

6. Lloyd-Jones, D. Heart disease and stroke statistics / D. Lloyd-Jones, R. J. Adams, T. M. Brown // Journal of the American Heart Association. – 2010. – Vol. 121. – № 7. – P. 46–215.
7. Smith, D.S. Remedial therapy after stroke: a randomised controlled trial / D. S. Smith, E. Goldenberg, A. Ashburn // The British Medical Journal. – 1981. – Vol. 282. – № 6263. – P. 517–520.
8. Dam, M. The effects of long-term rehabilitation therapy on poststroke hemiplegic patients / M. Dam, P. Tonin, S. Casson et al. // Journal of Stroke. – 1993. – Vol. 24. – № 8. – P. 1186–1191.
9. Westlake, K.P. Pilot study of Lokomat versus manual-assisted treadmill training for locomotor recovery post-stroke / K. P. Westlake, C. Patten // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. – 2009. – Vol. 6. – № 1. – Article 18.
10. Pohl, M. Repetitive locomotor training and physiotherapy improve walking and basic activities of daily living after stroke: a single-blind, randomized multicentre trial (deutsche gangtrainerstudie, degas) / M. Pohl, C. Werner, M. Holzgraefe, et al. // Journal of Clinical Rehabilitation. – 2007. – Vol. 21. – № 1. – P. 17–27.
11. Peurala, S.H. Effects of intensive therapy using gait trainer or floor walking exercises early after stroke / S.H. Peurala, O. Airaksinen, P. Huuskonen et al. // Journal of Rehabilitation Medicine. – 2009. – Vol. 41. – № 3. – P. 166–173.
12. Hesse, S. Connecting research to the needs of patients and clinicians / S. Hesse, C. Werner // Journal of Brain Research Bulletin. – 2009. – Vol. 78. – № 1. – P. 26–34.
13. Sawicki, G.S. A pneumatically powered knee-ankle-foot orthosis (kafo) with myoelectric activation and inhibition / G.S. Sawicki, D.P. Ferris // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. – 2009. – Vol. 6. – P. 23.
14. Ferris, D.P. An improved powered ankle-foot orthosis using proportional myoelectric control / D.P. Ferris, K.E. Gordon, G.S. Sawicki, A. Peethambaran // Journal of Gait & Posture. – 2006. – Vol. 23. – № 4. – P. 425–428.
15. Лукашевич В.А., Сиваков А.П. Адаптивная кинезитерапия: инновационное направление восстановительной терапии двигательных нарушений, основанное на оптимизации управления системой пространственного ориентирования сложных локомоций человека // Инновационные технологии в медицине. – 2015. - №1 (04). – С.79-90.
16. Лукашевич В.А., Сиваков А.П. Сравнительная оценка степени трансформации двигательного стереотипа в условиях использования технологии «двухслойного экзоскелета» и сред виртуальной реальности // Инновационные технологии в медицине. – 2015. - №2-3 (5-6). – С.79-90.
17. Лукашевич В.А., Тарасевич М.И. Выделение целенаправленных и нецеленаправленных движений в структуре циклических локомоций // Современные аспекты прикладной кинезиологии в спортивной медицине: сб. науч. ст. междунар. науч.-практ. конф. (Пинск, Республика Беларусь, 15-16 апреля 2016 года). – Пинск : Полесский государственный университет, 2016. – С.36-39.

## **МЕТОД АДАПТИВНОЙ КИНЕЗИТЕРАПИИ ПАЦИЕНТОВ С ЛЕГКИМИ И УМЕРЕННЫМИ КООРДИНАТОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ДЕФЕКТАМИ ПРИ ОСТРОМ НАРУШЕНИИ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ В РАННЕМ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ**

*С.М. МАНКЕВИЧ, В.А. ЛУКАШЕВИЧ*

*Белорусская медицинская академия последипломного образования, кафедра рефлексотерапии, П. Бровки, 3, Минск, 220013, Беларусь*

В ходе проведенного исследования разработаны и клинически апробированы стандартизированные методики адаптивной кинезитерапии пациентов с легкими и умеренными координаторно-двигательными дефектами в раннем восстановительном периоде, перенесших острые нарушения мозгового кровообращения. Стандартизация достигается посредством этапного назначения механотерапии со скольжением, механотерапии с перемещением, темпо-ритмовой коррекции и тренировки опорной функции. Анализ полученных данных указывает на статистически подтвержденную эффективность адаптивной кинезитерапии, проводимой в отношении пациентов с умеренными двигательными нарушениями, которая обусловлена достоверным восстановлением структуры целенаправленных движений (в спектре 26-40 Гц) и нецеленаправленных движений. В результате проводимой терапии отмечается улучшение структуры биокинематической стабилизации действия в условиях двигательного пространства.

**Введение.**

Высокий уровень двигательных дисфункций при нарушениях мозгового кровообращения определяет прогрессирующий рост инвалидности в Республике Беларусь,

что имеет социальный эффект и являются экономически значимой проблемой государства. Современные технологии автоматизированной реабилитации считаются «золотым стандартом» в восстановительной терапии двигательных нарушений, однако существует целый ряд проблем, ограничивающих их широкое продвижение: высокая стоимость аппаратуры, сложность совмещения нескольких тренажеров в лечении, трудность оценки объективного состояния пациента, большие размеры реабилитационных тренажеров, длительное время подготовки пациента к выполняемой процедуре, отсутствие четких методических рекомендаций и др. Принимая во внимание тот факт, что в Республике живет более 75000 лиц (по данным Национального статистического комитета), нуждающихся в восстановлении двигательных и координаторных дефектов, а также пропускную способность 1 роботизированного тренажера в 150 пациентов за год, то предположительная потребность государства в технологии роботизированной реабилитации составляет как минимум 500 единиц. Технологии роботизированной механотерапии широко используются в крупных медицинских центрах и являются неотъемлемым элементом комплексного лечения широкого спектра нозологий [1-6].

Перспективное решение сложившейся ситуации состоит в разработке и внедрении в практическое здравоохранение нового метода реабилитации пациентов неврологического профиля с координаторно-двигательными нарушениями, основанного на использовании роботизированного кинезитренажера, эффективного с точки зрения доказательной медицины и доступного в экономическом плане.

Адаптивная кинезитерапия является методом восстановления пространственной ориентации сложных локомоций, посредством создания специфических условий среды аугментации (совокупность внешнесредовых факторов, способствующих усилению представлений о выполняемом действии). Метод адаптивной кинезитерапии включает следующие реабилитационные методики: вертикализация, механотерапия, координаторная тренировка, сенсорное программирование двигательных стереотипов [7-9].

Целью работы является разработка системы стандартизированного подхода в выборе лечебной тактики проведения адаптивной кинезитерапии (АК) пациентов в раннем восстановительном периоде, перенесших острые нарушения мозгового кровообращения с легкими и умеренными координаторно-двигательными дефектами на основе использования роботизированной кинезитерапии.

Материалы и методы.

В исследовании приняли участие 20 здоровых добровольцев (в возрасте от 22 до 53 лет; 9 женщин и 11 мужчин) и 26 пациентов в раннем восстановительном периоде после острого нарушения мозгового кровообращения с легкими и умеренными координаторно-двигательными дефектами (в возрасте от 32 до 59 лет; 12 женщин и 14 мужчин).

Всем обследуемым лицам выполнялась оценка качественной структуры циклической локомоции шагового движения с составлением биомеханического профиля по нижеприведенной методике (в группе пациентов исследование проводилось до и после лечения).

Так в адаптивной кинезитерапии оценка эффективности локомоций человека осуществляется посредством использования беспроводной системы дистанционного мониторинга локомоций, состоящей из:

- Сенсорного модуля, закрепляемого к различным частям тела.
- Программы анализа входящих данных.

Сенсорный модуль состоит из нескольких пар акселерометров и гироскопов и представляет собой устройство с автономной зарядкой. Программа анализа входящих данных устанавливается на персональный компьютер, и взаимодействует с сенсорным модулем через беспроводной канал связи. При выполнении тестового двигательного

задания, программный модуль выполняет раскладку частот, изменения пространственных ускорений различных частей тела обследуемого, в спектр от 1 до 60 Гц. При этом:

1. Полоса от 1 до 10 Гц обозначается как спектр низких частот и характеризует структуру биокинематической стабилизации действия в условиях двигательного пространства.

2. Полоса от 11 до 25 Гц обозначается как спектр средних частот, в пределах которых реализуются нецеленаправленные движения (с биокинематической структурой не соответствующей целевой моторной программе).

3. Полоса от 26 до 40 Гц обозначается как спектр высоких частот №1, и отражает процесс непосредственной реализации моторной программы целенаправленных движений.

4. Полоса от 41 до 60 Гц обозначается как спектр высоких частот №2, и отражает процесс непосредственной реализации моторной программы целенаправленных движений.

Лечение пациентов с легкими и умеренными координаторно-двигательными дефектами при остром нарушении мозгового кровообращения в раннем восстановительном периоде по следующим методическим подходам, составляющим метод адаптивной кинезитерапии.

Стандартизированный подход АК включает четыре этапа.

**I Этап.** В адаптивной кинезитерапии пациентов с легкими и умеренными координаторно-двигательными дефектами при остром нарушении мозгового кровообращения в раннем восстановительном периоде выполняется методика механотерапии со скольжением:

1. Пациент расположен внутри контура тренажера:
  - a. для выполнения вентрального скольжения: лицом вперед;
  - b. для выполнения дорзального скольжения: лицом кзади.

1. Подвесная система находится в исходном положении с разворотом на 180 градусов. Способ размещения пациента в подвесной системе – стандартный.

2. Выполняется аппаратный подъем пациента до состояния полной статической вертикализации. Контролируется соответствие пациента исходному положению в подвесной системе.

3. На дистальный отдел конечности фиксируют манжету привода. К манжете сзади прикрепляют трос привода.

4. Выполняется определение начального и конечного положения тренируемой конечности в пространстве в соответствии с индивидуальными возможностями.

5. Далее устанавливают требуемые настройки управляющей программы и запускают процесс механического привода.

6. Направления перемещения:
  - a. Латеральное
  - b. Фронтальное
  - c. Медиальное

**II Этап.** Выполняется методика механотерапии с перемещением:

1. Пациент расположен внутри контура тренажера, лицом вперед.

2. Подвесная система находится в исходном положении. Способ размещения пациента в подвесной системе – стандартный.

3. Выполняется аппаратный подъем пациента до состояния полной статической вертикализации. Контролируется соответствие пациента исходному положению в подвесной системе.

4. На проксимальный отдел конечности фиксируют манжету привода. К манжете прикрепляют трос привода.

5. Выполняется определение начального и конечного положения тренируемой конечности в пространстве в соответствии с индивидуальными возможностями.

6. Далее устанавливаются требуемые настройки управляющей программы и запускают процесс механического привода.

7. Направления перемещения:

- a. Латеральное
- b. Фронтальное
- c. Медиальное

**III Этап.** Выполняется методика темпо-ритмовой коррекции:

1. Пациент расположен внутри контура тренажера.  
2. Подвесная система находится в исходном положении. Способ размещения пациента в подвесной системе – стандартный.

3. Выполняется аппаратный подъем пациента до состояния полной статической вертикализации, при необходимости высоту подъема регулируют индивидуально, при этом контролируется соответствие пациента исходному положению в подвесной системе.

4. На область коленного сустава фиксируют манжету привода. К манжете прикрепляют трос привода.

5. Далее устанавливаются требуемые настройки управляющей программы и запускают процесс механического привода.

6. При выполнении тренирующего упражнения в статическую фазу контралатеральная конечность выполняет активно аналогичную локомоцию.

**IV Этап.** Выполняется методика тренировки опорной функции:

1. Пациент расположен внутри контура тренажера.  
2. Далее на верхний плечевой пояс одевается страхующая подвесная система, фиксированная к петлям подъемного троса.

3. На область коленного либо голеностопного сустава фиксируют манжету привода. К манжете прикрепляют трос привода.

4. Далее устанавливаются требуемые настройки управляющей программы и запускают процесс механического привода.

5. При выполнении тренирующего упражнения в динамическую фазу контралатеральная конечность удерживает статическое равновесие.

Продолжительность каждого из этапов адаптивной кинезитерапии 3-5 дней, кратность повторения 1-2 раза в день.

Перечень возможных осложнений или ошибок при выполнении и пути их устранения: неправильное определение начального и конечного положения тренируемой конечности в пространстве при котором пациент испытывает дискомфорт. Путь устранения – повторное определение начального и конечного положения тренируемой конечности в пространстве.

Полученные в ходе исследования данные представлены в виде медианы (Me), верхнего (UQ) и нижнего (LQ) квартилей. При сравнении двух независимых групп использовали критерий Манна - Уитни (M-U), при сравнении двух зависимых групп - критерий Вилкоксона (W). При множественных сравнениях для выявления статистически значимых различий перед дальнейшими парными сравнениями использовали критерий Крускала-Уоллиса. Для определения корреляционных связей между явлениями использовали критерий Спирмана с коэффициентом корреляции (R). Альтернативная гипотеза принималась при уровне статистической значимости 0,05.

Результаты и их обсуждения.

При анализе группы здоровых добровольцев получены следующие значения нормальных показателей ускорений при выполнении теста «ходьба на месте» в различных спектрах полос представлены ниже в таблице.

Таблица 1 - Значение ускорений в различных полосах частотного спектра в группе здоровых лиц

Полосы частотного спектра		Значение ускорений в мм/с <sup>2</sup> )		
№	Значение в Гц	Me	UQ	LQ
1	1-10	16.6	19.0	10.1
2	11-25	6.6	11.4	8.4
3	26-40	5.7	6.9	4.1
4	41-60	3.1	4.9	1.8

При проведении объективной оценки качественной структуры циклической локомоции в группе пациентов с легкими и умеренными координаторно-двигательными дефектами установлены значения ускорений нижних конечностей представленные в таблице №2. При этом полученные значения статистически различаются с аналогичными показателями в группе здоровых добровольцев (по критерию Манна – Уитни,  $p = 0,0$ ) и являются достоверно меньшими (по критерию Спирмана,  $p = 0,0$ ) с коэффициентом корреляции  $R > 0,8$ . Биомеханический профиль группы пациентов с легкими и умеренными координаторно-двигательными дефектами представлен в нижеприведенной таблице №2.

Таблица 2 – Значение ускорений в различных полосах частотного спектра в группе пациентов

Полосы частотного спектра		Значение ускорений в мм/с <sup>2</sup>			При сравнении с группой здоровых добровольцев		
					Тест М-В		Тест Спирмана
№	в Гц	Me	UQ	LQ	p	R	p
1	1-10	3.9	2.95	2.55	0.0	-0.731	0.0
2	11-25	2.2	3.25	1.3	0.0	-0.715	0.0
3	26-40	0.9	1.9	0.2	0.0	-0.725	0.0
4	41-60	0.3	0.6	0.1	0.0	-0.724	0.0

Анализ полученных данных указывает на достоверно низкое качество циклической локомоции в группе пациентов как в структуре биокинематической стабилизации действия, так и в структуре целенаправленных и нецеленаправленных движений в сравнении с группой здоровых лиц.

После проведения адаптивной кинезитерапии полученные результаты представлены в нижеприведенной таблице №3.

Таблица 3 – Значение ускорений в различных полосах частотного спектра в подгруппе пациентов до и после лечения

Полосы частотного спектра		Значение ускорений в подгруппе (мм/с <sup>2</sup> )					
		до лечения			после лечения		
№	в Гц	Me	UQ	LQ	Me	UQ	LQ
1	1-10	3.9	2.9	2.5	9.2	13.3	7.5
2	11-25	2.2	3.2	1.3	6.5	7.7	5.7
3	26-40	0.9	1.9	0.2	3.9	5.8	2.1
4	41-60	0.3	0.6	0.1	0.4	0.7	0.1

При этом установлены статистически значимые различия внутри группы до и после адаптивной кинезитерапии в частотном спектре 1-10 Гц, 11-25 Гц и 26-40 Гц (при  $p=0.001496$ , по критерию Вилкоксона) с достоверно большими (по критерию Спирмана,  $p = 0,0$ ) значениями после проводимой терапии с коэффициентом корреляции  $R > 0,7$ . Динамическая статистика трансформации биомеханического профиля пациентов в ходе проводимого лечения представлена в нижеприведенной таблице №4.

Таблица 4 – Динамическая статистика трансформации биомеханического профиля пациентов в ходе проводимого лечения

Полосы частотного спектра		При сравнении внутри группы до и после лечения		
		Тест W	Тест Спирмана	
№	в Гц	p	R	p
1	1-10	0.001496	0.7155	0.000000
2	11-25	0.001496	0.790	0.000000
3	26-40	0.001496	0.758	0.000000
4	41-60	0.449692	0.727	0.487940

Полученные данные свидетельствуют об эффективности проводимой терапии в отношении пациентов с умеренными двигательными нарушениями, объективно восстанавливающей частичную структуру целенаправленных и структуру нецеленаправленных движений. В результате проводимой терапии также восстанавливаются структура биокинематической стабилизации действия в условиях двигательного пространства, при  $p=0.001496$  (по критерию Вилкоксона).

Заключение. В ходе проведенного исследования разработаны и клинически апробированы стандартизированные методики адаптивной кинезитерапии пациентов с легкими и умеренными координаторно-двигательными дефектами в раннем восстановительном периоде, перенесших острые нарушения мозгового кровообращения. Стандартизация достигается посредством этапного назначения механотерапии со скольжением, механотерапии с перемещением, темпо-ритмовой коррекции и тренировки опорной функции. Анализ полученных данных указывает на статистически подтвержденную эффективность адаптивной кинезитерапии, проводимой в отношении пациентов с умеренными двигательными нарушениями, которая обусловлена достоверным восстановлением структуры целенаправленных движений (в спектре 26-40 Гц) и нецеленаправленных движений. В результате проводимой терапии отмечается улучшение структуры биокинематической стабилизации действия в условиях двигательного пространства.

#### Литература

1. J. Hidler, D. Nichols, M. Pelliccio et al., Multicenter randomized clinical trial evaluating the effectiveness of the Lokomat in subacute stroke / J. Hidler, D. Nichols, M. Pelliccio et al. // Journal of Neurorehabilitation and Neural Repair. – 2009. – Vol. 23 – № 1. – P. 5–13.
2. Westlake, K.P. Pilot study of Lokomat versus manual-assisted treadmill training for locomotor recovery post-stroke / K. P. Westlake, C. Patten // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. – 2009. – Vol. 6. – № 1. – Article 18.
3. Colombo, G. Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis / G. Colombo, M. Joerg, R. Schreier, V. Dietz // Journal of Rehabilitation Research and Development. – 2000. – Vol. 37. – № 6. – P. 693–700.
4. Colombo, G. Driven gait orthosis for improvement of locomotor training in paraplegic patients / G. Colombo, M. Wirz, V. Dietz // Journal of Spinal Cord. – 2001. – Vol. 39. – № 5. – P. 252–255.
5. Freivogel, S. Gait training with the newly developed “LokoHelp”-system is feasible for non-ambulatory patients after stroke, spinal cord and brain injury. A feasibility study / S. Freivogel, J. Mehrholz, T. Husak-Sotomayor, D. Schmalohr // Journal of Brain Injury. – 2008. – Vol. 22. – № 7–8. – P. 625–632.
6. Freivogel, S. Improved walking ability and reduced therapeutic stress with an electromechanical gait device / S. Freivogel, D. Schmalohr, J. Mehrholz // Journal of Rehabilitation Medicine. – 2009. – Vol. 41. – № 9. – P. 734–739.
7. Лукашевич В.А., Сиваков А.П. Адаптивная кинезитерапия: инновационное направление восстановительной терапии двигательных нарушений, основанное на оптимизации управления системой пространственного ориентирования сложных локомоций человека // Инновационные технологии в медицине. – 2015. - №1 (04). – С.79-90.
8. Лукашевич В.А., Сиваков А.П. Сравнительная оценка степени трансформации двигательного стереотипа в условиях использования технологии «двухслойного экзоскелета» и сред виртуальной реальности // Инновационные технологии в медицине. – 2015. - №2-3 (5-6). – С.79-90.
9. Лукашевич В.А., Тарасевич М.И. Выделение целенаправленных и нецеленаправленных движений в структуре циклических локомоций // Современные аспекты прикладной кинезиологии в спортивной медицине: сб. науч. ст. междунар. науч.-практ. конф. (Пинск, Республика Беларусь, 15-16 апреля 2016 года). – Пинск : Полесский государственный университет, 2016. – С.36-39.