

*На правах рукописи*

**ПЁХОВА ЯНА ГЕННАДЬЕВНА**

**ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОГО СТЕРЕОТИПА В  
РАННЕМ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ ИШЕМИЧЕСКОГО  
ИНСУЛЬТА**

**3.1.24 — Неврология**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва — 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Научный руководитель**

доктор медицинских наук, профессор,  
член-корреспондент РАН

**Мартынов Михаил Юрьевич**

**Научный консультант**

доктор медицинских наук, профессор

**Беляева Ирина Анатольевна**

**Официальные оппоненты**

доктор медицинских наук, профессор

**Котов Сергей Викторович**

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского», кафедра нервных болезней факультета усовершенствования врачей, заведующий кафедрой

доктор медицинских наук, профессор

**Савин Алексей Алексеевич**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра нервных болезней, профессор кафедры

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научный центр неврологии" Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Защита состоится « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 года в \_\_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета 21.2.058.05 на базе ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России по адресу: 117997, г. Москва, ул. Островитянова, д.1

С диссертацией можно ознакомиться на сайте <http://rsmu.ru> и в научной библиотеке ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России по адресу: 117997, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1.

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

Ученый секретарь Диссертационного совета

Доктор медицинских наук, профессор

**Боголепова Анна Николаевна**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Сосудистые заболевания головного мозга являются одной из важнейших медицинских и социальных проблем. Ежегодно в мире регистрируется 13,7 млн. новых случаев инсультов, из которых более 9,5 млн. ( $\approx 85\%$ ) случаев — это ишемические инсульты (ИИ) [GBD, Stroke Collaborators, 2019]. Инсульт занимает второе место в мире среди инвалидизирующих заболеваний, и бремя инсульта DALY (DALY - disability-adjusted life year), скорректированное с учетом нетрудоспособности, в 2016 году составило 116,4 млн. лет [GBD, Stroke Collaborators 2019].

Двигательные нарушения после инсульта, наряду с речевыми расстройствами, в наибольшей степени влияют на социальную независимость и трудоспособность [Beuаert С. и соавт., 2015; Norrving В. и соавт., 2018]. Около 70% пациентов после инсульта сохраняют способность к самостоятельному передвижению, при этом их стереотип ходьбы отклонен от нормы, что делает процесс движения более энергозатратным [Lunch Е.А. и соавт., 2018]. Даже при отсутствии выраженных парезов, такие пациенты ведут более пассивный образ жизни (70-80% времени тратится на сидячий образ жизни) по сравнению с сопоставимыми по возрасту лицами с другими хроническими заболеваниями [Franklin ВА. и соавт., 2020; Saunders D.H. и соавт., 2020]. Это приводит к дальнейшему прогрессированию факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний, дегенеративных процессов и увеличению вероятности повторного инсульта.

Снижение уровня инвалидности возможно в результате повышения эффективности лечения больных инсультом на всех этапах, включая восстановительный период. Одним из главных условий построения программы реабилитации после инсульта является оценка характера и специфики двигательных нарушений, определение связи между двигательными нарушениями и локализацией очага в головном мозге [Beuаert С. и соавт., 2015; Winters С. и соавт., 2015].

В последние годы в клиническую практику происходит активное внедрение методов инструментальной диагностики, позволяющих точно оценить биомеханические и нейрофизиологические характеристики двигательного стереотипа при различной патологии [Whittle M. и соавт., 2016; van der Kruk E. и соавт., 2018]. Основным методом, который используется для исследования двигательного акта, является

видеоанализ движений [Baker R. и соавт., 2016].

### **Степень разработанности темы**

Исследованию функции ходьбы у лиц после инсульта посвящено большое количество публикаций [Olney S.J. и соавт., 1996; Schmid S. и соавт., 2013]. В большинстве работ функция ходьбы оценивалась методом, позволяющим объективизировать какой-либо один блок параметров двигательного стереотипа, например, временные или кинематические характеристики, или данные миографии [Alexander L.D. и соавт., 2009; Grau-Pellicer M., 2019]. Видеоанализ движений позволяет одновременно точно оценить пространственно-временные, кинематические и кинетические параметры цикла шага [Baker R. и соавт., 2016], однако исследований с применением этого метода для оценки двигательного стереотипа после церебрального инсульта практически нет. Это обуславливает важность изучения этой темы.

**Цель исследования:** Изучить в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта у больных с неглубокими парезами (3,0-4,5 балла) динамику изменений пространственно-временных и кинематических характеристик цикла шага и их связь с клиническими показателями и с локализацией очага в бассейне средней мозговой артерии (СМА) или в вертебрально-базилярной системе (ВБС).

### **Задачи исследования:**

1. Изучить пространственно-временные и кинематические характеристики цикла шага паретичной и здоровой конечности у больных с ишемическим инсультом в бассейне СМА.
2. Изучить пространственно-временные и кинематические характеристики цикла шага паретичной и здоровой конечности у больных с ишемическим инсультом в ВБС.
3. Изучить динамику пространственно-временных и кинематических характеристик цикла шага от 4-6 недели к 3 и 6 месяцу у больных с ишемическим инсультом в бассейнах СМА и в ВБС.
4. Сравнить особенности изменений пространственно-временных и кинематических характеристик цикла шага у больных с ишемическим инсультом в бассейне СМА и в ВБС.

**Научная новизна исследования.** Впервые описаны изменения простран-

ственно-временных и кинематических параметров цикла шага паретичной и здоровой конечности при ишемическом инсульте с неглубокими парезами (3,0 - 4,5 балла).

Впервые изучена динамика изменения пространственно-временных и кинематических параметров цикла шага паретичной и здоровой конечности на протяжении раннего восстановительного периода ишемического инсульта.

Впервые выявлена связь пространственно-временных и кинематических параметров цикла шага паретичной и здоровой конечности с локализацией ишемического инсульта в бассейне СМА или ВБС.

Определена эффективность метода видеоанализа движений при оценке пространственно-временных и кинематических параметров цикла шага паретичной и здоровой конечности после ишемического инсульта.

**Теоретическая и практическая значимость.** В раннем восстановительном периоде ишемического инсульта при формировании программ реабилитации должна учитываться связь пространственно-временных и кинематических параметров цикла шага паретичной и здоровой конечности с локализацией очага в бассейне СМА или в ВБС.

Внедрение метода видеоанализа в клиническую практику способствует точной цифровой диагностике структуры двигательных нарушений после инсульта, целевому подбору реабилитационных программ, оценке эффективности проводимой терапии и реабилитации, что позволяет улучшить качество лечения пациентов.

#### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. У больных с ишемическим инсультом и неглубокими парезами (3,0-4,5 балла) выявлены изменения пространственно-временных и кинематических параметров цикла шага. Характер изменения кинематических параметров связан с локализацией бассейна инсульта и различается между ИИ в СМА и в ВБС.

2. Группы с ишемическим инсультом в бассейнах СМА и в ВБС различаются между собой по выраженности смещения центра масс и пояса нижних конечностей во фронтальной/сагиттальной плоскостях при ходьбе и кинематике сгибания и разгибания в конечностях.

3. Изменения пространственно-временных и кинематических параметров цикла шага при ишемическом инсульте вне зависимости от его локализации затрагивают не только паретичную, но и здоровую нижнюю конечность, которая вовлекается с

первых недель заболевания.

4. Изменения пространственно-временных и кинематических параметров цикла шага при ишемическом инсульте формируются к 4-6 неделе заболевания и сохраняются без выраженной динамики на протяжении 6 месяцев после инсульта.

**Степень достоверности результатов исследования.** Достоверность исследования обусловлена чётким дизайном работы; строгими критериями включения и исключения; современными методами исследования; корректным применением статистических методов обработки данных. Из анализа результатов исследования логически вытекают выводы и практические рекомендации.

**Методология и методы исследования.** Работа выполнена с соблюдением принципов доказательной медицины. Исследование включало неврологическое обследование, тестирование по шкалам, 3D-видеоанализ для диагностики нарушений движения на 4-6 неделе, 3 и 6 месяцах после ишемического инсульта. Группу сравнения составили пациенты с хронической ишемией головного мозга (ХИГМ).

**Внедрение в практику.** Результаты исследования внедрены в практическую и научную работу ФГБУ «НМИЦ реабилитации и курортологии» Минздрава России, в учебную и практическую работу кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики лечебного факультета ФГАОУ ВО «РНИМУ имени Н.И. Пирогова» Минздрава России.

**Апробация работы.** Основные результаты исследования доложены на научно-практических конференциях кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики лечебного факультета «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (Москва 2018, 2020), XI Всероссийском съезде неврологов и IV конгрессе Национальной ассоциации по борьбе с инсультом (Санкт-Петербург, 2019), на III Российском конгрессе «Физическая и реабилитационная медицина» (Москва, 2019). Апробация диссертации проведена на заседании кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики лечебного факультета ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, протокол заседания № 1 от 25 января 2022 года.

**Личный вклад автора.** Автор составил дизайн исследования, провел отбор пациентов, неврологическое обследование и тестирование по клиническим шкалам, исследование параметров ходьбы методом 3D-видеоанализа с последующей рас-

шифровкой и анализом результатов, статистический анализ, проанализировал результаты и сформулировал выводы.

**Публикации по теме диссертации.** По теме исследования опубликовано 7 печатных работ, из них 4 - в рецензируемых изданиях ВАК и индексируемых в Scopus, 1 - в зарубежном издании, индексируемом в Scopus; получен 1 патент на изобретение.

**Объём и структура диссертации.** Диссертационная работа изложена на 154 страницах печатного текста, включает введение, обзор литературы, глава «Материал и методы», 3 главы собственных исследований, заключение, выводы, практические рекомендации, список литературы и приложение. Работа иллюстрирована 42 таблицами и 28 рисунками. Библиографический список содержит 235 источников (54 отечественных и 181 зарубежный).

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Материал и методы исследования

Исследование проводилось в 2016 - 2019 г.г. Протокол исследования был одобрен Этическим комитетом ФГАОУ ВО «РНИМУ имени Н.И. Пирогова» Минздрава России (протокол № 44 от 19.12.2016). Отбор участников осуществлялся на базе неврологических отделений ГБУЗ «ГКБ № 1 им. Н.И. Пирогова» ДЗ г. Москвы. Исследование проводилось на базе ФГБУ «НМИЦ реабилитации и курортологии» Минздрава России.

*Таблица 1. Критерии включения/невключения в исследование*

<b>Критерии включения</b>	<b>Критерии неключения</b>
ИИ в бассейне СМА или ВБС, подтвержденный КТ/МРТ	Геморрагический инсульт, подтвержденный КТ/МРТ; инсульт, ЧМТ или иные очаговые повреждения головного мозга в анамнезе, подтвержденные КТ/МРТ
Возраст: 40 - 75 лет	Афатические нарушения грубой степени
Шкала ком Глазго 15 баллов	Когнитивные расстройства (MMSE $\leq$ 23)
Возможность самостоятельного передвижения	Заболевания опорно-двигательного аппарата; ортопедические операции на нижних конечностях
Письменное согласие на участие в исследовании	Облитерирующий атеросклероз артерий нижних конечностей 2-3 степени
	Инфаркт миокарда в предшествующие 6 месяцев, сердечная недостаточность III степени, неконтролируемая стенокардия, тяжёлые желудочковые аритмии

Всего было обследовано 175 человек с ИИ, из которых на основании критериев включения/невключения (табл. 1) были отобраны 30 пациентов, разделенных на

группы с ИИ в СМА (15 человек) и ИИ в ВБС (15 человек). Группу сравнения составили 30 пациентов с ХИГМ, у которых отсутствие инсультов и других очаговых повреждений головного мозга было подтверждено результатами клинического обследования и нейровизуализации.

Всем пациентам было проведено соматическое и неврологическое обследование. Неврологический осмотр проводился по общепринятой схеме [Е.И. Гусев и соавт., 1988]. Также оценивались функциональная независимость в повседневной жизни, тонус в паретичных конечностях, мелкая моторика кисти, мобильность и риск падений, равновесие и устойчивость, наличие головокружения и нарушения баланса, когнитивные функции, депрессия и тревожность (табл. 2).

Таблица 2. Результаты оценки по шкалам и опросникам

Показатель	Шкала / опросник (норма)	СМА (n=15)	ВБС (n=15)	ХИГМ (n=30)
Повседневная независимость	FIM (126 баллов)	118 [114; 122] <sup>#</sup>	122 [121; 124] <sup>#, †</sup>	Норма
Мышечная сила	Шкала оценки мышечной силы (5 баллов)	<b>Рука:</b> прокс. 3,6±0,9 дист. 3,1±1,5 <b>Нога:</b> прокс. 4,0±0,4 дист. 3,9±0,4	<b>Рука:</b> прокс. 4,2±0,7 дист. 3,9±1,2 <sup>▲</sup> <b>Нога:</b> прокс. 4,3±0,5 дист. 4,1±1,0	норма
Тонус в ноге: 0/1/2	Модифицированная шкала Ашворта (0 баллов)	8/6/1 <sup>•</sup>	13/0/2	норма
Мелкая моторика кисти, паретичная конечность	Тест с 9 колышками и отверстиями - NTRH (18-20 сек)	29 [25; 49] <sup>#</sup>	24 [21; 48] <sup>#, †</sup>	19 [18; 22]
Подвижность	Тест «Встань и иди» Timed up and go test (TUG) (< 10 сек)	14,2±2,5*	14,0±2,7*	8,2±1,4
Равновесие и устойчивость	Тест Берга (56 баллов)	49,4±2,2*	49,7±3,2*	55,2±0,4
Когнитивные функции	MMSE (28-30 баллов)	28,0±1,8	28,5±1,0	29,1±0,5
Депрессия	Шкала Бека (0-9 баллов)	13 [3; 18] <sup>#</sup>	9 [4; 13] <sup>#</sup>	1 [0; 4]
Тревожность	Шкала Спилбергера (< 30 баллов – низкий уровень, > 45 баллов – высокий уровень)	Личностная 46,2±8,5* Ситуативная 49,3±7,3*	Личностная 45,2±7,7* Ситуативная 44,8±9,7*	Личностная 40,5±6,4 Ситуативная 39,5±5,8
Головокружение	20 – балльная шкала головокружения (0-4 балла)	2 [0; 4]	7 [4; 12] <sup>*, †</sup>	0

\* -  $p < 0,016$ ,  $t > 2,97$  по сравнению с группой ХИГМ

<sup>#</sup> -  $p < 0,0038$ ,  $z < -2,89$  по сравнению с группой ХИГМ

<sup>†</sup> -  $p < 0,029$ ,  $z < -2,21$  по сравнению с группой СМА

<sup>▲</sup> -  $p = 0,051$ ,  $t = 1,97$  по сравнению с группой СМА

<sup>•</sup> -  $p = 0,023$ ,  $\chi^2 = 1,97$ ,  $df = 2$  по сравнению с группой ВБС

При оценке по шкалам и опросникам отмечены различия по ряду показателей между группами с ИИ и группой с ХИГМ (табл. 2). Кроме этого, группы с ИИ в СМА и в ВБС различались между собой по способности поддерживать повседневную активность, степени нарушения мелкой моторики кисти, выраженности нарушений баланса, а также по степени пареза в дистальном отделе руки и изменениям мышечного тонуса в паретичной ноге (табл. 2).

### Видеоанализ движений

Методом видеоанализа оценивались скорость ходьбы, скорость переноса конечности, длина и частота шага, ширина (база) шага, процентное соотношение фазы опоры и переноса, время фазы опоры и переноса, время цикла шага, смещение таза во фронтальной и в сагиттальной плоскости при ходьбе, сгибание - разгибание в сагиттальной плоскости в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах. Стандартизированные нормативные показатели пространственно-временных и кинематических параметров цикла шага согласно валидизированному протоколу Davis отражены в табл. 3.

Таблица 3. Стандартизированные нормативные показатели пространственно-временных и кинематических параметров цикла шага

Длина шага, м <b>0,73±0,2</b>	База (ширина) шага, м <b>0,11±0,03</b>	Скорость шага, м/сек <b>1,39±0,7</b>	Частота шага, шаг/мин <b>113±4</b>	Скорость переноса, м/сек <b>3,3±0,14</b>
Период опоры, % <b>58-61%</b>	Период переноса, % <b>39-42%</b>	Период опоры, сек <b>0,63±0,2</b>	Период переноса, сек <b>0,43±0,2</b>	Цикл шага, сек <b>1,05±0,5</b>
Смещение таза во фронтальной плоскости До 4° кверху (во время фазы переноса) До -4° книзу (во время фазы опоры)		Смещение таза в сагиттальной плоскости <b>7±5°</b>	Тазобедренный сустав, сгибание <b>30±10°</b>	Тазобедренный сустав, разгибание <b>-10±5°</b>
Коленный сустав, сгибание <b>60±5°</b>	Коленный сустав, разгибание <b>3±1°</b>	Голеностопный сустав, сгибание <b>15±5°</b>	Голеностопный сустав, разгибание <b>-15±3°</b>	

Видеоанализ проводился в специализированной лаборатории SMART-DX Motion analysis system (BTS S.P.A., Италия), оснащённой высокоточной цифровой оптико-электронной системой высокого разрешения SMART-D для анализа всех типов движения. Лаборатория оборудована 10 высокочувствительными цифровыми камерами и 3 видеокameraми для дополнительной видеосъемки. Камеры имеют частоту сканирования 100 срезов в секунду (100 Гц), что во много раз превосходит частотный спектр угловых перемещений при обычных движениях. Камеры синхронизированы, управление осуществляется при помощи локальной сети с передачей данных

в компьютер и последующей обработкой информации. В систему также включены силовые платформы на пьезоэлектрических датчиках Kistler (Kistler, Швейцария). Для многофакторного анализа функции ходьбы применяется международный валидизированный протокол Davis.

Методика исследования включала первоначальное измерение антропометрических параметров (рост, вес, длина нижних конечностей, размеры таза, диаметры колена и голени) с последующим размещением 22 светоотражающих датчиков размером до 20 мм по анатомическим ориентирам согласно протоколу Davis. Затем выполнялась непосредственно процедура исследования: пациент босиком в привычном темпе и с самостоятельно выбранной, комфортной скоростью совершал 5 последовательных циклов ходьбы по размеченной дорожке. Сигналы от датчиков регистрировались камерами и передавались на рабочую станцию. Движение анимировалось, и создавалась визуальная трехмерная модель, специфичная для каждого обследуемого. Обработка информации осуществлялась при помощи программного обеспечения Smart-Clinic (Италия). Исследователь вручную определял и отмечал момент касания пятки и отрыва носка правой и левой конечности для каждого из 5 циклов ходьбы. Далее создавался автоматический отчет, позволявший проанализировать пространственно-временные и кинематические характеристики двигательного акта. Средняя продолжительность исследования составляла 60-80 минут, из которых работа с пациентом занимала 20-30 минут и 30-50 минут - анализ и интерпретация данных и формирование заключения.

### **Статистическая обработка данных**

Статистический анализ проводился с помощью программы SPSS Statistics, версия 23, 2015. Распределение данных оценивалось согласно тесту Шапиро-Уилка. При нормальном распределении данные представлялись в виде среднего значения и среднеквадратического отклонения, при отклонении от нормального - в виде медианы и межквартильного размаха. В зависимости от распределения сравнение средних в двух независимых выборках проводилось при помощи t-теста или U-критерия Манна-Уитни, в двух парных выборках при помощи t-теста для зависимых выборок или критерия Уилкоксона. Номинальные и порядковые данные в независимых выборках сравнивались с помощью таблиц сопряженности с расчетом  $\chi^2$  и коррекцией

по Йетсу. Корреляционная связь между показателями в зависимости от распределения оценивалась с помощью коэффициента корреляции Пирсона или Спирмена. Различия считались достоверными при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Демографические и клинические особенности пациентов представлены в табл. 4, из которой следует, что группы не различались между собой по полу, возрасту и факторам риска сосудистых заболеваний.

Таблица 4. Демографическая и клиническая характеристика пациентов

Параметры	Все ИИ (n=30)	ИИ в СМА (n=15)	ИИ в ВБС (n=15)	ХИГМ (n=30)
Женщины/мужчины	17/13	7/8	10/5	15/15
Возраст (M ± SD, годы)	60,6±6,5	61,7±7,2	59,5±5,3	56,1±8,9
Артериальная гипертензия	26 (86,7%)	13 (86,7%)	13 (86,7%)	30 (100%)
Дислипидемия	14 (46,7%)	6 (40 %)	8 (53,3 %)	19 (63,3%)
Атеросклероз БЦА	27 (90 %)	14 (93,3%)	13 (86,7%)	25 (83,3%)
Курение	13 (43,3%)	6 (40%)	7 (46,7%)	17 (56,6%)
ИМТ > 25 кг/м <sup>2</sup>	9 (30%)	4 (26,7%)	5 (33,3%)	10 (33,3%)

### Пространственно-временные и кинематические параметры цикла шага через 4-6 недель после ИИ

#### Пространственно-временные параметры цикла шага

В группах с ИИ в СМА и в ВБС по сравнению с группой с ХИГМ в паретичной и в здоровой конечности изменялись длина, скорость и частота шага, скорость переноса конечности, периода опоры (сек) и цикл шага здоровой конечности (сек) (табл. 5). В то же время, структура цикла шага обеих конечностей (% отношение периода опоры и переноса) оставалось в пределах нормативных параметров (табл. 5). Различий между группами СМА и ВБС в пространственно-временных параметрах как для паретичной, так и для здоровой конечности не выявлено.

Таблица 5. Пространственно-временные параметры цикла шага

Показатель	СМА (n=15)		ВБС (n=15)		ХИГМ (n=30) Правая + левая конечность
	Здоровая конечность	Паретичная конечность	Здоровая конечность	Паретичная конечность	
Длина шага, м	0,49±0,06*	0,47±0,07*	0,5±0,1*	0,49±0,1*	0,62±0,05
База (ширина) шага, м	0,18±0,02		0,17±0,03		0,17±0,02
Скорость шага, м/сек	0,94±0,3*	0,90±0,21*	0,94±0,3*	0,93±0,3*	1,25±0,18
Частота шага, шаг/мин	99,7±15,4*		102±11,9*		110,1±9,9
Скорость переноса, м/сек	2,0±0,4*	2,0±0,5*	2,2±0,5*	2,1±0,7*	2,8±0,3
Период опоры, сек	0,75±0,2*	0,76±0,2*	0,76±0,1*	0,74±0,1*	0,66±0,08
Период опоры, %	61,7±4,4	61,8±3,7	61,9±4,5	60,8±2,1	59,8±1,6
Период переноса, сек	0,45±0,08	0,47±0,07	0,43±0,05	0,44±0,02	0,45±0,04
Период переноса, %	38,0±4,4	38,9±3	37,8±4,3	39,6±1,5	40,2±1,7
Цикл шага, сек	1,3±0,2*	1,2±0,3	1,2±0,2*	1,1±0,2	1,1±0,1

\* -  $t > 2,16$ ,  $p < 0,036$  по сравнению с группой ХИГМ

В группах с ИИ имелась связь между шириной шага и скоростью ходьбы ( $r = -0,42$ ;  $p = 0,11$  для ИИ в СМА;  $r = -0,51$ ;  $p = 0,052$  для ИИ в ВБС), а также скоростью ходьбы и равновесием и устойчивостью [шкала Берга] ( $r = 0,58$ ;  $p = 0,02$  для ИИ в СМА;  $r = 0,65$ ;  $p = 0,009$  для ИИ в ВБС), что подтверждает компенсаторные возможности увеличения ширины шага и уменьшения скорости ходьбы при снижении функции постурального контроля и моторики, влияющей на безопасность ходьбы. Также выявлена обратная связь между скоростью ходьбы и временем выполнения TUG-теста ( $r = -0,63$ ,  $p = 0,012$  для ИИ в СМА;  $r = -0,65$ ,  $p = 0,009$  для ИИ в ВБС), что показывает ухудшение функциональности движения. Между скоростью ходьбы и выраженностью пареза в нижней конечности связи не получено. Возможно, это связано с включением в исследование пациентов с неглубокими парезами.

#### *Кинематические параметры цикла шага*

#### *Сравнительный анализ группы с ИИ в СМА и группы с ХИГМ*

Группа с ИИ в СМА характеризовалась избыточным поднятием таза на паретичной стороне в фазу переноса и недостаточным его опусканием в фазу опоры, недостаточным разгибанием в коленном суставе паретичной конечности, усилением тыльного и уменьшением подошвенного сгибания с 2х сторон (табл. 6). Также у пациентов ИИ в СМА угол сгибания в коленном суставе был достоверно меньше, чем у пациентов с ХИГМ (табл. 6), но в пределах нормативных значений (табл. 3).

*Таблица 6. Кинематические параметры цикла шага на 4-6 неделе в группе с ИИ в СМА и в группе с ХИГМ*

Исследуемый параметр	Показатель	СМА (n=15)		ХИГМ (n=30)
		Паретичная конечность	Здоровая конечность	Правая + левая конечность
Смещение таза	Фронтальная плоскость	↓↑ 4,6±1,5*		↓↑ 2,5±1,2
	Сагиттальная плоскость	8,1±3,3		8,5±4,5
Тазобедренный сустав	Сгибание	36,5±7,5	36,7±6,6	36,5±5,3
	Разгибание	-4 [-7; 1]	-5 [-7; -2]	-8 [-14; 1]
Коленный сустав	Сгибание	59,5±8,2*	59,5±7,4*	63,4±4,1
	Разгибание	9 [5; 12] <sup>†</sup>	5 [1; 10]	5 [2; 9]
Голеностопный сустав	Тыльное сгибание	17,8±4,9*	16,9±5,2*	13,7±4,1
	Подошвенное сгибание	-5 [-10; 0] <sup>#</sup>	-5 [-10; 1] <sup>#</sup>	-15 [-21; -5]

\* -  $p < 0,038$ ,  $t > 2,14$  по сравнению с группой ХИГМ

# -  $p < 0,02$ ,  $z < -2,17$  по сравнению с группой ХИГМ

† -  $p = 0,068$ ,  $z = -1,8$  по сравнению с группой ХИГМ

### Сравнительный анализ группы с ИИ в ВБС и группы с ХИГМ

В группе с ИИ в ВБС отмечалось избыточное смещение таза в сагиттальной плоскости вперед, усиление сгибания и уменьшение разгибания в тазобедренном суставе, уменьшение разгибания в коленном суставе, усиление тыльного сгибания и уменьшение подошвенного сгибания паретичной и здоровой конечности (табл. 7).

Таблица 7. Кинематические параметры цикла шага на 4-6 неделе в группе с ИИ в ВБС и в группе с ХИГМ

Исследуемый параметр	Показатель	ВБС (n=15)		ХИГМ (n=30)
		Паретичная конечность	Здоровая Конечность	Правая + левая конечность
Смещение таза	Фронтальная плоскость	↓↑ 2,4±1,9		↓↑ 2,5±1,2
	Сагиттальная плоскость	16,4±3,8*		8,5±4,5
Тазобедренный сустав	Сгибание	43,9±8,4*	45,4±7,3*	36,5±5,3
	Разгибание	6 [-1; 11] #	5 [-2; 11] #	-8 [-14; 1]
Коленный Сустав	Сгибание	61,7±11,3	64,6±8,5	63,4±4,1
	Разгибание	11 [6; 26] #	10 [7; 25] #	5 [2; 9]
Голеностопный сустав	Тыльное сгибание	18,9±3,4*	20,2±3,6*	13,7±4,1
	Подошвенное сгибание	-1 [-8; 5] #	0 [-8; 2] #	-15 [-21; -5]

\* -  $p < 0,001$ ,  $t > 3,61$  по сравнению с группой ХИГМ

# -  $p < 0,041$ ,  $z < -2,04$  по сравнению с группой ХИГМ

### Сравнительный анализ групп с ИИ в СМА и в ВБС

Группы различалась между собой по смещению таза во фронтальной/сагиттальной плоскости, сгибанию/разгибанию в тазобедренном суставе паретичной и здоровой конечности, разгибанию в коленном суставе и тыльном сгибании в голеностопном суставе здоровой конечности (табл. 8, рис. 1, 2).

Таблица 8. Кинематические параметры цикла шага на 4-6 неделе в группе с ИИ в СМА и в группе с ИИ в ВБС

Исследуемый параметр	Показатель	СМА (n=15)		ВБС (n=15)	
		Паретичная конечность	Здоровая конечность	Паретичная конечность	Здоровая конечность
Смещение таза	Фронтальная плоскость	↓↑ 4,6±1,5		↓↑ 2,4±1,9*	
	Сагиттальная плоскость	8,1±3,3		16,4±3,8*	
Тазобедренный сустав	Сгибание	36,5±7,5	36,7±6,6	43,9±8,4*	45,4±7,3*
	Разгибание	-4 [-7; 1]	-5 [-7; -2]	6 [-1; 11] #	5 [-2; 11] #
Коленный сустав	Сгибание	59,5±8,2	59,5±7,4	61,7±11,3	64,6±8,5
	Разгибание	9 [5; 12]	5 [1; 10]	11 [6; 26]	10 [7; 25] #
Голеностопный сустав	Тыльное сгибание	17,8±4,9	16,9±5,2	18,9±3,4	20,2±3,6†
	Подошвенное сгибание	-5 [-10; 0]	-5 [-10; 1]	-1 [-8; 5]	0 [-8; 2]

\* -  $p < 0,017$ ,  $t > 2,54$  между группами с ИИ в СМА и в ВБС

# -  $p < 0,0097$ ,  $z < -2,59$  между группами с ИИ в СМА и в ВБС

† -  $p = 0,053$ ,  $t = 2,02$  по сравнению с группой СМА

Рисунок 1. Смещение таза в сагиттальной плоскости (вперед) и локализация ИИ

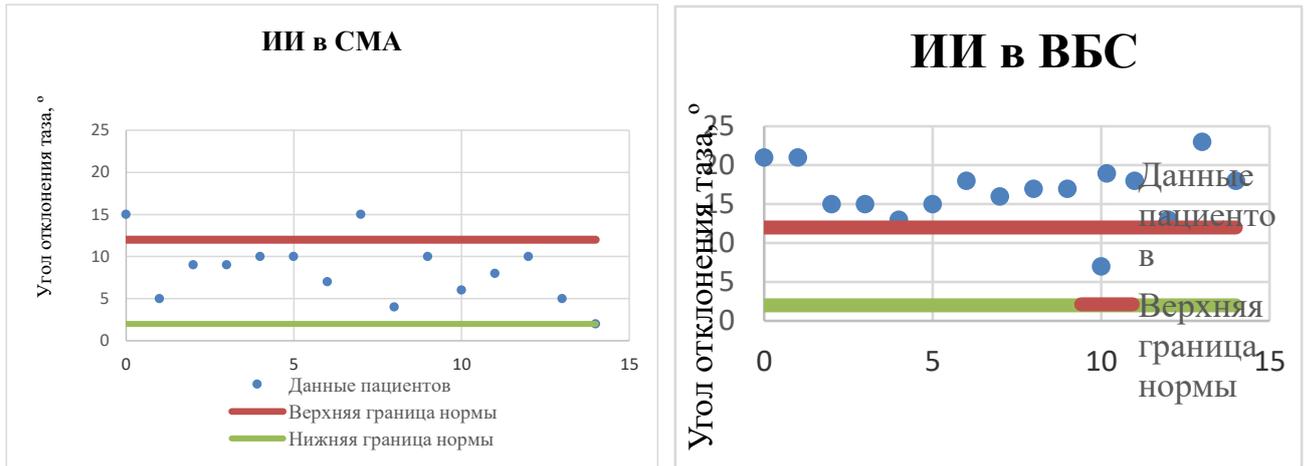
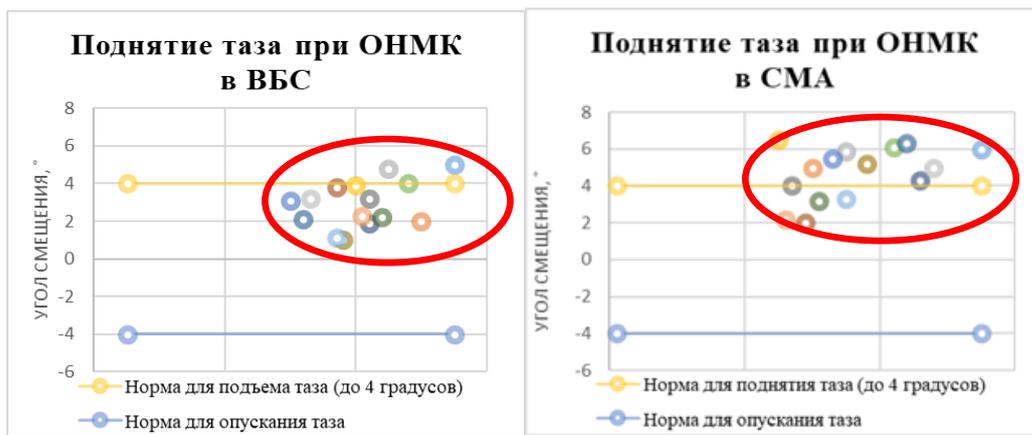


Рисунок 2. Движения таза во фронтальной плоскости (вверх-вниз) на стороне пареза в зависимости от бассейна ИИ при ОНМК в СМА и ВБС.



Таким образом, к 4-6 неделе после ИИ достоверно изменяются пространственно-временные и кинематические параметры цикла шага паретичной и здоровой нижней конечности, что отражает системное нарушение стереотипа движения. В группах с ИИ в СМА и в ВБС по сравнению с группой с ХИГМ на паретичной и здоровой стороне отмечалось уменьшение длины, скорости и частоты шага, уменьшение скорости переноса конечности, увеличение периода опоры и удлинение цикла шага при сохранении физиологического соотношения фаз опоры и переноса в процентном отношении. Различия в кинематических параметрах цикла шага между группами с ИИ в СМА и в ВБС включали: смещение таза (центра масс) во фронтальной/сагиттальной плоскостях, движения в тазобедренном суставе (сгибание/разгибание) паретичной и здоровой конечности и движения в коленном (разгибание) и голеностопном (тыльное сгибание) суставах здоровой конечности.

### Пространственно-временные и кинематические параметры цикла шага через 3 и 6 месяцев после ишемического инсульта

Исследование было продолжено с контрольными точками через 3 и 6 месяцев от начала заболевания. Динамика клинических показателей отражена в табл. 9.

Таблица 9. Демографические и клинические показатели через 3 и 6 месяцев после ИИ

<b>Группа СМА</b>			
Показатель	4-6 нед. (n=15)	3 мес. (n=10)	6 мес. (n=9)
Мужчины/женщины	7/8	5/5	5/4
Возраст (лет)	61,7±7,2	62±10	59,5±9,8
Повседневная независимость (баллы)	118 [114; 122]	123 [119; 125] #	124 [118; 125] #
Мышечная сила (баллы)	<b>Рука:</b> прокс. 3,6±0,9 дист. 3,1±1,5	<b>Рука:</b> прокс. 4,3±0,6* дист. 3,8±1,4	<b>Рука:</b> прокс. 4,4±0,5* дист. 3,9±1,3
	<b>Нога:</b> прокс. 4,0±0,4 дист. 3,9±0,4	<b>Нога:</b> прокс. 4,5±0,3* дист. 4,5±0,6*	<b>Нога:</b> прокс. 4,6±0,5* дист. 4,6±0,3*
Тонус в ноге: 0/1/2 (баллы)	8/6/1	6/2/2	6/1/2
Мелкая моторика кисти (сек)	28 [25; 49]	25 [24; 48]	26 [23; 45]
Мобильность (сек)	14,2±2,5	12,3±2,1†	12,1±1,9*
Равновесие и устойчивость (баллы)	49,4±2,2	52,6±1,8*	53,6±0,8*
Депрессия (баллы)	13 [3; 18]	8 [2; 10]#	9 [2; 12]#
Тревожность (баллы)	Личностная 46,2±8,5	Личностная 45,6±7,8	Личностная 46,6±9,8
	Ситуативная 49,3±7,3	Ситуативная 43,5±8,7*	Ситуативная 43,2±9,9*
<b>Группа ВБС</b>			
Показатель	4-6 нед. (n=15)	3 мес. (n=9)	6 мес. (n=7)
Женщины/мужчины	10/5	5/4	3/4
Возраст (лет)	58,5±5,3	59,2±6,5	60,8±5,9
Повседневная независимость (баллы)	122 [121; 124]	125 [122; 126] #	125 [122; 126]#
Мышечная сила (баллы)	<b>Рука:</b> прокс. 4,2±0,7 дист. 3,9±1,2	<b>Рука:</b> прокс. 4,4±0,6 дист. 4,1±1,0	<b>Рука:</b> прокс. 4,5±0,6 дист. 4,1±1,1
	<b>Нога:</b> прокс. 4,3±0,5 дист. 4,1±1,0	<b>Нога:</b> прокс. 4,5±0,4 дист. 4,3±1,1	<b>Нога:</b> прокс. 4,5±0,5 дист. 4,5±0,4
Тонус в ноге: 0/1/2 (баллы)	13/0/2	6/1/1	5/1/1
Мелкая моторика кисти (сек)	27 [21; 38]	28 [21; 44]	23 [20; 38]
Подвижность (сек)	14,0±2,7	12,6±2,4	12,3±3,0
Равновесие и устойчивость (баллы)	49,7±3,2	53,0±1,8*	53,7±1,5*
Головокружение (баллы)	7 [4; 12]	5 [4; 7] #	5 [3; 6] #
Депрессия (баллы)	9 [4; 13]	6,5 [4; 10]	7 [1; 9]
Тревожность (баллы)	Личностная 45,2±7,7	Личностная 43,1±6,3	Личностная 46±4,8
	Ситуативная 44,8±9,7	Ситуативная 43,1±7	Ситуативная 43,7±2,2

# -  $p < 0,043$ ,  $z < -2,02$  по сравнению с 4-6 нед.

\*-  $p < 0,041$ ,  $t > 2,17$  по сравнению с 4-6 нед.

†-  $p = 0,060$ ,  $t = 1,97$  по сравнению с 4-6 нед.

В обеих группах отмечалось улучшение по клинической шкале повседневной независимости и по тесту Берга (табл. 9). Кроме этого, у пациентов с ИИ в СМА выросла мышечная сила в паретичных конечностях, и улучшилось выполнение теста на подвижность, уменьшилась ситуативная тревожность и депрессия (табл. 9). У пациентов с ИИ в ВБС отмечалось улучшение по шкале головокружения (табл. 9). Важно отметить, что в обеих группах достоверное улучшение наблюдалось только в интервале 4-6 недель - 3 месяца от начала заболевания. С 3 по 6 месяцев положительной динамики ни по одному из показателей не было (табл. 9).

### ***Пространственно-временные параметры цикла шага***

#### **Группа с ИИ в СМА**

В табл. 10 отражены пространственно-временные параметры цикла шага в динамике при локализации ИИ в СМА. Как следует из табл. 10 достоверных изменений через 3 и 6 месяцев по сравнению с 4-6 неделями после ИИ не отмечено.

*Таблица 10. Пространственно-временные параметры цикла шага в динамике в группе с ИИ в СМА*

<b>Параметр</b>	<b>4-6 нед. (n=15)</b>	<b>3 мес. (n=10)</b>	<b>6 мес. (n=9)</b>
<b>П а р е т и ч н а я   к о н е ч н о с т ь</b>			
Длина шага, м	0,47±0,07	0,48±0,06	0,51±0,05
База (ширина) шага, м	0,18±0,02	0,18±0,03	0,18±0,03
Скорость шага, м/с	0,90±0,21	0,91±0,17	0,98±0,16
Частота шага, шаг/мин	99,7±15,4	101,0±13,2	103,9±10,4
Скорость переноса, м/с	2,0±0,5	2,1±0,4	2,3±0,3
Период опоры, с	0,76±0,2	0,75±0,11	0,71±0,09
Период опоры, %	61,8±3,7	61,5±2,8	61,3±2,6
Период переноса, с	0,47±0,07	0,46±0,06	0,45±0,04
Период переноса, %	38,9±3	39,1±2,2	39,4±2,4
Цикл шага, с	1,2±0,3	1,2±0,2	1,21±0,1
<b>З д о р о в а я   к о н е ч н о с т ь</b>			
Длина шага, м	0,49±0,06	0,51±0,05	0,52±0,06
Скорость шага, м/с	0,94±0,31	0,91±0,17	0,97±0,16
Скорость переноса, м/с	2,0±0,4	1,9±0,7	2,3±0,3
Период опоры, с	0,74±0,2	0,75±0,12	0,72±0,09
Период опоры, %	61,7±4,4	62,1±2,8	62,1±2,1
Период переноса, с	0,45±0,08	0,46±0,05	0,45±0,04
Период переноса, %	38,0±4,4	38,2±2,4	38,6±1,9
Цикл шага, с	1,3±0,2	1,2±0,2	1,2±0,1

#### **Группа с ИИ в ВБС**

В табл. 11 отражены пространственно-временные параметры цикла шага в динамике при локализации ИИ в ВБС. Как следует из табл. 11 достоверных изменений через 3 и через 6 месяцев по сравнению с 4-6 неделями после ИИ не отмечено.

Таблица 11. Пространственно-временные параметры цикла шага в динамике в группе с ИИ в ВБС

Параметр	4-6 нед. (n=15)	3 мес. (n=8)	6 мес. (n=7)
<b>П а р е т и ч н а я к о н е ч н о с т ь</b>			
Длина шага, м	0,49±0,10	0,52±0,11	0,50±0,09
База (ширина) шага, м	0,17±0,03	0,17±0,04	0,18±0,02
Скорость шага, м/с	0,93±0,31	0,99±0,28	0,95±0,26
Частота шага, шаг/мин	102,0±11,9	103,7±9,7	102,9±12,2
Скорость переноса, м/с	2,1±0,7	2,2±0,5	2,1±0,7
Период опоры, с	0,74±0,10	0,70±0,08	0,72±0,24
Период опоры, %	60,8±2,1	60,3±3,3	60,6±4,3
Период переноса, с	0,44±0,02	0,49±0,12	0,46±0,11
Период переноса, %	39,6±1,5	39,9±2,7	39,2±3,5
Цикл шага, с	1,1±0,2	1,2±0,1	1,2±0,3
<b>З д о р о в а я к о н е ч н о с т ь</b>			
Длина шага, м	0,50±0,11	0,52±0,11	0,49±0,12
Скорость шага, м/с	0,94±0,31	0,98±0,23	0,97±0,28
Скорость переноса, м/с	2,2±0,5	2,3±0,4	2,4±0,5
Период опоры, с	0,76±0,15	0,74±0,11	0,76±0,17
Период опоры, %	61,9±4,5	62,5±3,4	61,7±4,3
Период переноса, с	0,43±0,05	0,47±0,12	0,42±0,03
Период переноса, %	37,8±4,3	37,0±3,5	37,8±4,0
Цикл шага, с	1,2±0,2	1,2±0,1	1,2±0,2

### Кинематические параметры цикла шага

#### Группа с ИИ в СМА

Таблица 12. Кинематические параметры цикла шага в динамике в группе с ИИ в СМА

Исследуемый параметр	Показатель	4-6 нед. (n=15)	3 мес. (n=10)	6 мес. (n=9)
Смещение таза	Фронтальная плоскость	↓↑ 4,6±1,5	↓↑ 3,2±1,4*	↓↑ 3,5±1,1*
	Сагиттальная плоскость	8,1±3,3	9,3±3,1	9,3±3,2
<b>П а р е т и ч н а я к о н е ч н о с т ь</b>				
Тазобедренный сустав	Сгибание	36,5±7,5	34,1±4,6	33,3±7,1
	Разгибание	-4 [-7; 1]	-2 [-7; 0]	-5 [-10; 0]
Коленный Сустав	Сгибание	59,5±8,2	52,1±9,6*	53,3±7,4*
	Разгибание	9 [5; 12]	10 [1; 14]	8 [0; 13]
Голеностопный сустав	Тыльное сгибание	17,8±4,9	17,6±3,7	18,6±4,7
	Подошвенное сгибание	-5 [-10; 0]	0 [-7; 1]	-2 [-5; 0]
<b>З д о р о в а я к о н е ч н о с т ь</b>				
Тазобедренный сустав	Сгибание	36,7±6,6	34,4±4,1	35,3±5,0
	Разгибание	-5 [-7; -2]	-6 [-8; 0]	-8 [-9; -3]
Коленный Сустав	Сгибание	59,5±7,4	59,6±5,9	61,4±9,2
	Разгибание	5 [1; 10]	4 [1; 12]	2 [1; 9]
Голеностопный сустав	Тыльное сгибание	16,9±5,2	15,7±4,3	18,9±5,6
	Подошвенное сгибание	-5 [-10; 1]	-2 [-7; 0]	1 [-7; 2]

\*-  $p < 0,038$ ,  $t > 2,19$  по сравнению с 4-6 нед.

К 3 и к 6 месяцу по сравнению с показателями на 4-6 неделе отмечалось достоверное уменьшение смещения таза во фронтальной плоскости, однако оно остава-

лось бóльшим по сравнению с пациентами с ХИГМ ( $t > 1,85$ ,  $p < 0,072$ ). Также наблюдалось уменьшение угла сгибания в коленном суставе паретичной конечности, но показатель оставался в диапазоне нормы (табл. 12). В тазобедренном суставе прослеживалась тенденция к уменьшению избыточного угла сгибания паретичной конечности к 3 и к 6 месяцу. По остальным показателям изменений не было. Динамики параметров здоровой конечности за этот период не отмечено (табл. 12).

### Группа с ИИ в ВБС

В табл. 13 отражены кинематические параметры цикла шага в динамике при локализации ИИ в ВБС. Достоверных изменений через 3 и 6 месяцев по сравнению с 4-6 неделями после ИИ не отмечено.

Таблица 13. Кинематические параметры цикла шага в динамике в группе с ИИ в ВБС

Исследуемый параметр	Показатель	4-6 нед. (n=15)	3 мес. (n=8)	6 мес (n=7)
Смещение таза	Фронтальная плоскость	↓↑ 2,4±1,3	↓↑ 2,4±1,2	↓↑ 2,1±1,3
	Сагиттальная плоскость	16,4±3,8	16,5±3,7	16,1±4,3
<b>П а р е т и ч н а я   к о н е ч н о с т ь</b>				
Тазобедренный Сустав	Сгибание	43,9±8,4	42,1±10,1	44,1±9,7
	Разгибание	6 [2; 11]	5 [-2; 15]	4 [-1; 9]
Коленный Сустав	Сгибание	61,7±11,3	63,1±12,6	62,5±10,2
	Разгибание	11 [6; 26]	13 [9; 21]	11 [2; 18]
Голеностопный сустав	Тыльное сгибание	18,9±3,4	19,3±4,3	17,7±3,8
	Подошвенное сгибание	-1 [-8; 5]	-5 [-10; -2]	-5 [-8; -2]
<b>З д о р о в а я   к о н е ч н о с т ь</b>				
Тазобедренный сустав	Сгибание	45,4±7,3	46,6±9,4	48,1±10,3
	Разгибание	5 [-2; 11]	2 [-2; 12]	0 [-1; 18]
Коленный Сустав	Сгибание	64,6±8,5	66,1±11,7	66,4±8,8
	Разгибание	10 [7; 25]	11 [5; 26]	15 [10; 29]
Голеностопный сустав	Тыльное сгибание	20,2±3,6	20,8±4,9	18,0±3,4
	Подошвенное сгибание	0 [-8; 2]	2 [-10; 3]	-1 [-10; 1]

### Сравнительный анализ группы с ИИ в СМА и группы с ИИ в ВБС

Показатели кинематических параметров цикла шага между группами отражены в табл. 14. К 3-ему месяцу между группами появились различия в сгибании в коленном суставе паретичной конечности, которые были обусловлены уменьшением угла сгибания в группе с ИИ в СМА. Эти же различия сохранялись и через 6 месяцев, но показатели не выходили за границы нижнего и верхнего значений диапазона нормы. При этом мышечный тонус в паретичной конечности между группами не различался (табл. 9). Также к 3 месяцу уменьшались различия между группами в движениях таза

во фронтальной плоскости, вследствие уменьшения амплитуды колебаний таза в группе с ИИ в СМА, однако к 6 месяцу различия между группами снова нарастали (табл. 14), что могло отражать снижение компенсаторных возможностей. По остальным показателям сохранялись различия, которые отмечались при первичном обследовании на 4-6 неделе.

Таблица 14. Кинематические параметры цикла шага в динамике в группе с ИИ в СМА и в группе с ИИ в ВБС

Исследуемый Параметр	Показатель	3 мес.		6 мес.	
		СМА (n=10)	ВБС (n=8)	СМА (n=9)	ВБС (n=7)
Смещение таза	Фронтальная плоскость	↓↑ 3,2±1,4	↓↑ 2,4±1,2	↓↑ 3,5±1,1*	↓↑ 2,1±1,3
	Сагиттальная плоскость	9,3±3,1	16,5±3,7*	9,3±3,2	16,1±4,3*
<b>П а р е т и ч н а я   к о н е ч н о с т ь</b>					
Тазобедренный Сустав	Сгибание	34,1±4,6	42,1±10,1*	33,3±7,1	44,1±9,7*
	Разгибание	-2 [-7; 0]	5 [-2; 15] <sup>#</sup>	-5 [-10; 0]	4 [-1; 9] <sup>#</sup>
Коленный Сустав	Сгибание	52,1±9,6	63,1±12,6*	53,3±7,4	62,5±10,2*
	Разгибание	10 [1; 14]	13 [9; 21]	8 [0; 13]	11 [2; 18]
Голеностопный сустав	Тыльное сгибание	17,6±3,7	19,3±4,3	18,6±4,7	17,7±3,8
	Подопшвенное сгибание	0 [-7; 1]	-5 [-10; -2]	-2 [-5; 0]	-5 [-8; -2]
<b>З д о р о в а я   к о н е ч н о с т ь</b>					
Тазобедренный сустав	Сгибание	34,4±4,1	46,6±9,4*	35,3±5,0	48,1±10,3*
	Разгибание	-6 [-8; 0]	2 [-2; 12] <sup>#</sup>	-8 [-9; -3]	0 [-1; 18] <sup>#</sup>
Коленный Сустав	Сгибание	59,6±5,9	66,1±11,7	61,4±9,2	66,4±8,8
	Разгибание	4 [1; 12]	11 [5; 26] <sup>†</sup>	2 [1; 9]	15 [10; 29] <sup>#</sup>
Голеностопный сустав	Тыльное сгибание	15,7±4,3	20,8±4,9*	18,9±5,6	20,0±3,4*
	Подопшвенное сгибание	-2 [-7; 0]	2 [-10; 3]	1 [-7; 2]	-1 [-10; 1]

\* -  $p < 0,052$ ,  $t > 2,14$  между группами с ИИ в СМА и в ВБС

# -  $p < 0,036$ ,  $z < -2,10$  между группами с ИИ в СМА и в ВБС

† -  $p = 0,087$ ,  $t = -1,79$  по сравнению с группой СМА

### Заключение

Расстройства движения - одна из главных причин инвалидизации после инсульта. В последние годы для оценки двигательного акта все шире применяется метод видеоанализа, который рассматривается как «золотой» стандарт оценки движений [Baker R. и соавт., 2016]. Это обусловило цель настоящего исследования: с применением видеоанализа изучить в раннем восстановительном периоде ИИ динамику изменений пространственно-временных и кинематических параметров цикла шага и их связь с клиническими показателями и локализацией очага в бассейне СМА или в ВБС.

Анализ результатов исследования показал, что изменения пространственно-временных и кинематических параметров цикла шага развивались уже к 4-6 неделе после ИИ и сохранялись без существенной динамики на протяжении всего периода наблюдения. Эти изменения можно было разделить на *общие*, характерные для обеих групп, и *специфические*, связанные с бассейном ИИ.

### **Изменение пространственно-временных параметров цикла шага от бассейна ИИ**

Группы с ИИ в СМА и с ИИ в ВБС характеризовались изменением пространственно-временных параметров цикла шага по сравнению с группой контроля, но не различались между собой. Отличия от группы сравнения включали снижение скорости ходьбы и переноса конечности, уменьшение длины и частоты шага, увеличение времени цикла шага. Важно отметить, что изменения пространственно-временных параметров наблюдались не только в паретичной, но и в здоровой конечности. Несмотря на указанные выше изменения, в обеих группах структура шага (% соотношение фаз опоры и переноса) в паретичной и в здоровой конечности сохранялась в пределах нормативных показателей.

### **Изменение кинематических параметров цикла шага в зависимости от бассейна ИИ**

Кинематические параметры цикла шага включали изменения кинематики движений таза и суставов нижней конечности. В группе с ИИ в ВБС кинематические параметры изменялись во всех суставах, а в группе с ИИ в СМА - только в коленном и голеностопном суставе по сравнению с группой контроля.

**Пояс нижних конечностей.** Основным различием между группами, связанным с бассейном ИИ, было смещение таза (центра масс) во фронтальной/сагиттальной плоскостях. При ходьбе таз в норме совершает движения во фронтальной и в сагиттальной плоскости амплитудой  $\approx \pm 4^\circ$  и  $\approx 7 \pm 5^\circ$ , соответственно. Характерной особенностью при ИИ в СМА было избыточное смещение таза во фронтальной плоскости вверх в фазу переноса и недостаточное опускание вниз в фазу опоры. Смещение таза вперед в сагиттальной плоскости в этой группе не превышало норму. Напротив, у пациентов с ИИ в ВБС отмечалось значительное смещение таза в сагиттальной плоскости вперед, что сочеталось с отклонением от нормы при оценке по 20-балльной шкале головокружений и отражало неустойчивость и повышение риска падения. Это

соответствовало исследованиям Buckley E. и соавт., 2018, Nguyen N. и соавт., 2018, в которых изучались особенности поддержания равновесия и походки больных с поражением мозжечка.

**Тазобедренный сустав.** Другой особенностью кинематических параметров в группе с ИИ в ВБС было избыточное сгибание в фазу переноса и недостаточное разгибание в период опоры паретичной и здоровой конечностей в тазобедренном суставе, которые достоверно отличались от аналогичных показателей в группе с ИИ в СМА и в группе сравнения. Одной из возможных причин этого могла быть гиперфункция мышц-сгибателей при недостаточности мышц-разгибателей тазобедренного сустава вследствие нарушения функциональных взаимоотношений мышц агонистов и антагонистов.

**Коленный сустав.** Сгибание в коленном суставе сохранялось в диапазоне нормы в обеих группах с ИИ, при этом в группе с ИИ в ВБС угол сгибания был достоверно больше, чем в группе с ИИ в СМА. У пациентов обеих групп ИИ выявлено недостаточное разгибание в коленном суставе. В группе с ИИ в ВБС в отличие от группы с ИИ в СМА и от группы сравнения было менее полное разгибание (по отношению к группе сравнения различия достоверны для паретичной и здоровой ноги, по отношению к группе с ИИ в СМА - только для здоровой ноги). Так как у этих пациентов не отмечалось повышения мышечного тонуса, указанные изменения можно расценивать как компенсаторные, направленные на повышение устойчивости.

**Голеностопный сустав.** Движения в голеностопном суставе в обеих группах с ИИ характеризовались избыточным тыльным и недостаточным подошвенным сгибанием стоп паретичной и здоровой конечности, и достоверно отличались от группы сравнения. В группе с ИИ в ВБС подошвенное сгибание в паретичной и здоровой конечности практически отсутствовало ( $Me -1^\circ$  и  $0^\circ$ , соответственно) и характеризовалось выраженной индивидуальной вариабельностью, что могло быть связано с диссинергией мышц агонистов и антагонистов при вовлечении мозжечковых структур. Нарушение подошвенного сгибания, вероятно, отражало недостаточную отталкивающую способность в начале периода переноса вследствие неправильной активации мускулатуры нижней конечности [Levin MF. и соавт., 2000]. Кроме этого, оно возможно также имело компенсаторный характер для поддержания равновесия

[Yamamoto S. и соавт., 2018, Daryabor A. и соавт., 2021], и поэтому было более выражено в группе с ИИ в ВБС.

### **Динамика клинических показателей, пространственно-временных и кинематических параметров цикла шага**

При оценке клинических показателей установлено, что улучшение наблюдалось в интервале от включения в исследование (4-6 недель после ИИ) до 3-его месяца наблюдения. После 3-его месяца динамики не было. В обеих группах улучшение было по шкале повседневной независимости (FIM) и шкале равновесия и устойчивости (Берга). Кроме этого, в группе с ИИ в СМА отмечалось уменьшение пареза в руке и в ноге, а также улучшение подвижности (TUG тест), а группе с ИИ в ВБС - по 20-ти балльной шкале головокружений. Таким образом, парезы лучше восстанавливались в группе с ИИ в СМА. Предположительно, это можно связать с лучшими возможностями нейропластичности при ИИ в СМА [Kubis N., 2016]. Другим возможным объяснением может быть вовлечение не только кортикоспинального пути, как это наблюдается при ИИ в СМА, но и других восходящих и нисходящих путей ствола головного мозга при ИИ в ВБС [Minnerup J. и соавт., 2018].

Пространственно-временные характеристики цикла шага в обеих группах оставались без изменений в течение всего периода наблюдения. Кинематические параметры на протяжении исследования незначительно улучшились только в группе с ИИ в СМА, в которой было отмечено приближение к норме движений таза во фронтальной плоскости и уменьшение угла сгибания в тазобедренном суставе. В группе с ИИ в ВБС к норме не вернулся ни один показатель. Стойкость различий по кинематическим параметрам между группами с ИИ в СМА и ИИ в ВБС сохранялась в течение 6 месяцев наблюдения.

Исследование показывает, что спонтанное и индуцированное улучшение всех показателей (клинических и биомеханических) более активно идёт в первые 3 месяца заболевания, к 6 месяцу наблюдения - динамики незначительна.

### **Вовлечение здоровой конечности**

Изменение двигательного стереотипа здоровой нижней конечности после инсульта изучено гораздо меньше, чем паретичной ноги. Согласно полученным нами результатам, уже при включении в исследование (4-6 недель после ИИ) у всех пациентов вне зависимости от локализации очага наблюдалось изменение двигательного

паттерна здоровой ноги. Отклонения пространственно-временных характеристик цикла шага от нормы в здоровой ноге в целом соответствовали аналогичным изменениям в паретичной конечности, не различались между группами с ИИ в СМА и в ВБС и сохранялись без динамики на протяжении исследования. Изменения кинематических параметров здоровой ноги также в целом совпадали с изменением аналогичных показателей в паретичной конечности в каждой из групп с ИИ. Изменения кинематических показателей здоровой конечности были более выражены в группе с ИИ в ВБС по сравнению с ИИ в СМА и проявлялись вовлечением в патологический двигательный акт всех суставов.

В целом, в обеих группах с ИИ здоровая нога в значительной степени повторяла движения паретичной ноги. Изменения движений в здоровой конечности, вероятно, носили приспособительный характер, направленный на предупреждение/уменьшение пространственно-временной и кинематической асимметрии между конечностями и улучшение ходьбы. Это предположение в определенной степени подтверждается сохранением структуры цикла шага обеих конечностей (% отношение периода опоры и переноса).

Таким образом, нарушение двигательного стереотипа при неглубоких парезах имеет сложную структуру, в значительной степени связанную с бассейном ИИ. Это обуславливает важность проведения дифференцированной реабилитации в зависимости от локализации ИИ.

## **ВЫВОДЫ**

**1.** В раннем восстановительном периоде вне зависимости от бассейна ИИ развиваются нарушения двигательного стереотипа, включающие изменения пространственно-временных и кинематических характеристик цикла шага паретичной и здоровой конечности по сравнению с группой контроля (ХИГМ) и с нормативными показателями.

**2.** Клинически значимые изменения пространственно-временных характеристик цикла шага выявляются с первых недель после инсульта, не различаются между группами с ИИ в СМА и в ВБС, характеризуются сохранением структуры цикла шага (% отношение периода опоры и переноса) и вовлечением в патологический процесс как паретичной, так и здоровой конечности.

**3.** Кинематические параметры цикла шага при ИИ характеризуются изменением

движений тазового пояса и суставов нижней конечности. При локализации ИИ в СМА типичным является избыточное смещение таза во фронтальной плоскости вверх в фазу переноса при недостаточном опускании вниз в фазу опоры, а для группы с ИИ в ВБС - избыточное смещение таза кпереди в сагиттальной плоскости при ходьбе.

4. В здоровой ноге изменения пространственно-временных и кинематических параметров развиваются с первых недель заболевания, в значительной степени повторяют двигательный паттерн паретичной ноги и направлены на предупреждение/уменьшение пространственно-временной и кинематической асимметрии между конечностями и адаптации ходьбы.

5. Изменение пространственно-временных параметров цикла шага вне зависимости от локализации ИИ, сформировавшись к 4-6 неделе после заболевания, остаются без достоверной динамики на протяжении всего наблюдения, несмотря на клиническое улучшение по шкалам повседневной независимости, подвижности, равновесия и устойчивости к 3 месяцу наблюдения.

6. Изменение кинематических параметров цикла шага в динамике отмечается только в группе с ИИ в СМА. У этих пациентов уменьшается избыточное смещение таза во фронтальной плоскости вверх в фазу переноса и недостаточное опускание вниз в фазу опоры, и отмечается тенденция к уменьшению угла сгибания в тазобедренном суставе, что совпадает с уменьшением парезов и улучшением по шкалам повседневной независимости, подвижности, равновесия и устойчивости.

7. Применение метода 3D-видеоанализа позволяет изучить структуру двигательного стереотипа в раннем восстановительном периоде ИИ, получить количественную цифровую информацию о пространственно-временных и кинематических параметрах цикла шага, важных при выборе целевых программ двигательной реабилитации и оценке их эффективности.

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. У больных, перенесших инсульт, метод 3D-видеоанализа рекомендуется к использованию для точной количественной цифровой диагностики изменений пространственно-временных и кинематических параметров цикла шага.

2. При формировании программ двигательной реабилитации у больных в раннем восстановительном периоде ИИ необходимо учитывать не только выраженность

двигательных нарушений, но и локализацию ишемического очага (бассейн СМА или ВБС).

3. У пациентов с ИИ в СМА физические упражнения должны включать занятия с акцентом на восстановление смещения центра масс преимущественно во фронтальной плоскости, а при ИИ в ВБС - в сагиттальной.

4. Клинические шкалы оценки двигательной активности, функциональной независимости, мобильности и баланса обладают наибольшей чувствительностью в первые 3 месяца после ИИ, в дальнейшем, рекомендуется сочетание шкал и дополнительных инструментальных методов диагностики, оценивающие пространственно-временные и кинематические параметры двигательного стереотипа.

### СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Пёхова, Я.Г. Связь двигательного стереотипа и локализации очага в раннем восстановительном периоде легкого ишемического инсульта / И.А. Беляева, М.Ю. Мартынов, Я.Г. Пёхова [и др.] // **Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова**. - 2019. - Т.119. - №.3(2). - С.53-61. doi.org/10.17116/jnevro201911903253.

2. Пёхова, Я.Г. Особенности изменения кинематических параметров походки в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта / И.А. Беляева, М.Ю. Мартынов, Я.Г. Пёхова [и др.] // **Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова**. - 2020. - Т. 120. - №.11 (2). - С.72-79. - <https://doi.org/10.17116/jnevro202012011272>.

3. Пёхова, Я.Г. Особенности изменения пространственно-временных характеристик движения в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта. Материалы XI Всероссийского съезда неврологов и IV Конгресса Национальной ассоциации по борьбе с инсультом в Санкт-Петербурге / Е.И. Гусев, И.А. Беляева, Я.Г. Пёхова [и др.] // **Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова**. -2019. - Т. 119, № 5-2. -С. 325-326. -DOI: 10.17116/jnevro201911905S.

4. Пёхова, Я.Г. Анализ кинематических параметров походки при ишемическом инсульте. Материалы XI Всероссийского съезда неврологов и IV Конгресса Национальной ассоциации по борьбе с инсультом в Санкт-Петербурге / И.А. Беляева, Я.Г. Пёхова // **Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова**. - 2019. - Т. 119, № 5-2. - С. 320. - DOI: 10.17116/jnevro201911905S.

5. Пёхова, Я.Г. Метод видеоанализа как комплексная оценка двигательной функции. Международный конгресс, посвященный Всемирному Дню инсульта / Пёхова Я.Г., Беляева И.А., Мартынов М.Ю. [и др.] // Материалы конгресса. - 2017. - С.624-625.

6. Пёхова, Я.Г. Значимость аэробного тренинга в реабилитации пациентов, пе-

ренесших инсульт. Международный конгресс, посвященный Всемирному Дню инсульта / Пёхова Я.Г., Беляева И.А., Мартынов М.Ю. [и др.] // Материалы конгресса. - 2017. - С. 623-624.

7. Pehova, Ya. G. Relationship between Movement Stereotype and Focus Location in the Early Recovery Period after Mild Ischemic Stroke / LA. Belayeva, M. Yu. Martynov, Ya. G. Pehova [et al.] // **Neuroscience and Behavioral Physiology**. - 2020. - Vol. 50, (2). P. 149-158.-DOI: 10.1007/s11055-019-00881-2

По теме диссертации получен **патент на изобретение** № 2741860 «Способ использования виртуальной цифровой модели ходьбы пациента для дифференцированного построения индивидуальной программы физической реабилитации в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта в зависимости от бассейна поражения». Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 29.01.2021.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БЦА – брахиоцефальные артерии

ВБС – вертебрально-базилярная система

ИИ – ишемический инсульт

ИМТ – индекс массы тела

МРТ – магнитно-резонансная томография

КТ – компьютерная томография

ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения

СД – сахарный диабет

СМА – средняя мозговая артерия

ХИГМ – хроническая ишемия головного мозга

ЧМТ – черепно-мозговая травма

DALY – disability-adjusted life year (годы жизни, скорректированные по нетрудоспособности)

FIM - Functional Independence Measure (шкала функциональной независимости)

MMSE – Mini-Mental State Examination (краткая шкала оценки психического статуса)

ННРТ - Nine Hole Peg Test (тестирование с кольшками и девятью отверстиями)

TUG - Time up and go test (Тест «Встань и иди»)