

## **Функциональная локомоторная терапия с обратной связью в технологиях физической реабилитации**

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»;  
Национальный университет физического воспитания и спорта Украины (г. Киев)*

**Постановка научной проблемы и её значение.** Несмотря на значительные достижения медицинских технологий в лечении опорно-двигательного аппарата (ОДА), восстановление ходьбы при различных заболеваниях (инсульт, ДЦП и др.) и повреждениях, проведении хирургических операций (эндопротезирование тазобедренного, коленного, голеностопного суставов) является важной медико-социальной проблемой.

В технологиях восстановления ходьбы больных применяются различные физические упражнения [1, 507], технические системы и оборудование [5, 78; 6, 102]. Однако, несмотря на применение различных реабилитационных программ для восстановления ходьбы больных после перенесенных заболеваний и травм [1, 508], в реабилитационных технологиях еще не в полном объеме используются достижения науки и техники, роботизированные комплексы и системы.

Для нас важно проанализировать возможность обеспечения восстановления ходьбы больных при различных перенесенных травмах, операциях и заболеваниях, с помощью роботизированной системы функциональной локомоторной терапии с обратной связью Lokomat.

Работа выполнена по плану НИР «Разработка технологий обеспечения психолого-физической реабилитации и оздоровления человека (№ государственной регистрации – 0111U003539) кафедры биобезопасности и здоровья человека НТУУ «КПИ».

**Анализ исследований по проблеме.** Восстановление ходьбы у больных при наличии у них различных заболеваний (инсульт, ДЦП и др.) и повреждениях головного и спинного мозга, проведении плановых хирургических операций (эндопротезирование тазобедренного, коленного, голеностопного суставов) является важной медико-социальной проблемой. Важными средствами физической реабилитации являются [1, 508] лечебная гимнастика и массаж, механотерапия, гидрокинезотерапия, физиотерапия, различные современные компьютеризированные комплексы и системы [5, 78–82; 6, 101–103].

**Цель исследования** – анализ конструктивных и функциональных особенностей роботизированной системы локомоторной терапии с обратной связью Lokomat для обеспечения физической реабилитации в восстановлении ходьбы больных.

**Задачи исследования** – рассмотреть конструктивные особенности, алгоритм работы роботизированной системы функциональной локомоторной терапии с обратной связью Lokomat для восстановления ходьбы больных при заболеваниях, травмах и перенесенных операциях.

**Изложение основного материала и обоснование полученных результатов исследования.** Важнейшей проблемой физической реабилитации больных с тяжелыми двигательными нарушениями ввиду заболеваний, травм ОДА, головного и спинного мозга, проведенных операций является эффективное обучение ходьбе. Одна из таких современных реабилитационных технологий – роботизированная система функциональной локомоторной терапии с обратной связью Lokomat [2, 10; 3, 36–37; 4, 121–123; 11; 12].

Современным направлением моторной реабилитации является метод внешней реконструкции ходьбы с применением роботизированных систем, обладающих широкими возможностями оперативного моделирования в реальном времени степени непосредственного двигательного участия самого больного. Согласно современным научным взглядам, в основе восстановления нарушенных функций при повреждениях головного и спинного мозга, тяжелых травмах ОДА и заболеваниях нервной системы являются механизмы *нейропластичности* – способность различных отделов ЦНС к реорганизации за счет структурных изменений в самом веществе мозга. Клинические исследования [2, 10–12; 3, 35–38; 7, 5–8; 8, 308–311] подтвердили, что в активизации этих механизмов основная роль принадлежит афферентации, возникающей в нижних конечностях при целенаправленной и интенсивной тренировке, с помощью роботизированных систем, активируя пластические процессы в супраспинальных моторных центрах, контролирующих локомоции.

В настоящее время одной из наиболее совершенных подобных систем для тренировки ходьбы является система «Lokomat» (рис. 1), которая включает бегущую дорожку, систему разгрузки массы

тела человека и интегрированные в наружные ортезы двигатели, которые обеспечивают движение в нижних конечностях, портативный компьютер с монитором обратной связи для контроля за движениями больного, параллельные, регулируемые по ширине и высоте брусья [4, 121–122; 11; 12].



Рис. 1. Общий вид роботизированной системы «Lokomat»

Движения ног больного обеспечиваются с высокой повторяемостью паттерна ходьбы по заранее запрограммированной заданной траектории. В начале обучения больного ходьбе робот обеспечивает пассивные движения в нижних конечностях, имитируя шаг, а по мере восстановления движений ног больного его активное участие в восстановлении локомоции увеличивается. Система обеспечивает высокую интенсивность тренировок и повторяемость шаговых движений – основных принципов обучения ходьбе. Усиленная мотивация пациента обеспечивается за счет использования специфического управления нагрузкой и расширенной обратной связи.

Спинальные, тяжелобольные (травмированные) и прооперированные пациенты достаточно просто переводятся из инвалидного кресла на беговую дорожку и закрепляются в системе «Lokomat» специальными фиксаторами. Управляемые компьютером моторы, которые точно синхронизированы со скоростью беговой дорожки (0–10 км/час), задают ногам больного траекторию движения, формирующую траекторию ходьбы близкую к физиологической.

Подвесная система обеспечивает равномерную разгрузку массы тела больного (0–75 кг – плавно, свыше 75 кг – дискретно), способствуя созданию условий для ведения физиологичной ходьбы и оптимальной сенсорной стимуляции. Роботизированные ортезы ведут ноги больного (весом до 135 кг) по беговой дорожке, позволяя при этом широко варьировать терапевтическими возможностями. Прогресс восстановления ходьбы больных является более эффективным за счет проведения длительных и интенсивных функциональных тренировок, по сравнению с мануальными тренировками на беговой дорожке.

При использовании системы «Lokomat» двигательная активность больного легко координируется и анализируется, образец его ходьбы и сила сопротивления движению индивидуально подбираются, мотивация больного повышается за счет наличия интегрированной системы биологической визуальной обратной связи, которая обеспечивает мониторинг походки больного и на выносном мониторе в реальном времени визуально отображает траекторию движения ног, число ошибок (неправильных действий), повышая мотивацию больного, стимулируя его на активное участие, а инструменты оценки параметров локомоции позволяют легко производить измерение прогресса восстановления ходьбы больного с его последующим воспроизведением, а при необходимости – обеспечивается переключение с автоматизированной на мануальную терапию.

Программное обеспечение «Lokomat» в реальном времени проводит оценку состояния больного: с помощью силовых датчиков в устройствах движения измеряет активные движения ног больного, приспособливает интенсивность механической асистенции движению для каждой конечности, механическое сопротивление (неподвижности) в каждом суставе; ведет запись данных о походке и каждом шаге, хранит эти данные для анализа и документации; измеряет ригидность тазобедренного и коленного суставов в момент движения нижней конечности по заданной траектории, регистрируя величину крутящего момента; определяет изометрическую силу больного в статическом положении,

об'єм движения этих суставов больного в пассивном состоянии без помощи двигателей Lokomat; контроль 4-х электроприводов в реальном времени.

Программа со вспомогательным контролем силы помогает постоянно регулировать ее (полная помощь – свободный шаг с сопротивлением). Тренировочные программы: параметры тренировки (например скорость) могут быть запрограммированы. Программа пользователя включает контроль положения больного с помощью таких параметров, как скорость беговой дорожки, регулируемый коэффициент длины ног, регулировка параметров восстановления навыков ходьбы (сгибание/разгибание бедер и коленей), степень поддержки электроприводов, мониторинг ошибок.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Важнейшая проблема физической реабилитации больных с тяжелыми двигательными нарушениями (заболевания, травмы ОДА, головного и спинного мозга) – повышение эффективности обучения их ходьбе. Приведенный анализ особенностей и алгоритма действия роботизированной системы локомоторной терапии с обратной связью «Lokomat» позволяет сделать вывод о том, что она может значительно повысить эффективность восстановления ходьбы больных с тяжелыми двигательными нарушениями.

Перспективы дальнейших исследований – проведение реабилитационных мероприятий по восстановлению ходьбы больных с тяжелыми двигательными нарушениями при использовании системы Lokomat, с оценкой повышения качества их жизни, возврату к профессиональной деятельности.

#### *Источники и литература*

1. Марченко О. К. Основы физической реабилитации : учеб. для студ. вузов / О. К. Марченко. – Киев : Олимп. лит., 2012. – 528 с.
2. Макарова Р. М. Влияние циклической тренировки на системе «Lokomat» на сердечно-сосудистую систему у больных с последствиями травм головного мозга / Р. М. Макарова, К. В. Лядов, Т. В. Шаповаленко // Физиология, бальнеология и реабилитация. – М., 2012. – № 1. – С. 10–13.
3. Кузнецов А. Н. Роботизированная локомоторная терапия в реабилитации пациентов с поражением нервной системы – от научных теорий в клиническую практику / А. Н. Кузнецов, В. Д. Даминов, Е. А. Канкулова // Вестник восстановительной медицины. – 2011. – № 2. – С. 36–39.
4. Попадюха Ю. А. Применение роботизированных систем функциональной локомоторной терапии с обратной связью в восстановлении ходьбы больных с переломами костей таза / Ю. А. Попадюха, О. А. Глыняна // Науковий часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова. – Серія 15 : Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт) : зб. наук. пр. – К. : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2015. – Вип. 11 (66) 15. – С. 121–124.
5. Попадюха Ю. А. Технологія «HUBER» у у зміцненні опорно-рухового апарату людини / Ю. А. Попадюха // Науковий часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова. – Серія 15. – 2000.
6. Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт) : зб. наук. пр. – К. : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2012. – Вип. 24. – С. 77–83.
7. Попадюха Ю. А. Особенности применения системы тренажеров DAVID в профилактике травматизма и физической реабилитации поврежденных опорно-двигательного аппарата / Ю. А. Попадюха, А. А. Алешина, Ю. В. Евтушенко // Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Фізичне виховання і спорт : журнал / уклад. А. В. Цьось, А. І. Альошина. – Луцьк : Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2014. – Вип. 15. – С. 100–106.
8. Hidler J. Multicentre randomized clinical trial evaluating the effectiveness of the Lokomat in subacute stroke / J. Hidler, D. Nichols, M. Pelliccio, K. Brady // J. Neurorehabil. Neural Repair. – 2009. – № 1. – P. 5–13.
9. Mayr A. Prospective, blinded, randomized crossover study of gait rehabilitation in stroke patients using the Lokomat gait orthosis / A. Mayr, M. Kofler, E. Quirbach, H. Matzak, K. Frohlich, L. Saltuari // Neurorehabil Neural Repair. – 2007. – Vol. 21, № 4. – P. 307–314.
10. Schwartz I. The Effectiveness of Locomotor Therapy Using Robotic-Assisted Gait Training in Subacute Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial / I. Schwartz, A. M. D. Sajin, I. Fisher, M. Neeb, M. Shochina, M. Katz-Leurer, Z. Meiner // Medical Association Journal. – 2009. – Vol. 1. – P. 516–523.
11. Westlake K. P. Pilot study of Lokomat versus manual-assisted treadmill training for locomotor recovery post-stroke / K. P. Westlake, C. Patten // J. Neuroeng Rehabilitation. – 2009. – № 6. – P. 6–18.
12. Роботизированный аппарат Lokomat [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://helpinsult.ru/robototizirovannyj-apparat-lokomat.html>
13. Система Lokomat [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://vmgb2.ru/lokomat.php>

#### *Аннотации*

*В статье рассмотрены особенности и преимущества применения роботизированной системы функциональной локомоторной терапии с обратной связью «Lokomat» для обеспечения реабилитационных технологий. Цель работы – анализ конструктивных и функциональных особенностей роботизированной системы локомо-*

торной терапии с обратной связью «Lokomat» для обеспечения физической реабилитации в восстановлении ходьбы больных.

**Ключевые слова:** локомоторная терапия, травма, заболевание, ходьба, физическая реабилитация, технические средства, обратная связь.

**Юрій Попадюха, Володимир Ільїн. Функціональна локомоторна терапія зі зворотним зв'язком у технологіях фізичної реабілітації.** У статті розглянуто особливості та переваги застосування роботизованої системи функціональної локомоторної терапії зі зворотним зв'язком Lokomat для забезпечення реабілітаційних технологій. Мета роботи – аналіз конструктивних і функціональних особливостей роботизованої системи локомоторної терапії зі зворотним зв'язком «Lokomat» для забезпечення фізичної реабілітації у відновленні ходьби хворих.

**Ключові слова:** локомоторна терапія, травма, захворювання, ходьба, фізична реабілітація, технічні засоби, зворотний зв'язок.

**Yuriy Popadyuha, Vladimir Ilyin. Functional Locomotion Therapy with Feedback Technology in Physical Rehabilitation.** The article describes the features and benefits of the robotic system functional locomotion therapy with feedback Lokomat for rehabilitation technologies. The aim is to analyze the structural and functional features of robotic locomotion therapy system with feedback Lokomat for physical rehabilitation in the recovery of patients walk.

**Key words:** locomotor therapy, injury, illness, walking, physical rehabilitation, technical aids, feedback.

УДК 796.035+615.82

Ярослав Філак

## Корекція круглоувігнутої спини в дітей шкільного віку засобами фізичної реабілітації

Ужгородський національний університет (м. Ужгород)

**Постановка наукової проблеми та її значення.** У сучасних умовах проблема порушень постави є актуальною для всіх дітей. Виникнення патологічних процесів, зниження розумової й фізичної працездатності напряму залежить від правильності постави. Організм дітей і підлітків відрізняється від організму дорослих не лише за розмірами, але й за особливостями будови та функціонального стану органів і систем. Процес фізичного розвитку дітей перебігає нерівномірно, періоди посиленого росту змінюються його сповільненням, змінюються енергетичні й обмінні процеси. Відбувається інтенсивне збільшення довжини та маси тіла, кісткової системи. Круглоувігнута спина (КВС), що виникає в грудному відділі хребта, клінічно проявляється у вигляді кіфотичного синдрому, у якому вигин хребта направлений у сагітальному напрямі дозад. При цьому положенні плечі пацієнта нахилені вперед і донизу, грудна клітка звужується. Тривалий перебіг кіфозу призводить до появи клиноподібної деформації хребців, руйнування міжхребцевих хрящів. Зміна анатомічної будови грудної клітки призводить до зниження рухливості ребер, порушення діяльності міжреберних м'язів, обмеження дихальної функції легень. Тому в дітей при неправильному фізичному навантаженні та недбалому ставленні до власної постави можуть виникати стійкі відхилення в розвитку хребта [2, 4].

**Аналіз досліджень цієї проблеми.** Згідно з наявними статистичними даними, поширеність порушень постави серед школярів 1–3-х класів складає 40–50 %. Статистика підтверджує, що 27 % дітей віком від семи до дев'яти років страждає від порушень постави, серед 10–14-річних – понад 70 % [1; 3].

При цілеспрямованих оглядах дітей лікарями-ортопедами вже в дошкільному віці різні види порушень постави простежені майже в 75–80 % дітей, а серед випускників загальноосвітніх навчальних закладів (ЗНЗ) – 90 %. При планових поглиблених медичних оглядах шкільних колективів виявляється 25–31 % випадків порушень постави, що свідчить про неповне виявлення дітей із порушеннями опорно-рухового апарату (ОРА) [2].

Круглоувігнута спина трапляється в 30–40 % дітей, причому в дівчат частіше, ніж у хлопців, тому що вони ведуть менш рухливий спосіб життя. Найбільш небезпечним для розвитку порушень постави вважається вік 9–14 років, коли скелет ще не сформувався, а дитині доводиться частіше сидіти за уроками. Цьому сприяють надлишок ваги, носіння в одній руці важких сумок вагою понад 30 % від ваги власного тіла. Друга велика проблема полягає в тривалому часі, який діти проводять