

DOI: <https://doi.org/10.51922/1818-426X.2024.2.37>

*В. А. Лукашевич<sup>1</sup>, В. В. Пономарев<sup>2</sup>, С. В. Губкин<sup>3</sup>,  
М. И. Тарасевич<sup>4</sup>, С. А. Малков<sup>4</sup>, Е. В. Выблова<sup>4</sup>*

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕНИРОВКИ ДИНАМИЧЕСКОЙ КООРДИНАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С ИНФАРКТОМ ГОЛОВНОГО МОЗГА**

*Медицинский центр «ЭЛАР» г. Минск<sup>1</sup>,  
Институт повышения квалификации и переподготовки кадров  
здравоохранения УО «Белорусский государственный медицинский  
университет»<sup>2</sup>,  
УО «Белорусский государственный медицинский университет»<sup>3</sup>,  
УЗ «2 городская клиническая больница г. Минска»<sup>4</sup>*

*Вопросы медицинской реабилитации пациентов после мозговой катастрофы остаются актуальными по ряду социально-экономических аспектов. Цель исследования состояла в изучении влияния комплексного лечения и медицинской реабилитации пациентов с инфарктом головного мозга основанного на новом методе тренировки динамической координации. В исследовании приняло участие 62 пациента с установленным диагнозом инфаркт головного мозга, рандомизированные в контрольную ( $n = 29$ ) и основную ( $n = 33$ ) исследовательские группы. Всем участникам исследования до начала лечения и после его окончания проводилось клиническое тестирование с применением клинических шкал. Для выполнения новой реабилитационной методики в основной группе применялась роботизированная экзоплатформа собственной разработки. В результате клинической апробации установлено, что новый метод повышает эффективность программы комплексной терапии на 37 % ( $p = 0,008$ ), за счет улучшения функции ходьбы, а также нейромышечных скелетных и связанных с движением функций (OR = 1,37; 95 %CI: 1,1–1,78).*

**Ключевые слова:** адаптивная кинезитерапия, инфаркт головного мозга, медицинская реабилитация, роботизированная экзоплатформа, эффективность реабилитации.

*U. A. Lukashevich, V. V. Ponomarev, S. V. Gubkin, M. I. Tarasevich,  
S. A. Malkov, E. V. Vyblova*

## **ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF DYNAMIC COORDINATION TRAINING IN PATIENTS WITH BRAIN INFARCTION**

*The issues of medical rehabilitation of patients after the brain disaster remain relevant in a number of socio-economic aspects. The purpose of the study was to study the effect of complex treatment and medical rehabilitation of patients with a heart attack of the brain based on the new method of training dynamic coordination. The study was attended by 62 patients with a diagnosis of cerebral infarction, randomized in the control ( $n = 29$ ) and the main ( $n = 33$ ) research groups. All participants in the study before the start of treatment and after its completion, clinical testing using clinical scales was carried out. To perform a new rehabilitation technique for dynamic coordination training, a robotic exoplatfrom was used. As a result of clinical testing, it was established that the new method increases the effectiveness of the complex therapy program regulated by the standards*

of medical care by 37 % ( $p = 0.008$ ), due to significant effects on the state of walking and neuromuscular skeletal and associated movement functions (OR = 1.37; 95 % CI: 1.1–1.78).

**Key words:** adaptive kinesitherapy, brain heart attack, medical rehabilitation, robotic exoplatform, rehabilitation effectiveness.

## Введение

Медико-социальные аспекты медицинской реабилитации (МР) пациентов перенесших инфаркт головного мозга (ИГМ) являются актуальной социально-экономической проблемой современного общества, обусловленной быстрыми темпами роста заболевания, стойкой социальной дезадаптацией пациентов, а также высокими показателями смертности, превышающей 40 % и инвалидизации – к 2025 году более 30 % пациентов навсегда останутся стойкими инвалидами по причине нарушения нейромышечных, скелетных и связанных с движением функций (НСДФ) [1–4].

В настоящее время, при восстановлении НСДФ, основное внимание уделяется методикам кинезитерапии (КТ) [5], в том числе с использованием роботизированных реабилитационных комплексов (РРК), формирующих паттерны эффективной двигательной адаптации (ДА). Вместе с тем, несмотря на доказанную эффективность РРК, последние обладают рядом недостатков, таких как: высокая стоимость, низкая пропускная способность и методическое однообразие, что ограничивает их практическую применимость [6].

Актуальность проблемы повышения эффективности лечения пациентов с ИГМ за счет разработки нового метода тренировки динамической координации (МТДК), основанного на применении передвижной роботизированной платформы (ПРП) поддержки шаговой локомоции, в сочетании с программой комплексной терапии (ПКТ) послужило основанием для проведения настоящего исследования.

Цель исследования состояла в изучении влияния комплексного лечения и медицинской реабилитации пациентов с инфарктом головного мозга основанного на новом методе тренировки динамической координации.

## Материалы и методы исследования

Проведение исследования одобрено этическими комитетами: 1) ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования» (выписка из протокола № 4 заседания Комитета по этике БелМАПО от 31.10.2019 г.) и 2) УЗ «2-я городская клиническая больница,

г. Минск» (протокол №1 заседания комитета по этике УЗ «2-я городская клиническая больница» г. Минск от 07.05.2021 г.).

Работа являлась клиническим экспериментальным исследованием. Дизайн исследования – открытое контролируемое проспективное рандомизированное исследование по типу «случай – контроль». В исследовании приняло участие 62 пациента с диагнозом ИГМ подтвержденного нейровизуализацией. Все пациенты проходили лечение по ПКТ регламентированной стандартами протокола «Диагностика и лечение пациентов с заболеваниями нервной системы (взрослое население)» утверждённого Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 8 от 18.01.2018 года.

Критериями включения являлись: гемипарез в качестве ведущего симптома; возраст старше 40 лет; тяжесть ИГМ соответствующая 2–8 баллам по шкале тяжести инсульта Национальных институтов здоровья США (ШТИ); время, прошедшее от момента мозговой катастрофы – от 3-х недель до 6-ти месяцев; желание пациента принимать участие в исследовании. Для исключения из исследования применялись следующие критерии: клинически установленный и подтвержденный данными ПЦР теста в сроки до 10-ти дней от момента госпитализации, диагноз – новая коронавирусная инфекция; когнитивные нарушения, затрудняющие коммуникацию; срок госпитализации пациента менее 7 дней; наличие выраженного, либо умеренно выраженного болевого синдрома; сочетанная патология периферической нервной системы; любые субъективные жалобы негативного характера, возникающие в ходе проведения исследования; отказ от участия в исследовании.

Исследование выполнялось в три этапа. На первом этапе осуществлялся отбор и рандомизация пациентов методом вытягивания карточек в контрольную «К» ( $n = 29$ ) и основную «О» ( $n = 33$ ) исследовательские группы. Всем участникам исследования до начала лечения (индекс 1) и после его окончания (индекс 2) проводилось клиническое тестирование в результате чего рассчитывались: 1) модифицированный индекс мобильности Ривермид (МИМР); 2) показатель динамики проводимой терапии

по Скандинавской шкале инсульта (СШИ); и 3) показатель состояния функции стереотипа походки (ФСП) при выполнении 10-ти метрового теста ходьбы (10МТХ). На втором этапе пациенты проходили лечение по ПКТ. В основной группе ПКТ дополнялась новой МТДК. Показатель регресса неврологической симптоматики рассчитывался как разность СШИ2 и СШИ1 и обозначался ΔСШИ. На третьем этапе полученные результаты подвергались статистической обработке в программном пакете «StatSoft STATISTICA 8.0.360» с оценкой эффективности МТДК. Критерий статистической значимости определялся при  $p < 0,05$ . Данные непараметрического характера представлялись в виде медианы (Me) верхнего (UQ) и нижнего (LQ) квартилей –  $Me[UQ/LQ]$ , данные параметрических свойств в виде  $M + SD$ . Применяемые в исследовании методы статистического анализа затрагивали базовую описательную статистику, классический анализ качественных и количественных данных генеральных совокупностей, корреляционный анализ, анализ сравнения двух и более независимых и зависимых выборок, анализ данных линейных регрессионных моделей, нелинейных регрессий и многомерных данных, а также метод обучения нейронных сетей в режиме классификации с радиальной базисной функцией и кросс энтропией.

Аппаратно-программный комплекс (рисунок 1) поддержки шаговой локомоции в виде ПРП представляет собой компактную мобильную антигравитационную раму (экзоплатформа)

с системой роботизированного привода нижних конечностей. На раме установлены электромеханические силовые приводы. К раме крепится подвесная система, фиксирующая пациента. Электромеханические приводы, за счет гибких тросов, связаны с ортопедическими модулями, фиксированными к стопам и нижним отделам голеней. Управление ПРП выполняется в двух режимах: 1) с пассивным приводом нижних конечностей, и 2) активными перемещениями. В рамках первого режима перемещение нижних конечностей пациента выполняется пассивным или активно-пассивным методом, при этом перемещаться могут как одна, так и две ноги. В режиме активных перемещений электромеханические силовые приводы не задействованы. МТДК направлена на коррекцию ФСП, баланса тела (БТ), мобильности и мотивации пациента.

Цель методики заключается в улучшении БТ и пространственного контроля, а также формировании навыка шагового движения. МТДК выполняется из исходного положения стоя. Пациент находится в системе гравитационной поддержки и выполняет подъем слабой ноги, перемещая ее вперед. Затем поднимает сильную ногу и также перемещает ее вперед. Оператор, при этом удерживает платформу от излишних поворотов и, при помощи пульта управления, помогает подъему слабой ноги. После активации подъема выполняет перемещение платформы вперед таким образом, чтобы слабая нога оказалась впереди. В процессе тренировок

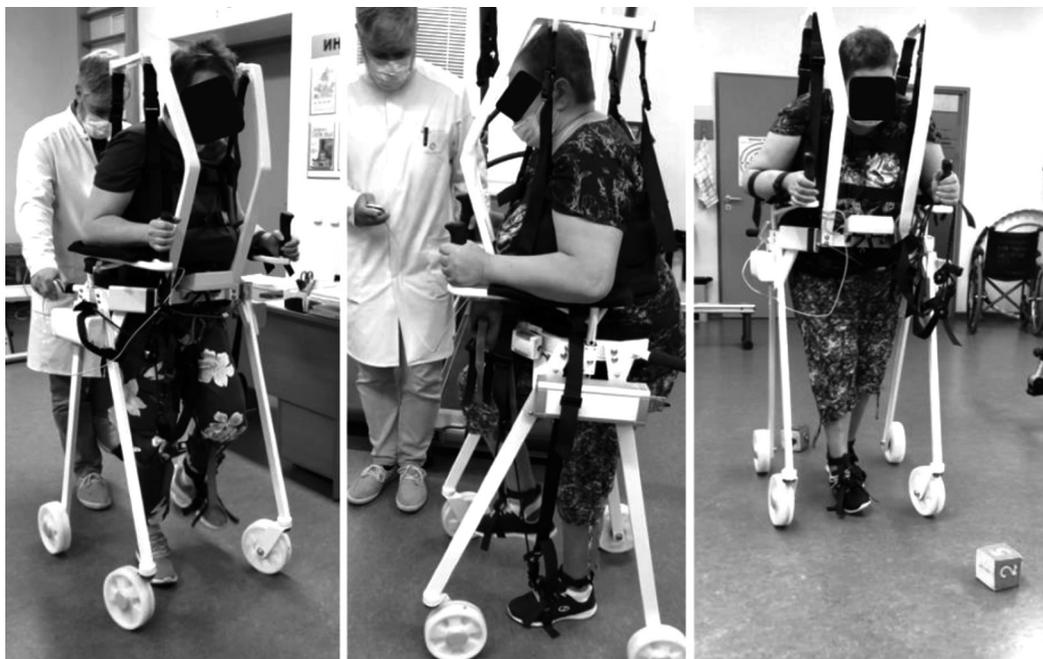


Рисунок 1. Передвижная роботизированная экзоплатформа



Рисунок 2. Упражнение «игра в мяч»

пользователь начинает самостоятельно управлять подъемом ног при помощи пульта управления. Аналогичным способом может выполняться ассистивное перемещение пациента назад. Через 7–10 сеансов тренировочные занятия дополняются активными целенаправленными упражнениями: 1) «линейная ходьба вперед»; 2) «челночная ходьба между препятствий»; 3) «ходьба через препятствия»; 4) «ходьба с утяжелителями» и 5) «игра в мяч» (рисунок 2). Время выполнения упражнения: до 30 минут. Кратность шаговых движений: до 300 раз.

### Результаты исследования

Статистические данные демонстрируют однородность выборок двух исследовательских групп. Среднее значение количества сеансов МТДК составило  $13,3 + 3,9$ . Минимальное количество сеансов, равное 5, было зарегистрировано в 2-х случаях, максимальное количество сеансов составляло 20 и, также, было отмечено у 2 пациентов. Результаты объективной оценки состояния пациентов основной группы по результатам клинических шкал до и после проведения терапии представлены на рисунке 3.

Для анализа взаимосвязей между данными клинического тестирования полученными перед началом проведения лечения и переменной возраста в обеих исследовательских группах были построены соответствующие регрессионные модели со следующими статистически значимыми результатами:

1) ШБ1 – нулевая гипотеза об отсутствии взаимосвязей между изучаемыми признака-

ми может быть отклонена ( $F = 5,77$ ;  $R^2 = 0,095$ , при  $p < 0,02$ ) с большими значениями показателя у лиц старшего возраста;

2) МИМР1 – принимается нулевая гипотеза об отсутствии взаимосвязей между изучаемыми признаками;

3) СШИ1 – нулевая гипотеза об отсутствии взаимосвязей между изучаемыми признаками может быть отклонена ( $F = 5,39$ ;  $R^2 = 0,089$ , при  $p < 0,024$ ) с большими значениями показателя у лиц старшего возраста;

4) 10МТХ1 – значения критерия Дурбина-Вотсона составляет менее 1, что не позволяет принимать во внимание полученные данные;

5) ШФМ1 – нулевая гипотеза об отсутствии взаимосвязей между изучаемыми признаками может быть отклонена ( $F = 6,33$ ;  $R^2 = 0,10$ , при  $p < 0,012$ ) с большими значениями показателя у лиц старшего возраста;

6) ШТУ1 – принимается нулевая гипотеза об отсутствии взаимосвязей между изучаемыми признаками.

Полученные данные указывают на релевантные отношения показателей возраста с данными шкал ШБ1, СШИ1 и ШФМ1. При построении скаттерограммы зависимости данных переменных (рис. 4) определяется отсутствие системной дисперсии значений ШБ1, а также незначительный линейный прирост признаков СШИ1 и ШФМ1.

Таким образом, полученные результаты демонстрируют наличие линейных зависимостей между переменной возраста и значениями клинических шкал ШБ1, СШИ1 и ШФМ1 с незначи-

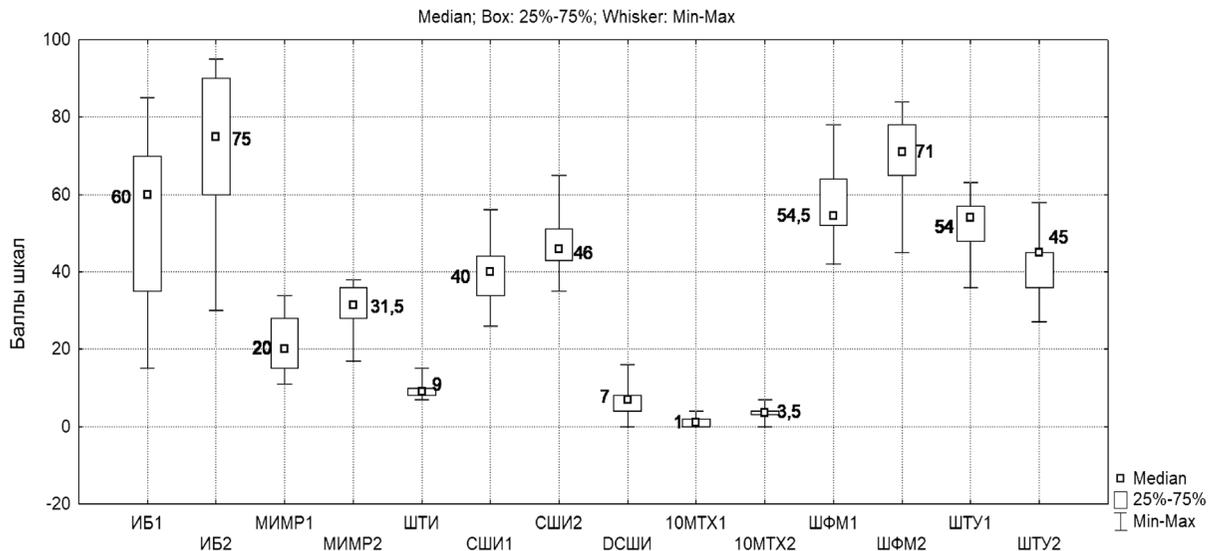


Рисунок 3. Результаты клинического тестирования в основной группе

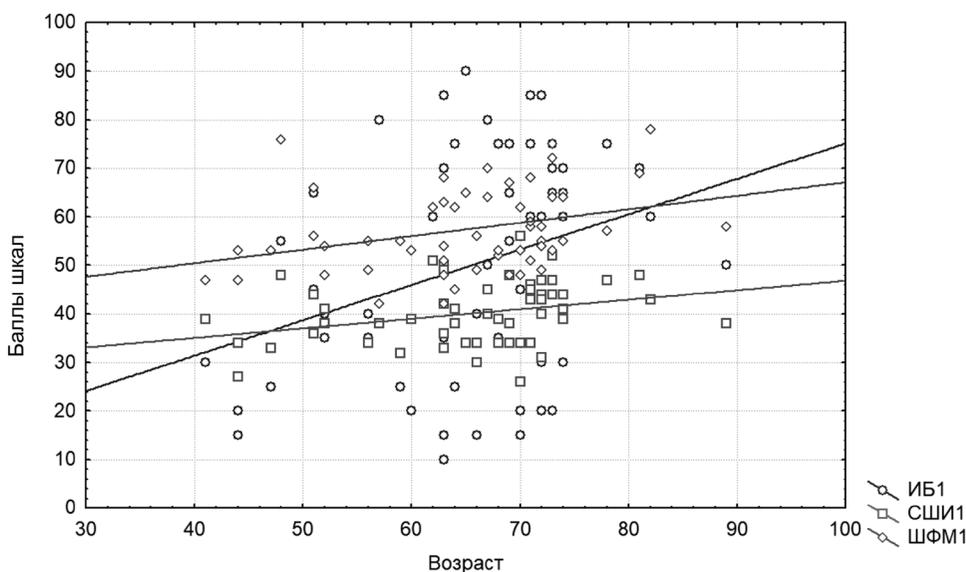


Рисунок 4. Скаттерграмма зависимости показателей возраста с данными ШБ1, СШИ1 и ШФМ1

тельной с долей вариации зависимой переменной соответственно равной 9,5 %, 8,9 % и 10 %.

Вместе с тем, при анализе переменной «срок госпитализации» и результатов клинического тестирования в исследуемых группах, полученных после проведения лечения, в отношении всех переменных ШБ2, МИМР2, СШИ2, 10МТХ2, ШФМ2 и ШТУ2, была принята нулевая гипотеза.

Таким образом, полученные данные демонстрируют отсутствие статистически значимых влияний срока госпитализации на клинические результаты проводимой терапии.

Далее, в ходе исследования выполнялся сравнительный анализ результатов клинического тестирования в обеих исследовательских группах. При сравнении двух зависимых выборок результатов клинических шкал (рисунок 5)

методом Вилкоксона в обеих исследовательских группах установлены достоверные статистически значимые различия (при  $p < 0,001$ ).

Таким образом, полученные данные указывает на наличие статистически значимого клинического результата достигнутого в ходе проведения ПКТ и комбинированного лечения по ПКТ и ИЭС.

При статистической обработке результатов клинических шкал, полученных после проведения терапии, в основной и контрольной группах пациентов с применением метода непараметрического сравнения двух независимых выборок Манна-Уитни, установлены статистически значимые различия в группах (при  $p < 0,05$ ), в отношении показателей 10МТХ2 и ШФМ2, с положительной корреляционной связью (при  $p < 0,04$ ).

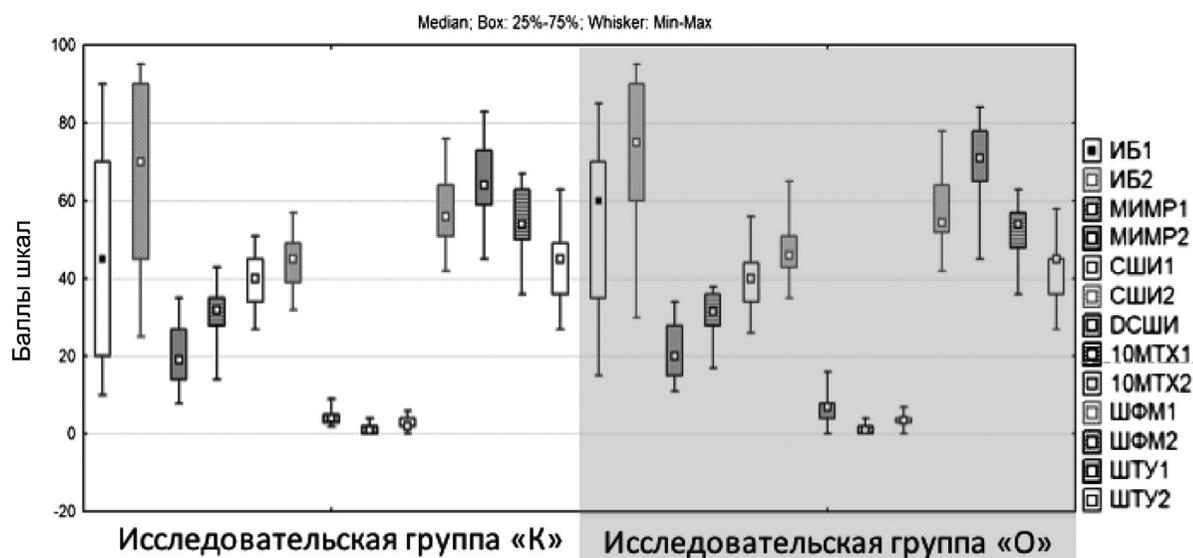


Рисунок 5. Результаты клинического тестирования в контрольной (1) основной (2) группах до и после проведения соответствующей программы терапии

Вместе с этим, согласно регрессионной модели между указанными переменными имеется взаимосвязь с долей вариации зависимой переменной 37,1 % ( $F = 32,49$ ;  $R^2 = 0,37$ , при  $p < 0,001$ ). При проведении логистической регрессии также установлены достоверные различия анализируемой переменной 10МТХ2 между группами, при этом применение методики комбинирования ПКТ и МТДК улучшает функцию ходьбы в 1,44 раза ( $OR = 1,44$ ; 95 % CI: 1,0–2,1) с критерием достоверности равным 0,04 ( $\chi^2 = 4,37$ ). Согласно логит-модели, имеются достоверные различия переменной ШФМ2 между исследуемыми группами, при этом применение методики комбинирования ПКТ и МТДК улучшает состояния моторных функций в 1,07 раза ( $OR = 1,07$ ; 95 % CI: 1,0–1,14) с критерием достоверности равным 0,02 ( $\chi^2 = 5,16$ ).

Значение ДСШИ в контрольной группе составило 4[5/3], в основной – 7[8/4]. При статистической обработке результатов переменной ДСШИ в исследуемых группах пациентов методом непараметрического сравнения двух независимых выборок Манна-Уитни установлены статистически значимые различия (при  $p < 0,014$ ), с положительной корреляционной связью (при  $p < 0,01$ ). С целью оценки возможности применимости показателя ДСШИ в отношении установления степени различия клинических результатов, полученных у пациентов в контрольной и основной группах, была проведена программа автоматического обучения нейронных сетей в режиме классификации (с радиальной базисной функцией и кросс

энтропией). В результате обучения было выделено 5 многослойных перцептронов в виде трех ROC вариаций из которых выделена наиболее оптимальная с большим значением натренированных циклов (рисунок 6).

При этом установлена чувствительность модели с долей истинно положительных случаев, равной 80 % (при пороге отсечения 0,62).

При составлении модели логистической регрессии зависимости переменной ДСШИ от дихотомической переменной, значения которой в первом случае соответствовало пациентам контрольной группы, а во втором – основной установлено, что МТДК повышает эффективность МР пациентов с ИГМ в 1,37 раза ( $OR = 1,37$ ; 95 % CI: 1,1–1,78) с критерием достоверности равным 0,008 ( $\chi^2 = 7,11$ ). Также установлено, что значение переменной ДСШИ, согласно уравнению линейной регрессии не связано с переменной «срок госпитализации», при  $p < 0,424$  ( $F = 0,65$ ,  $R^2 = 0,01$ ).

Социально-экономическая проблема ИГМ очевидна. Так, по данным Американской ассоциации сердца к 2025 году 30 % лиц после ИГМ останутся стойкими инвалидами ввиду гемипареза [8]. Психобиосоциальное бремя нейрореабилитации лиц, перенесших ИГМ, с одной стороны обусловлено этическим долгом государства, с другой – экономическими затратами на проведение комплексной МР и поиском новых методов лечения [8, 9]. Несмотря на многоуровневую систему оказания помощи пациентам в остром, подостром и раннем восстановительном периодах ИГМ с привлечением

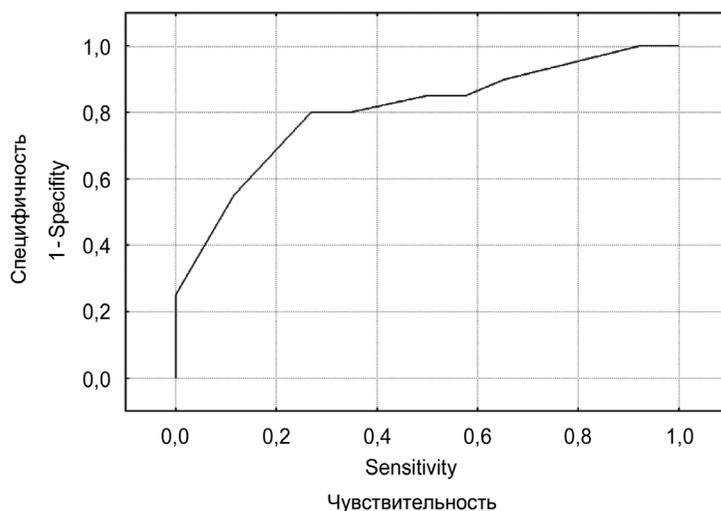


Рисунок 6. Кривая операционных характеристик (ROC-кривая) переменной ДСШИ в оценке эффективности проводимой терапии

мультидисциплинарных бригад, до настоящего времени уровень смертности от мозговых катастроф в общей смертности населения достигает 11,8 %, что указывает на высокую актуальность практикоориентированных исследований в данном направлении, в том числе связанных с разработкой новых методик МР [8, 10]. Многообразие клинических проявлений ИГМ предопределяет выраженность нарушений НСДФ, которые, согласно «психобиосоциальной» модели, приводят к многокомпонентной дезадаптации пациента и требуют применения как традиционных методов физической реабилитации, так и сложных автоматизированных РРК [11–13].

Основополагающим элементом ДА пациентов после ИГМ считается способность к независимым передвижениям (мобильность). Восстановление мобильности, в первую очередь за счет коррекции ФСП и БТ ускоряет процесс социальной и психологической интеграции [14].

Физической реабилитации с элементами персонализированного подхода отводится основная роль в коррекции БТ и восстановлении утраченных двигательных умений (навыков), регистрирующихся у 86 % пациентов после ИГМ [15]. Применение КТ, вне зависимости от времени, прошедшего с момента ИГМ, имеет высокий класс и уровень клинических рекомендаций [16]. Ряд исследований указывает, что КТ позволяет снижать влияние некоторых факторов риска, улучшая при этом метаболизм глюкозы, повышая жесткость сосудов, стабилизируя артериальное давление и уровень холестерина, и, в комбинации с другими методиками, предотвращает развитие повторного ИГМ [17, 18].

Согласно клиническому обзору [19] установлено, что пациенты после ИГМ, у которых программа МР была дополнена РРК, быстрее приходили к независимому перемещению, но не получали значимого увеличения скорости шага. Вместе с этим, объективных преимуществ отдельной методики КТ в коррекции БТ, в том числе с применением РРК не установлено [20].

Таким образом, одной из первостепенных целей МР пациентов с ИГМ остается восстановление нарушений НСДФ, связанных с обеспечением мобильности, БТ и ФСП, при этом перспективное применение РРК является актуальным аспектом создания новых методик восстановительной терапии.

### Выводы

В ходе проведенного исследования был предложен новый метод тренировки динамической координации, основанный на применении роботизированной платформы (собственная разработка) поддержки шаговой локомоции. В результате клинической апробации установлено, что новый метод повышает эффективность программы комплексной терапии пациентов с ИГМ на 37 % за счет улучшения функции ходьбы, а также нейромышечных скелетных и связанных с движением функций (OR = 1,37; 95 %CI: 1,1–1,78).

### Литература

1. Béjot, Y., Daubail B., Jacquin A., Durier J., Osseby G. V., Rouaud O., Giroud M. Trends in the incidence of ischaemic stroke in young adults between 1985 and 2011: the Dijon Stroke Registry // *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. – 2014. – Vol. 85(5). – P. 509–513. <https://doi.org/10.1136/jnnp-2013-306203>.

2. *Mozaffarian, D., Benjamin E. J., Go A. S. et al.* Heart disease and stroke statistics-2015 update: a report from the American Heart Association // *Circulation*. – 2015. – Vol. 131(4). – P. e29–322. <https://doi.org/10.1161/CIR.000000000000152>.
3. *Mackay, J., Mensah G.* Atlas of heart disease and stroke. – Geneva: World Health Organization, 2004. – P. 112.
4. *World Health Organization: World Health Statistics 2008*. – Geneva, Switzerland: WHO Press, 2008. – 180 p.
5. *van Duijnhoven, H. J., Heeren A., Peters M. A., Veerbeek J. M., Kwakkel G., Geurts A. et al.* Effects of Exercise Therapy on Balance Capacity in Chronic Stroke: Systematic Review and Meta-Analysis // *Stroke*. – 2016. – Vol. 47. – P. 2603–10. [10.1161/STROKEAHA.116.013839](https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.116.013839)
6. *Mehrholz, J., Pohl M.* Electromechanical-assisted gait training after stroke: a systematic review comparing end-effector and exoskeleton devices. *Journal of Rehabilitation Medicine*. – 2012. – Vol. 44, № 3. – P. 193–199. <https://doi.org/10.2340/16501977-0943>
7. *Tse, T., Carey L., Cadilhac D., Koh G. C., Baum C.* Application of the World Stroke Organization health system indicators and performance in Australia, Singapore, and the USA // *Int J Stroke*. – 2016. – Vol. 11(8). – P. 852–859. <https://doi.org/10.1177/1747493016660104>
8. *Virani, S. S., Alonso A., Aparicio H. J., Benjamin E. J. et al.* Heart disease and stroke statistics – 2021 update: a report from the American heart association // *Circulation*. – 2021. – Vol. 143(8). – P. 254–743. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000950>
9. *Tashiro, S., Mizuno K., Kawakami M., Takahashi O. et al.* Neuromuscular electrical stimulation-enhanced rehabilitation is associated with not only motor but also somatosensory cortical plasticity in chronic stroke patients: an interventional study // *Therapeutic Advances in Chronic Disease*. – 2019. – № 10. – P. 1–13. <https://doi.org/10.1177/2040622319889259>
10. *Benjamin, E. J., Virani S. S., Callaway C. W., Chamberlain A. M. et al.* Heart disease and stroke statistics – 2018 update: a report from the American heart association // *Circulation*. – 2018. – Vol. 137. – P. 67–492. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000558>
11. *Saunders, D. H., Sanderson M., Hayes S., Johnson L. et al.* Physical fitness training for stroke patients (Review) // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. – 2020. – № 3. – P. CD003316. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003316.pub7>
12. *Martino, C. A., Bonni S., Pellicciari M. C., Giorgi F., Caltagirone C., Koch G.* Health-related quality of life (HRQoL) after stroke: positive relationship between lower extremity and balance recovery // *Top Stroke Rehabilitation*. – 2020. – № 10. – P. 1–7. <https://doi.org/10.1080/10749357.2020.1726070>
13. *Bruni, M. F., Melegari C., De Cola M. C., Bramanti A., Bramanti P., Calabrò R. S.* What does best evidence tell us about robotic gait rehabilitation in stroke patients: a systematic review and meta-analysis // *Journal of Clinical Neuroscience*. – 2018. – Vol. 48. – P. 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2017.10.048>
14. *Laufer, Y., Elboim-Gabyzon M.* Does sensory transcutaneous electrical stimulation enhance motor recovery following a stroke? A systematic review // *Neurorehabil Neural Repair*. – 2011. – Vol. 25. – P. 799–809. <https://doi.org/10.1177/1545968310397205>
15. *Stoller, O., de Bruin E. D., Knols R. H., Hunt K. J.* Effects of cardiovascular exercise early after stroke: systematic review and meta-analysis // *BMC Neurol*. – 2012. – № 12. – P. 45.
16. *Nicholson, S., Sniehotta F., Van Wijck F., Greig C. A., Johnston M., McMurdo M. E. T., Dennis M., Mead G. E.* A systematic review of perceived barriers and motivators to physical activity after stroke // *Int J Stroke*. – 2013. – № 8. – P. 357–364.
17. *Mackay-Lyons, M., Thornton M., Ruggles T., Che M.* Non-pharmacological interventions for preventing secondary vascular events after stroke or transient ischemic attack. *Cochrane Database Syst Rev*. – 2013. – № 3. – P. CD008656.
18. *Takatori, K., Matsumoto D., Okada Y., Nakamura J., Shomoto K.* Effect of intensive rehabilitation on physical function and arterial function in community-dwelling chronic stroke survivors // *Top Stroke Rehabil*. – 2012. – Vol. 19. – P. 377–383.
19. *Mehrholz, J.* Electromechanical-assisted gait training after stroke: a systematic review comparing end-effector and exoskeleton devices / *J. Mehrholz, M. Pohl // Journal of Rehabilitation Medicine*. – 2012. – Vol. 44, № 3. – P. 193–199.
20. *The effect of a task-oriented training on trunk control ability, balance and gait of stroke patients / B. H. Kim // J Phys Ther Sci*. – 2012. – Vol. 24. – P. 519–522.

## References

1. *Béjot, Y., Daubail B., Jacquin A., Durier J., Osseby G. V., Rouaud O., Giroud M.* Trends in the incidence of ischaemic stroke in young adults between 1985 and 2011: the Dijon Stroke Registry // *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. – 2014. – Vol. 85(5). – P. 509–513. <https://doi.org/10.1136/jnnp-2013-306203>.
2. *Mozaffarian, D., Benjamin E. J., Go A. S. et al.* Heart disease and stroke statistics-2015 update: a report from the American Heart Association // *Circulation*. – 2015. – Vol. 131(4). – P. e29–322. <https://doi.org/10.1161/CIR.000000000000152>.
3. *Mackay, J., Mensah G.* Atlas of heart disease and stroke. – Geneva: World Health Organization, 2004. – P. 112.
4. *World Health Organization: World Health Statistics 2008*. – Geneva, Switzerland: WHO Press; 2008. – 180 p.
5. *van Duijnhoven, H. J., Heeren A., Peters M. A., Veerbeek J. M., Kwakkel G., Geurts A. et al.* Effects of Exercise Therapy on Balance Capacity in Chronic Stroke: Systematic Review and Meta-Analysis // *Stroke*. – 2016. – Vol. 47. – P. 2603–10. [10.1161/STROKEAHA.116.013839](https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.116.013839)
6. *Mehrholz, J., Pohl M.* Electromechanical-assisted gait training after stroke: a systematic review comparing end-effector and exoskeleton devices // *Journal of Rehabilitation Medicine*. – 2012. – Vol. 44, № 3. – P. 193–199. <https://doi.org/10.2340/16501977-0943>
7. *Tse, T., Carey L., Cadilhac D., Koh G. C., Baum C.* Application of the World Stroke Organization health system indicators and performance in Australia, Singapore, and the USA // *Int J Stroke*. – 2016. – № 11(8). – P. 852–859. <https://doi.org/10.1177/1747493016660104>
8. *Virani, S. S., Alonso A., Aparicio H. J., Benjamin E. J. et al.* Heart disease and stroke statistics – 2021 update: a report from the American heart association // *Circulation*. – 2021. – Vol. 143(8). – P. 254–743. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000950>
9. *Tashiro, S., Mizuno K., Kawakami M., Takahashi O. et al.* Neuromuscular electrical stimulation-enhanced rehabi-

litation is associated with not only motor but also somatosensory cortical plasticity in chronic stroke patients: an interventional study // *Therapeutic Advances in Chronic Disease*. – 2019. – № 10. – P. 1–13. <https://doi.org/10.1177/2040622319889259>

10. Benjamin, E. J., Virani S. S., Callaway C. W., Chamberlain A. M. et al. Heart disease and stroke statistics – 2018 update: a report from the American heart association // *Circulation*. – 2018. – Vol. 137. – P. 467–492. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000558>

11. Saunders, D. H., Sanderson M., Hayes S., Johnson L. et al. Physical fitness training for stroke patients (Review) // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. – 2020. – № 3. – P. CD003316. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003316.pub7>

12. Martino, C. A., Bonni S., Pellicciari M. C., Giorgi F., Caltagirone C., Koch G. Health-related quality of life (HRQoL) after stroke: positive relationship between lower extremity and balance recovery // *Top Stroke Rehabilitation*. – 2020. – № 10. – P. 1–7. <https://doi.org/10.1080/10749357.2020.1726070>

13. Bruni, M. F., Melegari C., De Cola M. C., Bramanti A., Bramanti P., Calabrò R. S. What does best evidence tell us about robotic gait rehabilitation in stroke patients: a systematic review and meta-analysis // *Journal of Clinical Neuroscience*. – 2018. – Vol. 48. – P. 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2017.10.048>

14. Laufer, Y., Elboim-Gabyzon M. Does sensory transcutaneous electrical stimulation enhance motor recovery following a stroke? A systematic review // *Neurorehabil Neural*

*Repair*. – 2011. – Vol. 25. – P. 799–809. <https://doi.org/10.1177/1545968310397205>

15. Stoller, O., de Bruin E. D., Knols R. H., Hunt K. J. Effects of cardiovascular exercise early after stroke: systematic review and meta-analysis // *BMC Neurol*. – 2012. – № 12. – P. 45.

16. Nicholson, S., Sniehotta F., Van Wijck F., Greig C. A., Johnston M., McMurdo M. E. T., Dennis M., Mead G. E. A systematic review of perceived barriers and motivators to physical activity after stroke // *Int J Stroke*. – 2013. – № 8. – P. 357–364.

17. Mackay-Lyons, M., Thornton M., Ruggles T., Che M. Non-pharmacological interventions for preventing secondary vascular events after stroke or transient ischemic attack // *Cochrane Database Syst Rev*. – 2013. – № 3. – P. CD008656.

18. Takatori, K., Matsumoto D., Okada Y., Nakamura J., Shomoto K. Effect of intensive rehabilitation on physical function and arterial function in community-dwelling chronic stroke survivors // *Top Stroke Rehabil*. – 2012. – Vol. 19. – P. 377–383.

19. Mehrholz, J. Electromechanical-assisted gait training after stroke: a systematic review comparing end-effector and exoskeleton devices / J. Mehrholz, M. Pohl // *Journal of Rehabilitation Medicine*. – 2012. – Vol. 44, № 3. – P. 193–199.

20. The effect of a task-oriented training on trunk control ability, balance and gait of stroke patients / B. H. Kim // *J Phys Ther Sci*. – 2012. – Vol. 24. – P. 519–522.

Поступила 14.02.2024 г.