perry)	3,0 [3; 3]	2,0 [2; 2]	0,0038

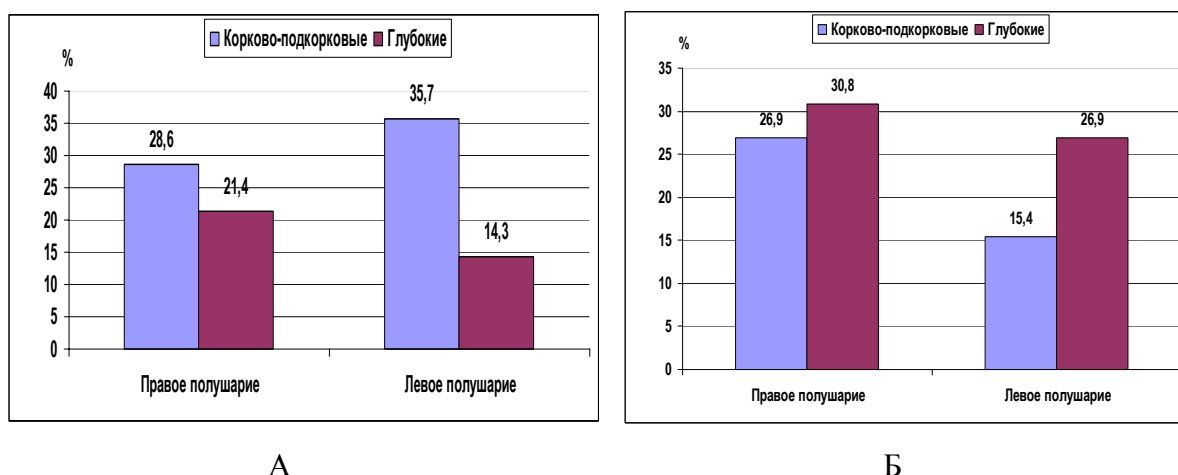


Рис. 1. Распределение больных первой (А) и второй (Б) подгруппы в % с разной латерализацией и локализацией очага поражения.

При анализе временных параметров шага оказалось, что у больных второй подгруппы наблюдаются достоверно большие показатели периода переноса и достоверно меньшие показатели периода опоры паретичной ноги, чем у больных первой подгруппы (Таблица 4).

Таблица 4. Показатели периода опоры и переноса в % от времени двойного шага для паретичной ноги у больных с разной степенью циркумдукции паретичной ноги.

Временные показатели шага	Первая подгруппа (n=14)	Вторая подгруппа (n=26)	Норма
Период опоры	35,00 [76,0;36,0]	29,46 [25,0;32,0] *	58,0 [57,0;61,0] ***
Период переноса	65,00 [64,5;73,0]	72,0 [68,0;75,0]*	42,0 [39,0;43,0]***

Примечание. *- p<0,05, *** - p< 0,001

При анализе УС движений в ТС и КС у больных с разной степенью циркумдукции паретичной ноги оказалось, что у больных первой подгруппы наблюдались достоверно большие значения скорости движений в сагиттальной плоскости как для ТС, так и для КС и достоверно меньшая скорость движения во

фронтальной плоскости для ТС и, наоборот, для больных второй подгруппы были характерны более низкие показатели скорости движений в сагиттальной плоскости для ТС и КС и более высокие скорости движения во фронтальной плоскости для ТС (Таблица 5).

Изучение внутрисуставных и межсуставных взаимоотношений у больных с разной степенью циркумдукции паретичной ноги показало, что у больных первой подгруппы только коэффициент K_4 , отражающий скоростные кинематики между ТС и КС в сагиттальной плоскости, был достоверно хуже, чем в норме, при этом остальные коэффициенты синкинезий достоверно не отличались от нормы. В то же время у больных второй подгруппы все три коэффициента K_2 , K_4 и K_6 были достоверно нарушены по сравнению с нормой (Таблица 6).

Таблица 5. УС движений в ТС и КС для больных с разной степенью циркумдукции паретичной ноги.

Диапазон УС	Первая подгруппа (n=14)	Вторая подгруппа (n=26)	Норма
Разгибание-сгибание в ТС	67,52[48,6;95,7]	40,32[32,6;57,0]**	67,98 [64,6;71,1]
Отведение-приведение в ТС	34,20[29,12;37,4]	43,16[41,2;50,4]***	37,30 [26,4;46,35]
Разгибание-сгибание в КС	75,14[67,6;79,5]	48,69[43,0;58,4]***	173,3 [167,3;174,8]

Примечание. ** - $p < 0,01$, *** - $p < 0,001$

Таблица 6. Средние значения коэффициентов синкинезий у больных с разной степенью циркумдукции паретичной ноги.

Коэффициенты	Первая подгруппа (n=14)	Вторая подгруппа (n=26)	Норма
K_2	0.46[0,36;0,71]	0.84[0,69;1,12]***	0,52 [0,41;0,62]
K_4	0.93[0,59;1,2]	0.90[0,69;1,33]	0,39 [0,39;0,43]
K_6	0.46[0,42;0,49]	0.85[0,72;1,08]***	0,25[0,16;0,27]

Примечание. *** - $p < 0,001$

Корреляционный анализ выявил у больных первой подгруппы (легкая и умеренная циркумдукция) связь между коэффициентом K_4 и степенью спастичности в разгибателях голени ($r=0,46$; $p=0,02$), у больных второй подгруппы (выраженная и значительная циркумдукция) определялась тенденция обратной связи между величиной коэффициента K_6 и степенью двигательных нарушений в ноге по шкале Fugl- Meyer ($r= - 0,49$; $p=0,07$). В литературе нет единого мнения, какой клинический фактор: спастичность или мышечная слабость играют основную роль в формировании ПЛП. Одни исследователи отдают предпочтение спастичности, считая, что именно степень повышения тонуса в икроножной мышце определяет ПЛП (Knutsson E. и Richards C, 1979). Другие авторы придерживаются мнения, что мышечная слабость (парез) играет более значительную роль в формировании патологического локомоторного стереотипа (Perry J, 1992). Данные, полученные в настоящем исследовании, подтверждают, что как спастичность, так и мышечная слабость имеют значение в формировании ПЛП. Однако, если в формировании ПЛП, характеризующегося легкой или умеренной циркумдукцией, решающая роль принадлежит степени спастичности в разгибателях ноги, то в формировании другого ПЛП, отличительной чертой которого является значительная или выраженная циркумдукция, главная роль принадлежит степени пареза в ноге.

На основании выше изложенного нами было выделено два подтипа ПЛП. Для первого подтипа ПЛП клинически характерна легкая или умеренная циркумдукция паретичной ноги, что при биомеханическом анализе проявляется относительно высокой скоростью разгибания - сгибания в КС и относительно низкой скоростью отведения-приведения в ТС. Для второго подтипа ПЛП характерна выраженная или грубая циркумдукция паретичной ноги, которая при биомеханическом анализе проявляется относительно небольшим диапазоном УС разгибания - сгибания в КС и относительно высокой скоростью отведения-приведения ТС.

Влияние тренировок на роботизированной системе «Lokomat» на клинические и биомеханические параметры ходьбы у больных с постинсультными гемипарезами

Проведенное исследование показало, что как в основной, в комплексное лечение которой было включено обучение на роботизированной системе «Lokomat», так и в контрольной группе, больные которой получали традиционный комплекс реабилитации с дополнительными занятиями по обучению ходьбе, 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 большей в основной группе, чем в контрольной как у больных с более выраженными, так и с менее выраженными нарушениями этих показателей (Рисунок 2).

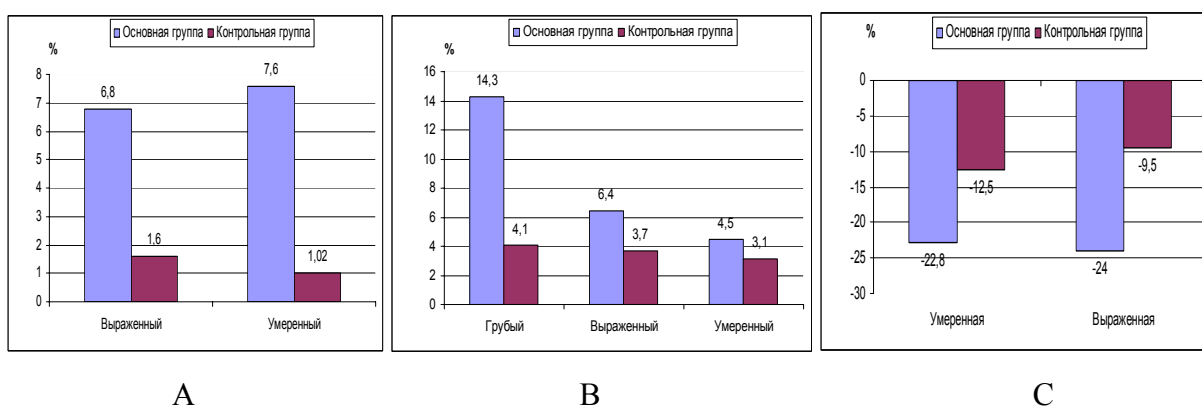


Рис. 2. Степень изменения в % показателя общего двигательного дефицита в целом (А), степени двигательных нарушений в ноге (В) и степени спастичности в разгибателях ноги (С) в основной и контрольной группах после курса реабилитации.

В то же время достоверное улучшение показателя мобильности при ходьбе после курса реабилитации наблюдалось только у больных основной группы, в комплексное лечение которой было включено обучение на роботизированной системе «Lokomat» (Рисунок 3).

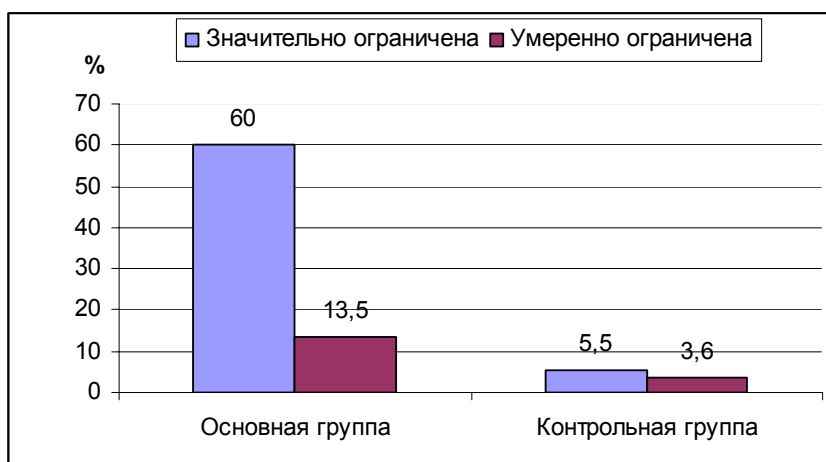


Рис. 3. Степень изменения в % показателя мобильности после курса реабилитации у больных основной и контрольных групп.

Полученные результаты согласуются с данными ряда исследований (Schwartz I, et al., 2009; Waldner A et al ,2009; Morone G, et al, 2011), в которых также было показано, что применение тренировок на роботизированной системе «Lokomat» в комплексе с кинезотерапией более эффективно, чем применение только традиционной кинезотерапии. При этом, по мнению Peshkin M, et al. (2005), Riener R, et al (2005), только роботизированные системы, специально предназначенные для обучения ходьбе, соответствуют в полной мере задачам современной реабилитационной стратегии восстановления нарушенных двигательных функций.

При сравнении временных показателей шага до и после курса лечения оказалось, что в основной группе у больных, как с первым подтипом, так и со вторым подтипом ПЛП, наблюдалось достоверное увеличение периода опоры и уменьшение периода переноса для паретичной ноги (Таблица 7). У больных контрольной группы достоверных изменений временных параметров шага не отмечалось.

Таблица 7. Временные параметры шага паретичной ноги до и после курса лечения у больных основной и контрольной групп

Периоды шага		Основная группа (n=25)		Контрольная группа (n=15)	
		1 подтип ПЛП (n=5)	2 подтип ПЛП (n=20)	1 подтип ПЛП (n=9)	2 подтип ПЛП (n=6)
Период опоры	До лечения	36,0 [24;28]	28,0 [28;36]	35,00 [27;37]	30,5 [28;32]
	После лечения	41,50 [26;38,5]*	33,5 [32;42]***	34,00 [29;42]	29,5 [27;32]
Период переноса	До лечения	64[64;72]	72[68;75]	65[63;73]	69,5[68;72]
	После лечения	59[58;68,0]*	66,5[59;70]***	66[58;71]	70,5[68;73]

*- $p < 0,05$; *** - $p < 0,001$

Оказалось также, что после курса реабилитации в основной группе, получавшей тренировки на системе «Lokomat», наблюдалась положительная динамика кинематических параметров шага, выражающаяся в достоверном увеличении УС сгибания-разгибания в ТС и достоверном уменьшении УС отведения - приведения в ТС и тенденция к увеличению УС сгибания-разгибания в КС у больных со вторым подтипом ПЛП. У больных основной группы с первым подтипом ПЛП наблюдалась тенденции к увеличению УС сгибания-разгибания в ТС и к уменьшению УС отведения - приведения в ТС (Таблица 8).

В контрольной группе, в отличие от основной группы, отмечалась отрицательная тенденция, выражающаяся в достоверном снижении УС сгибания-разгибания в ТС у больных, как с первым, так и со вторым подтипом ПЛП.

Важно подчеркнуть, что только у больных основной группы, в комплексное лечение которых были включены тренировки на системе «Lokomat», наблюдалось уменьшение УС отведения-приведения в ТС. В контрольной группе, не получавшей тренировок на системе «Lokomat», такой закономерности не выявлено.

Таблица 8. Суставная кинематика в сагиттальной и фронтальной плоскости до и после курса реабилитации у больных с разной степенью выраженности циркумдукции.

		Основная подгруппа (n=25)		Контрольная подгруппа (n=15)	
		1 подтип ПЛП (n=5)	2 подтип ПЛП (n=20)	1 подтип ПЛП (n=9)	2 подтип ПЛП (n=6)
УС сгиб.-разгиб. в ТС	До	50,00[40;50]	36,5[32;50]	83,0[68;96]	77,9[75;94]
	По сле	54,42[52;70]#	45,8[35;56]***	83,0[66;96]#	75,5[51;94]*
УС отведение	До	37,4[29;42]	43,4[41;50]	34,2[29;36]	41,8[39;43]
	По сле	32,44[27;38]#	42,2[36;47]***	33,3[29;36]	41,8[40;47]
УС сгиб.-разгиб. в КС	До	75,8[75;83]	47,7[38;57]	69,5[65;79]	56,2[47;67]
	По сле	79,1[76;80]	50,5[41;65]#	70,1[64;78]	57,7[45;66]

Примечание. ***- $p < 0,001$, # - тенденция

Корреляционный анализ между кинематическими и клиническими показателями у больных основной группы с первым подтипом ПЛП выявил взаимосвязь между величиной УС сгибания-разгибания в ТС и величиной общего двигательного дефицита по шкале F-M ($r = 0,9$; $p = 0,037$) и степенью мобильности при ходьбе ($r = 0,95$; $p = 0,013$).

У больных основной группы со вторым подтипом ПЛП определена тенденция к обратной зависимости между диапазоном УС отведения-приведения в ТС и величиной общего двигательного дефицита по шкале F-M ($r = - 0,37$; $p = 0,079$), показателем двигательных нарушений в ноге по шкале F-M ($r = - 0,38$; $p = 0,078$) и степенью мобильности при ходьбе ($r = - 0,39$; $p = 0,061$). У больных контрольной группы подобных корреляций не выявлено.

При анализе показателей внутрисуставных взаимодействий для ТС и межсуставных взаимодействий в сагиттальной плоскости для ТС и КС, а также взаимодействия движений в ТС во фронтальной плоскости с движениями в КС в

сагиттальном направлении у больных основной и контрольных групп с разными подтипами ПЛП до и после курса реабилитации 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 степень циркумдукции паретичной ноги. В контрольной группе наблюдалось даже некоторое увеличение коэффициентов K_2 и K_6 , свидетельствующее об отрицательной динамике (Таблица 9).

Таблица 9. Средние значения коэффициентов синкинезий у больных основной и контрольной групп до и после курса реабилитации.

Коэффициенты		Основная подгруппа (n=25)		Контрольная подгруппа (n=15)	
		1 подтип ПЛП (n=5)	2 подтип ПЛП (n=20)	1 подтип ПЛП (n=9)	2 подтип ПЛП (n=6)
K_2	До	0,72[0,58;0,84]	1,21[0,99;1,4]	0,40[0,35;0,48]	0,54[0,44;0,78]
	После	0,50 [0,39;0,74]*	0,95 [0,73;1,13]**	0,42 [0,36;0,51]*	0,67 [0,45;0,81]*
K_4	До	0,59[0,56;0,6]	0,85[0,61;1,15]	1,18[0,98;1,24]	1,62[1,2;1,7]
	После	0,65[0,63;0,73]	0,80[0,67;1,15]	1,19[0,94;1,24]	1,61[1,2;1,7]
K_6	До	0,49[0,40;0,49]	0,86[0,75;1,26]	0,46[0,45;0,49]	0,78[0,7;0,9]
	После	0,41[0,37;0,48]*	0,76[0,59;0,94]**	0,47[0,47;0,52]*	0,80[0,7;0,94]

Примечание. *- $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$

Корреляционный анализ между временными показателями шага и коэффициентами синергий после курса лечения показал, что у больных основной группы с первым типом ПЛП выявляется обратная связь между периодом опоры шага и величиной коэффициента K_2 ($r = -0,87$; $p = 0,05$), а в подгруппе больных со вторым подтипом ПЛП между периодом опоры шага и величиной K_6 ($r = -0,52$; $p = 0,02$).

Корреляционный анализ между клиническими показателями и значениями коэффициентов синкинезий после курса лечения в основной группе больных с первым подтипом ПЛП выявил обратную корреляцию между величиной K_2 и K_6 с одной стороны и показателем мобильности при ходьбе ($r=-0,95$; $p=0,014$ и $r=-0,74$; $p=0,14$ соответственно) с другой стороны. В подгруппе больных со вторым подтипом ПЛП определялась обратная связь между K_6 и степенью двигательных нарушений в ноге ($r=-0,5$; $p=0,023$).

Таким образом, проведенное исследование показало, что включение тренировок на роботизированной системе «Lokomat» в комплексное лечение больных с постинсультными гемипарезами приводит к достоверному улучшению не только клинических параметров двигательных нарушений и качества ходьбы (по показателю мобильности), но и способствует перестройке двигательного стереотипа ходьбы, выражающееся в достоверном улучшении временных показателей шага и улучшении кинематики ходьбы, за счет, прежде всего уменьшения УС отведения-приведения в ТС, что клинически выражается в уменьшении циркумдукции паретичной ноги в фазу переноса.

ВЫВОДЫ

1) У пациентов с постинсультными гемипарезами выявлены два подтипа патологических локомоторных паттернов, отличающиеся по клиническим и биомеханическим характеристикам.

2) Для пациентов с первым подтипом патологического локомоторного паттерна характерна легкая или умеренная циркумдукция паретичной ноги, сопровождающаяся одновременным увеличением диапазона угловой скорости сгибания-разгибания в коленном и тазобедренном суставах, а также нарушением межсуставного взаимодействия между движениями в тазобедренном и коленном суставах в сагиттальной плоскости (коэффициент K_4). Для пациентов с этим подтипом патологического локомоторного паттерна характерна менее грубая степень пареза ноги и большая степень мобильности при ходьбе. Данный стереотип ходьбы наиболее часто наблюдается у пациентов с локализацией очага в корково-подкорковых отделах левого полушария. В формировании этого подтипа

патологического локомоторного паттерна решающая роль принадлежит степени спастичности в разгибателях ноги.

3) При втором подтипе патологического локомоторного паттерна отмечается выраженная или значительная циркумдукция паретичной ноги при незначительном диапазоне угловой скорости сгибания-разгибания в коленном и тазобедренном суставах, а также выраженное нарушение внутрисуставного взаимодействия в тазобедренном суставе (коэффициент K_2) и межсуставного взаимоотношения между отведением-приведением в тазобедренном суставе и сгибанием-разгибанием в коленном суставе (коэффициент K_6). Решающим фактором в формировании этого подтипа патологического локомоторного паттерна является степень двигательных нарушений в ноге.

4) Включение тренировок на роботизированной системе «Lokomat» в комплекс реабилитационных мероприятий способствует более значительному улучшению двигательного статуса в целом, моторной функции паретичной ноги и снижению степени спастичности в разгибателях ноги, чем применение только традиционного реабилитационного комплекса. Степень мобильности при ходьбе, характеризующая качество ходьбы, достоверно увеличивается только в группе больных, в комплексное лечение которых включались тренировки на роботизированном комплексе «Lokomat».

5) Включение курса тренировок на роботизированной системе «Lokomat» в комплексное лечение приводит к достоверному улучшению как временных, так и кинематических характеристик шага, что способствует повышению мобильности при ходьбе, о чем свидетельствуют обратные корреляции, выявленные после курса лечения у больных основной группы, между диапазоном угловой скорости отведения-приведения в ТС и величиной общего двигательного дефицита по шкале Fugl-Meyer ($r = -0,37$; $p = 0,079$), показателем двигательных нарушений в ноге по шкале Fugl-Meyer ($r = -0,38$; $p = 0,078$) и степенью мобильности при ходьбе по шкале Perry ($r = -0,39$; $p = 0,061$). Достоверных изменений биомеханических показателей ходьбы у больных, не получавших тренировок на роботизированном комплексе «Lokomat», не выявлено.

6) Роботизированный комплекс «Lokomat» способствует обучению физиологически правильному паттерну ходьбы, путем перестройки патологических локомоторных паттернов за счет, прежде всего, увеличения диапазона угловой

скорости сгибания-разгибания в тазобедренном и коленном суставах, а также, что чрезвычайно важно, за счет уменьшения диапазона угловой скорости отведения-приведения в тазобедренном суставе, что выражается в уменьшении циркумдукции паретичной ноги.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты проведенного исследования, показавшие эффективность применения роботизированной системы «Lokomat» у больных с разной степенью двигательных нарушений и при различных патологических паттернах ходьбы, могут быть использованы как основа для выбора показаний к использованию этого метода лечения в комплексной реабилитации больных, перенесших инсульт.

Для изучения нарушений функции ходьбы и оценки эффективности методов реабилитации, направленных на обучение навыку ходьбы, помимо клинической оценки нарушений локомоции в практику реабилитационных центров рекомендуется более широко внедрять системы инструментальной оценки движения (подометрия, видеоанализ и т.д.), позволяющие выявлять механизмы нарушения ходьбы и более объективно оценивать влияние на них различных методов реабилитации.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

- 1) 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**, Том 5, №3, 2011, С. 20-25.
- 2) 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**, №6, 2011, С. 31-35.
- 3) Клочков А.С., Воронов А.В., Черникова Л.А. Восстановление навыков ходьбы после инсульта // **Материалы 1-го международного конгресса «Нейрореабилитация – 2009»**, 2-3 июня 2009, С. 87-88.
- 4) Klochkov A.S., Demidova A.E., Ermolaeva Y.A., Kurgansky M.E., Chernikova L.A. Study of effect of «Lokomat» training on the expression of the circumduction gait

strategy in patients after stroke // XIX Conference of the International Society for Posture & Gait Research Bologna 21-25 June 2009. - P.118.

- 5) Klochkov A.S., Voronov A.V., Telenkov A.A., Chernikova L.A. Study of effect of Robotic therapy on the gait strategy in patients after stroke // 17th congress of the European society of Physical and rehabilitation medicine (ESPRM). Venice 23-27 May 2010. – P.147.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

А	амплитуда движений
УС	диапазон угловой скорости
К	коэффициент синергии
ТС	тазобедренный сустав
КС	коленный сустав
ПЛП	патологический локомоторный паттерн