

Связь двигательного стереотипа и локализации очага в раннем восстановительном периоде легкого ишемического инсульта

© И.А. БЕЛЯЕВА¹, М.Ю. МАРТЫНОВ¹, Я.Г. ПЕХОВА^{1,2}, А.А. ВЕРШИНИН^{1,2}, А.П. РАЧИН², М.А. ЕРЕМУШКИН², Е.И. ГУСЕВ¹

¹ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия;

²ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

Резюме

Цель исследования. Изучение особенности двигательного стереотипа в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта в бассейне внутренней сонной артерии и в вертебрально-базиллярной системе. **Материал и методы.** Обследованы 11 пациентов на 4—6-й неделе после ишемического инсульта. Из них женщин было 5, мужчин — 6, средний возраст 57,2±5,2 года. Исходно общий балл по шкале NIHSS составил 6,2±0,8, парез руки/кисти — 3,9±0,7/3,7±0,8 балла, парез ноги/стопы — 4,3±0,6/4,0±0,5 балла. Очаг в бассейне внутренней сонной артерии локализован у 7 человек, в вертебрально-базиллярной системе — у 4. Обследование проводили при поступлении и через 2—2,5 нед. Оценивали динамику по шкалам FIM и спастичности Ашфорта, тесту ловкости кисти (NHPT) и TUG — тесту, шкале равновесия Берга и 20-балльной шкале головокружений, шкале MMSE, опросникам Бека и Спилбергера. Видеоанализ движений выполняли на комплексе Physiomed Smart («Physiomed», Германия) по протоколу Davis. **Результаты.** На фоне реабилитационных мероприятий у всех больных отмечено уменьшение выраженности парезов, улучшение по шкалам FIM, Ашфорта и Берга, тесту NHPT и TUG-тесту. Больные с очагом в вертебрально-базиллярной системе в отличие от больных с очагом в бассейне внутренней сонной артерии имели нарушения равновесия, выявляемые по 20-балльной шкале головокружения. У всех больных при видеоанализе отмечены изменения двигательного стереотипа в виде укорочения длины и увеличения ширины шага, уменьшения скорости и удлинения цикла шага, более выраженные при локализации очага в вертебрально-базиллярной системе. Отличительной особенностью при локализации очага в вертебрально-базиллярной системе был наклон таза вперед, а при локализации очага в бассейне внутренней сонной артерии — перекос таза. **Заключение.** Локализация очага при легком ишемическом инсульте может влиять на особенности восстановления и стереотип движений, что рекомендуется учитывать при реабилитации этих больных.

Ключевые слова: ишемический инсульт, гемипарез, видеоанализ движений, реабилитация, ходьба, цикл шага.

Сведения об авторах:

Мартынов М.Ю. — e-mail: m-martin@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2797-7877>

Беляева И.А. — <https://orcid.org/0000-0002-2071-3345>

Вершинин А.А. — <https://orcid.org/0000-0002-5734-9903>

Пехова Я.Г. — <https://orcid.org/0000-0002-2754-1021>

Рачин А.П. — <https://orcid.org/0000-0003-4266-0050>

Еремушкин М.А. — <https://orcid.org/0000-0002-3761-0291>

Гусев Е.И. — <https://orcid.org/0000-0003-0742-6875>

Как цитировать:

Беляева И.А., Мартынов М.Ю., Пехова Я.Г., Вершинин А.А., Рачин А.П., Еремушкин М.А., Гусев Е.И. Связь двигательного стереотипа и локализации очага в раннем восстановительном периоде легкого ишемического инсульта. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2019;119(3 вып. 2):53-61. <https://doi.org/10.17116/jnevro201911903253>

A relationship between the movement pattern and lesion location in the early rehabilitation period after ischemic stroke

© I.A. BELAYEVA¹, M.YU. MARTYNOV¹, YA.G. PEHOVA^{1,2}, A.A. VERSHININ^{1,2}, A.P. RACHIN², M.A. EREMUSHKIN², GUSEV E.I.

¹Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;

²National Research Medical Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

Автор, ответственный за переписку: Мартынов Михаил Юрьевич — e-mail: m-martin@inbox.ru

Corresponding author: Martynov M.Yu. — e-mail: m-martin@inbox.ru

Abstract

Objective. To study the changes in movement pattern during the early rehabilitation period in patients after carotid/vertebro-basilar ischemic stroke. **Material and methods.** The authors studied 11 patients (6 women, 5 men, mean age 57.2 ± 5.2) 4–6 weeks after stroke onset. NIHSS on admission was 6.2 ± 0.8 , arm/hand weakness $3.9 \pm 0.7/3.7 \pm 0.8$, leg/foot weakness $4.3 \pm 0.6/4.0 \pm 0.5$. The lesion was located in the carotid artery (7 patients) and in the vertebro-basilar system (4 patients). All patients were examined on admission and at discharge (interval 13 ± 4 days). The changes were assessed using FIM scale, Ashworth scale, TUG test, nine-hole peg test (NHPT), Berg balance scale, 20-point vestibular disorder score scale, MMSE, Beck depression inventory, and Spielberger anxiety questionnaire. Also kinematic and kinetic profiles of the step cycle and gait were analyzed by video analysis system Physiomed Smart (Physiomed, Germany, Davis protocol). **Results.** All patients demonstrated improvement in FIM scale, Ashworth scale, TUG test, NHP test, Berg balance scale and 20-point vestibular disorder score scale. Patients with vertebro-basilar stroke had balance disturbance, which was assessed with 20-point vestibular disorder score scale. All patients had changes in spatiotemporal gait performance, kinematic and kinetic profiles of the walking cycle: shortening of the step length and widening of the step width, prolongation of step cycle, and decreased step speed. These changes were more obvious in patients with vertebro-basilar stroke. Also patients with vertebro-basilar stroke had pelvic tilt forward, while patients with carotid lesion had pelvic obliquity. **Conclusion.** Lesion location in patients with mild stroke may influence the spatiotemporal gait characteristics and kinematic and kinetic profiles. These features should be taken into account while planning rehabilitation strategy.

Keywords: ischemic stroke, hemiparesis, video analysis of movement, rehabilitation, gait, step cycle.

Information about the authors:

Martynov M. Yu. — <https://orcid.org/0000-0003-2797-7877>

Belyaeva I.A. — <https://orcid.org/0000-0002-2071-3345>

Vershinin A.A. — <https://orcid.org/0000-0002-5734-9903>

Pehova Y.G. — <https://orcid.org/0000-0002-2754-1021>

Rachin A.P. — <https://orcid.org/0000-0003-4266-0050>

Eremushkin M.A. — <https://orcid.org/0000-0002-3761-0291>

Gusev E.I. — <https://orcid.org/0000-0003-0742-6875>

To cite this article:

Belayeva IA, Martynov MYu, Pehova YaG, Vershinin AA, Rachin AP, Eremushkin MA, Gusev E.I. Movement pattern in the early rehabilitation period after ischemic stroke and the effect of lesion location. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry = Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2019;119(3 vyp 2):53-61. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro201911903253>

По данным ВОЗ, неврологические заболевания являются одной из основных причин хронической инвалидности во всем мире, среди которых инсульт — ведущий фактор. В 2010 г. в мире зарегистрировано 16,9 млн новых случаев инсульта, что на 68% больше, чем в 1990 г. Вместе с тем число выживших после инсульта по сравнению с 1990 г. увеличилось на 84%, и в 2010 г. в мире проживали 33 млн человек, перенесших инсульт [1]. В последние десятилетия в большинстве развитых стран мира произошло устойчивое снижение стандартизированной по возрасту смертности от инсульта [2, 3]. Однако снижение смертности не всегда сопровождается удовлетворительным функциональным восстановлением, и инвалидность после инсульта сохраняется на достаточно высоком уровне [1, 3].

Одна из главных причин инвалидизации после инсульта — расстройства двигательных функций, которые наблюдаются в различной степени у большинства больных [4] и влияют на социальную независимость и трудоспособность. Спектр двигательных нарушений многообразен и включает пирамидные, экстрапирамидные, мозжечковые синдромы; особое значение имеют нарушения статики и ходьбы.

Ходьба является произвольным, целенаправленным действием, которое контролируется корой больших полушарий головного мозга [5]. Основная функциональная единица ходьбы — это цикл шага. Сред-

нее время цикла шага при естественной ходьбе приближается к 1 с. Цикл шага для каждой конечности состоит из двух периодов: периода опоры и периода переноса. Продолжительность периода опоры составляет от 58 до 61% цикла шага, а периода переноса — от 42 до 39%. В соответствии с наличием правой и левой конечности различают правый и левый циклы шага [6]. Произвольная скорость ходьбы признана достоверной и чувствительной оценкой производительности походки [7]. Величина кинематических профилей, особенно в сагиттальной плоскости, вносит значительный вклад в скорость ходьбы. При этом параметры ходьбы (ширина шага, соотношение фаз шага, продолжительность цикла шага, амплитуда движения в суставах) у здоровых лиц в возрасте до 60–65 лет не претерпевают существенных изменений [8,9].

Походка у лиц, перенесших инсульт, по сравнению с походкой здоровых людей характеризуется уменьшением произвольной скорости, изменением кинематических и кинетических профилей походки (диапазон углов движения в суставах, пиковый момент, пиковая мощность и др.) и рисунка движения в различных плоскостях [10–14]. В то же время связь между локализацией очага и двигательным стереотипом после инсульта, особенно при отсутствии выраженных парезов, практически не изучена. Н. Моон и соавт. [15] при ретроспективном ис-

следовании больных с выраженными нарушениями движения (средний балл по шкале FIM — $72,4 \pm 30,5$) не выявили связи между супра- или субтенториальной локализацией очага и нарушением равновесия по шкале Берга.

Детальное изучение двигательного паттерна у больных после инсульта необходимо для целенаправленного выбора специализированных методов реабилитации. Основным методом, который используется для изучения двигательной системы в целом и отдельных составляющих двигательного акта в частности, является видеоанализ. При помощи видеоанализа можно изучить: а) пространственно-временные параметры цикла шага (длина, ширина, скорость, частота шага, угол разворота стопы, процентное соотношение периода опоры и переноса); б) кинематику движений (пространственную организацию при движении в суставах); в) кинетические параметры; г) уровень активности различных мышечных групп и межмышечные взаимодействия при помощи динамической электромиографии [16]. В целом метод видеоанализа позволяет уточнить характер нарушений моторики, предоставляет возможности для целенаправленной реабилитации, а также контроля процесса восстановления [17–19].

Физическая реабилитация признана стратегией первой линии для уменьшения нарушений сенсомоторной функции и двигательных расстройств после инсульта, стимулирования реорганизации двигательных зон коры больших полушарий и улучшения функционального исхода [20, 21]. По данным обзора A. Pollock и соавт. [22] и рекомендаций АНА/ASA от 2016 г. [23] методы физической реабилитации имеют доказательную базу от уровня I А до II В.

Цель настоящего исследования — изучение различий в изменении двигательного стереотипа в раннем восстановительном периоде легкого ишемического инсульта (общий балл по NIHSS $6,2 \pm 0,8$) в бассейне внутренней сонной артерии (ВСА) и в вертебрально-базилярной системе (ВБС).

Материал и методы

В раннем восстановительном периоде ишемического инсульта обследованы 11 пациентов, направленных на второй этап реабилитации сразу после окончания острого периода (на 4–6-й неделе). У всех пациентов ишемический очаг был подтвержден результатами нейровизуализации. Ишемический очаг у 7 больных локализовался в бассейне ВСА, у 4 человек — в ВБС. Мужчин было 6, женщин — 5. Средний возраст составил $57,2 \pm 5,2$ года. В исследование включали пациентов со снижением мышечной силы не более 3,5–4,0 балла. Все пациенты были обследованы 2 раза: при поступлении и перед выпиской. Интервал между обследованиями составил 2–2,5 нед. Основной задачей было уточнение изменения дви-

гательного паттерна и «рисунка» ходьбы в зависимости от локализации очага поражения.

Всем пациентам при поступлении и перед выпиской проведены в динамике клинический осмотр и исследование по шкалам. Для оценки тяжести неврологического дефицита использовали шкалу инсульта Национального института здоровья (NIHSS). Оценивали динамику по шкале функциональной независимости в повседневной жизни (*англ.*: functional independence measure — FIM), 6-балльной шкале оценки выраженности пареза, модифицированной шкале спастичности Ашфорта, тесту с колышками и девятью отверстиями для оценки функции кисти и ловкости пальцев (nine-hole peg test — NHPT), шкале подвижности (time up and go test — TUG), шкале равновесия и устойчивости (шкала Берга) и 20-балльной шкале головокружений. Наряду с этим оценивали психический статус по краткой шкале оценки психического статуса (MMSE), депрессии (шкала Бека) и тревоги (шкала Спилберга).

Видеоанализ движений проводили в специализированной лаборатории Physiomed Smart («Physiomed», Германия), оснащенной высокоточной цифровой оптико-электронной системой высокого разрешения SMART-D для анализа всех типов движений. Исследование выполняли дважды, на 2-й и 14-й день после поступления в стационар. Метод видеоанализа движений обследуемого основан на технологии бесконтактного компьютерного анализа видеоизображений движений. Согласно протоколу Davis на пациента прикрепляли 22 светоотражающих датчика размером до 20 мм, сигналы от которых регистрировались 10 основными цифровыми камерами, а также 3 видеокameraми для дополнительной видеосъемки. Камеры имеют матрицы высокой чувствительности и частоту сканирования 100 раз в 1 с (100 Гц), что во много раз превосходит частотный спектр угловых перемещений при обычных движениях. Все камеры были синхронизированы, их управление осуществляли с помощью локальной компьютерной сети с передачей данных в компьютер и последующей обработкой информации. При видеосъемке пациенту предлагали ходить по размеченной локомоторной дорожке привычной походкой в комфортном темпе, совершая 3–5 последовательных циклов. Движения записывались, формировался отчет, позволяющий проанализировать представленные кинематические характеристики движений. В результате исследования создавался «индивидуальный рисунок» движения.

Результаты исследования обрабатывали с использованием программы SPSS 22,0. Описательная статистика была представлена в виде средних значений (M) и их среднеквадратичных отклонений (SD), а также в виде медианы (Me). Для сравнения двух независимых групп применяли *t*-критерий для независимых выборок, при сравнении связанных групп —

Таблица 1. Динамика двигательной активности, координации, равновесия и психического статуса у обследованных больных (M±SD)
Table 1. Changes in movement activity, coordination, balance, and psychological state in patients with ICA and vertebro-basilar regions stroke location (M±SD)

Шкала	Норма	Бассейн ВСА (n=7)		ВБС (n=4)	
		при поступлении	при выписке	при поступлении	при выписке
Шкала FIM	126 баллов (max)	117,1±4,3*	120,8±4,6**	119,3±7,5*	123,2±3,6**
Выраженность пареза					
Верхняя конечность					
проксимально	5 баллов	3,9±0,7	4,3±0,4	4,1±0,9	4,4±0,6
дистально	5 баллов	3,4±0,9	3,7±1,1	3,9±0,8	4,1±0,9
Нижняя конечность					
проксимально	5 баллов	4,3±0,3	4,4±0,2	4,3±0,6	4,5±0,4
дистально	5 баллов	4,1±0,4	4,3±0,4	3,9±0,8	4,2±0,6
Шкала NHPT — паретичная конечность	18—20 с	48±33*	29±8*	25±5	24±5
TUG-тест	<10 с	12,7±1,4*	11,7±1,3**	15,2±2,8*	13,1±1,7**
Шкала Берга	56 баллов (max)	50,3±2,1*	53,0±1,4**	49,3±3,2*	51,3±2,6*
20-балльная шкала головокружения	0—4 балла	—	—	7,8±0,5*	6,5±1,3**
Шкала MMSE	28—30 баллов	29,0±0,6	29,3±0,8	28,5±1,0	28,8±0,9
Шкала Бека	0—9 баллов	15,5±8,1* #	10,1±5,2* **	11,5±5,5	10,5±4,3
Шкала Спилбергера	<30 баллов низкий уровень тревожных расстройств				
личностная тревожность		49,0±9,6* #	41,3±7,8* **	38,2±2,8* #	36,4±2,6* #
ситуативная тревожность		52,2±6,1* #	47,5±6,2* **	44,7±5,3* #	44,2±7,4*

Примечание. * — отличия от нормативных значений достоверны при $t > 2,57$ и $p < 0,039$; * — отличия между группами с очагом в системе ВСА и в ВБС достоверны при $t > 2,83$ и $p < 0,027$; ** — отличия в динамике достоверны при $t > 2,49$ и $p < 0,041$.

Note: * — difference is significant from reference values: $t > 2,57$, $p < 0,039$; * — difference is significant between ICA location and vertebro-basilar region location: $t > 2,83$, $p < 0,027$; ** — difference is significant between admission and discharge: $t > 2,49$, $p < 0,041$.

t-критерий для парных (связанных) выборок. Статистически значимыми различия считали при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Средний балл по шкале NIHSS при поступлении составил $6,2 \pm 0,8$ (при локализации очага в ВСА — $6,1 \pm 0,7$ балла, в ВБС — $6,3 \pm 0,9$ балла). По шкале FIM сумма баллов составила от 110 до 121 при очаге в бассейне ВСА, и от 108 до 122 при очаге в ВБС (табл. 1), при этом достоверных различий между этими группами не отмечено. При выписке наблюдали достоверное улучшение по сравнению с поступлением при анализе всей группы ($t = 3,85$, $p = 0,004$) и группы с инсультом в системе ВСА ($t = 3,56$, $p = 0,016$). Достоверного улучшения по шкале FIM у больных с инсультом в ВБС не выявлено ($t = 1,79$, $p = 0,17$), что, скорее всего, связано с небольшим количеством наблюдений в этой группе. В то же время необходимо отметить, что у каждого больного в этой группе так же, как и в группе с инсультом в бассейне ВСА, в динамике отмечено увеличение баллов по шкале FIM, что отражало эффективность реабилитационных мероприятий ($r = 0,97$, $p = 0,032$ и $r = 0,83$, $p = 0,042$ соответственно).

При изучении динамики двигательных нарушений в обеих группах выявлено достоверное нарастание силы в руке и ноге ($t > 2,41$, $p < 0,026$). Исходно тест

NHPT хуже выполняли пациенты с очагом в ВСА, что было обусловлено более выраженным парезом кисти ($t = 1,92$, $p = 0,085$). К концу реабилитации отмечена положительная, но не достоверная динамика (см. табл. 1).

Еще одним серьезным последствием инсульта является спастичность. Спастическое повышение мышечного тонуса наблюдается в первые недели после инсульта у 21—25% пациентов [24]. Исходно, у 4 больных с инсультом в ВСА было отмечено повышение мышечного тонуса до 1 балла по шкале Ашфорта, которое на фоне реабилитационных занятий уменьшилось до 0 баллов.

Вне зависимости от локализации ишемического инсульта все пациенты при исследовании подвижности (TUG-тест) затратили время, превышающее норму (≤ 10 с), но уложились в порог до 20 с, что указывает на сохранность самостоятельного передвижения, но повышение риска падений [25]. Пациенты с инсультом в ВСА выполняли этот тест лучше, чем пациенты с очагом в ВБС — $t = 2,06$, $p = 0,069$ (см. табл. 1). В динамике вне зависимости от бассейна поражения отмечено улучшение при выполнении TUG-теста с достоверными различиями для всей группы ($t = 3,28$, $p = 0,000$) и для группы с инсультом в ВСА ($t = 2,74$, $p = 0,041$). В группе с локализацией очага в ВБС наблюдали тенденцию к достоверным различиям ($t = 2,19$, $p = 0,12$), что могло быть объяснено неболь-

Таблица 2. Пространственно-временные параметры цикла шага в зависимости от локализации очага инсульта ($M \pm SD$)

Table 2. Spaciotemporal parameters of step cycle in relation to lesion location ($M \pm SD$)

Показатель	ВСА ($n=7$)		Норма	ВБС ($n=4$)	
	здоровая сторона	паретичная сторона		здоровая сторона	паретичная сторона
Длина шага, м	0,55±0,05* [#]	0,53±0,06* [#]	0,73±0,12	0,47±0,09* [#]	0,42±0,09* [#]
Ширина шага, м	0,17±0,03*		0,11±0,03	0,19±0,02*	
Скорость шага, м/с	1,07±0,18* [#]	1,08±0,17* [#]	1,39±0,37	0,82±0,16* [#]	0,78±0,19* [#]
Частота шага, шаг/мин	108±8* [#]		113±4	98±7* [#]	
Скорость переноса, м/с	2,37±0,38*	2,48±0,30* [#]	3,31±0,14	2,05±0,17*	1,76±0,47* [#]
Период опоры, %	60,6±1,4	61,3±1,6	60%	64,2±5,4	59,3±0,7
Период переноса, %	38,9±1,4	39,1±1,7	40%	36,3±5,7	40,4±0,3
Период опоры, с	0,61±0,08 [#]	0,68±0,05	0,63±0,11	0,81±0,12* [#]	0,75±0,06* [#]
Период переноса, с	0,40±0,05 [#]	0,42±0,04 [#]	0,43±0,13	0,46±0,02 [#]	0,47±0,03 [#]
Цикл шага, с	1,16±0,08* [#]	1,13±0,06* [#]	1,05±0,15	1,27±0,10* [#]	1,22±0,07* [#]

Примечание. * — отличия от нормативных значений достоверны при $t > 2,32$ и $p < 0,046$; [#] — отличия между группами с очагом в ВСА и в ВБС достоверны при $t > 2,51$ и $p < 0,033$.

Note: * — difference is significant from reference values: $t > 2,32$, $p < 0,046$; [#] — difference is significant between ICA location and vertebro-basilar region location: $t > 2,51$, $p < 0,033$.

шим числом наблюдений. В то же время у каждого больного в этой группе с продолжительностью TUG-теста более 10 с отмечено его улучшение в динамике, что отражалось высокой корреляцией между показателями TUG-теста при поступлении и выписке ($r=0,96$, $p=0,036$).

Исходно показатели по шкале Берга не различались между группами с очагом в ВСА и ВБС (см. табл. 1) и указывали на независимость больного от посторонней помощи при передвижении. В динамике все пациенты с инсультом в ВСА продемонстрировали достоверное улучшение ($t=6,32$, $p=0,001$). У пациентов с инсультом в ВБС по этому тесту отмечена положительная, но не достоверная динамика ($t=1,86$, $p=0,066$), что могло быть связано с небольшим числом наблюдений.

У больных с инсультом в ВБС в отличие от больных с очагом в ВСА была выявлена дисфункция вестибулярной системы в виде нарушения координации и равновесия, поддержания позы, которая не выявлялась по шкале Берга, но диагностировалась по 20-балльной шкале головокружения — $7,8 \pm 0,5$ балла (см. табл. 1). Эти нарушения уменьшались в динамике — $6,5 \pm 1,3$ балла ($t=2,61$, $p=0,082$), но не достигали верхних границ нормы (см. табл. 1).

По результатам MMSE когнитивных нарушений обнаружено не было. При исследовании по опроснику Бека у всех пациентов были выявлены легкие депрессивные расстройства, которые при поступлении были более выражены у больных с очагом в ВСА (см. табл. 1). Достоверное улучшение в динамике по опроснику Бека отмечено только в группе с очагом в ВСА ($t=2,78$, $p=0,039$). При оценке тревожности по шкале Спилбергера установлено, что исходно пациенты с очагом в ВСА имели более высокий уровень тревожности ($t=2,84$, $p=0,02$), особенно ситуативной, чем пациенты с очагом в ВБС (см. табл. 1). В динамике в обеих группах отмечали уменьшение личност-

ной и ситуативной тревожности, более выраженное у больных с очагом в ВСА, но не достигавшее достоверных значений ($t < 2,21$, $p > 0,077$).

Пространственно-временные параметры цикла шага и локализация очага

При проведении видеоанализа установлено, что независимо от локализации очага достоверно по сравнению с нормой уменьшались длина и скорость шага, в результате чего цикл шага увеличивался (табл. 2), что соответствовало результатам ранее выполненных исследований [10, 13, 14]. При оценке влияния локализации очага на длину шага между группами с инсультом в ВСА и ВБС установлены достоверные различия как для паретичной, так и для здоровой конечности. На паретичной и здоровой стороне у больных с очагом в ВБС шаг был короче, чем у больных с очагом в ВСА — $t=2,46$, $p=0,036$ и $t=1,93$, $p=0,085$ соответственно (см. табл. 2). Аналогичные различия отмечены в скорости и частоте шага, которые были достоверно меньше и для здоровой, и для паретичной конечности у больных с инсультом в ВБС ($t > 3,41$, $p < 0,011$). Кроме этого, у больных с очагом в ВБС отмечена тенденция к удлинению цикла шага как здоровой, так и паретичной конечностью ($t > 1,87$, $p < 0,092$).

Следующий важный параметр цикла шага — ширина (база) шага. Ширина шага определяет устойчивость при ходьбе. Типичная реакция при инсульте — ее увеличение, что указывает на нарушение равновесия и позволяет лучше его стабилизировать [10, 14]. Ширина шага при обоих вариантах локализации инсульта достоверно увеличивалась по сравнению с нормой: $t > 3,72$, $p < 0,003$ (см. табл. 2). При локализации инсульта в ВБС отмечено несколько большее увеличение ширины шага, чем при локализации очага в ВСА. Видеоанализ позволил установить, что увеличение ширины шага при локализации очага в ВСА

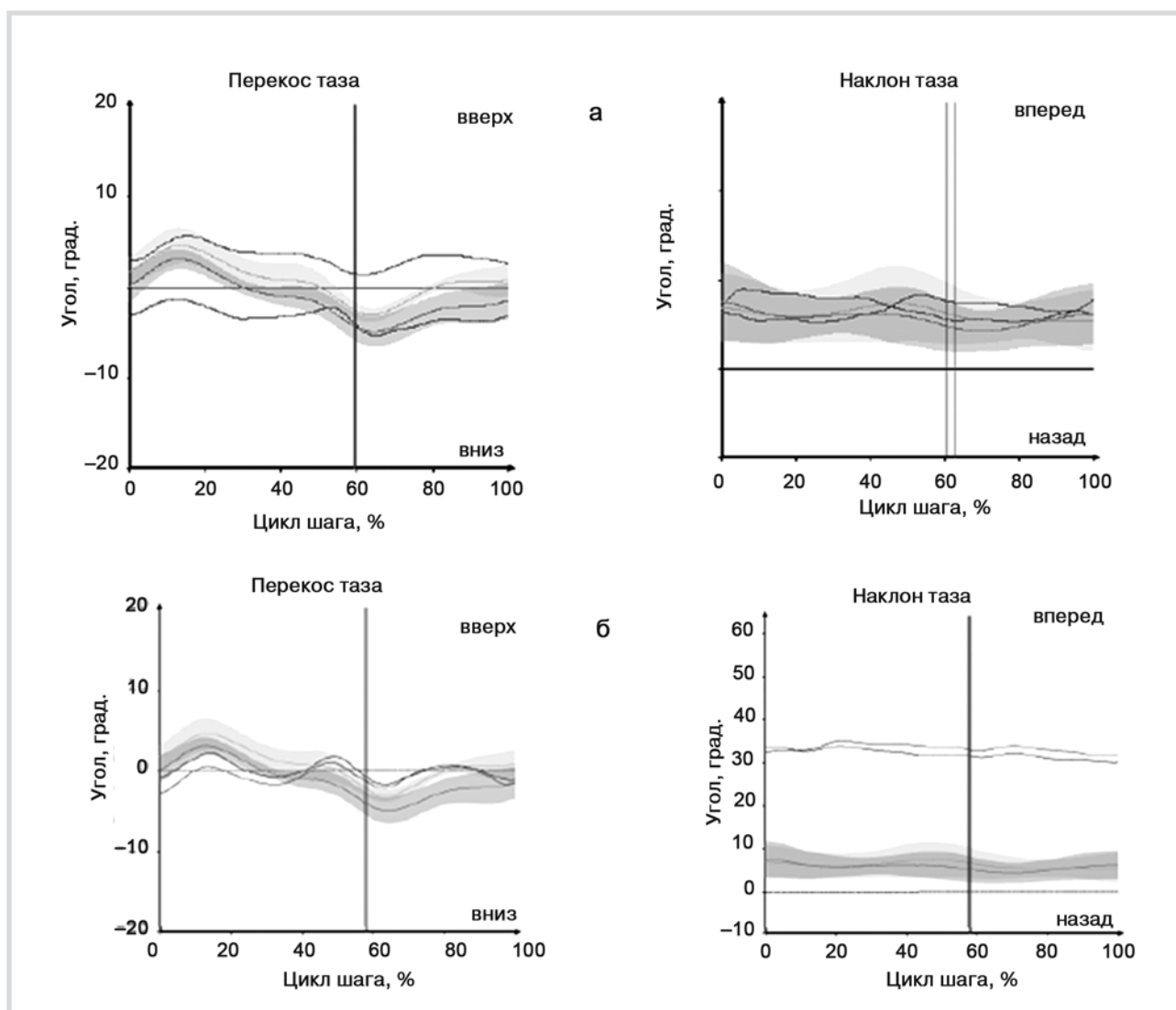


Рис. 1. Динамика движений таза в сагиттальной и фронтальной плоскостях.

а — инсульт в ВСА; б — инсульт в ВБС. По оси абсцисс — продолжительность цикла шага (в %); по оси ординат — угол отклонения таза (в градусах). Серым цветом обозначен диапазон движения таза в норме для каждой плоскости, тонкими линиями показаны результаты пациента.

Fig 1. Pelvic motions in sagittal and frontal planes.

а — stroke in internal carotid artery, б — stroke in vertebro-basilar region/ X axis — step cycle (%), Y axis — pelvic obliquity/tilt angle (%), Normal range of pelvic motions in each plane is represented by shades of grey color, patient's range of pelvic motions is represented by thin lines.

было преимущественно связано со снижением мышечной силы, в то время как при локализации в ВБС — со снижением постурального контроля и постуральной моторики. Т.е. у больных с инсультом в ВБС в большей степени, чем у больных с инсультом в ВСА, нарушалась способность к стабилизации центра массы тела при динамическом движении, к предупреждению положения центра тяжести (центровка) и сохранению соотношения сегментов тела для равновесия.

При анализе показателей времени, составляющих цикл шага, отмечено увеличение времени периода опоры паретичной конечностью, удлинение цикла шага и уменьшение частоты шагов в минуту по сравнению с нормой, что является следствием снижения скорости и/или частоты шага (см. табл. 2). Эти

изменения были достоверно более выражены у больных с инсультом в ВБС по сравнению с пациентами с очагом в ВСА ($t > 2,73$, $p < 0,038$).

Кинематические параметры цикла шага и локализация очага

В течение цикла шага таз в норме совершает движения во фронтальной плоскости амплитудой около 4° . У пациентов с инсультом в ВСА отмечен перекос таза: таз на стороне пареза был поднят выше здоровой стороны в среднем на $1,5^\circ$ (рис. 1, а). Смещение таза вперед в сагиттальной плоскости не превышало верхние границы нормы (рис. 1, б, рис. 2). Напротив, у пациентов с инсультом в ВБС выявлено выраженное смещение таза кпереди (угол отклонения от нормы превышал 15°), что предполагает смещение цен-

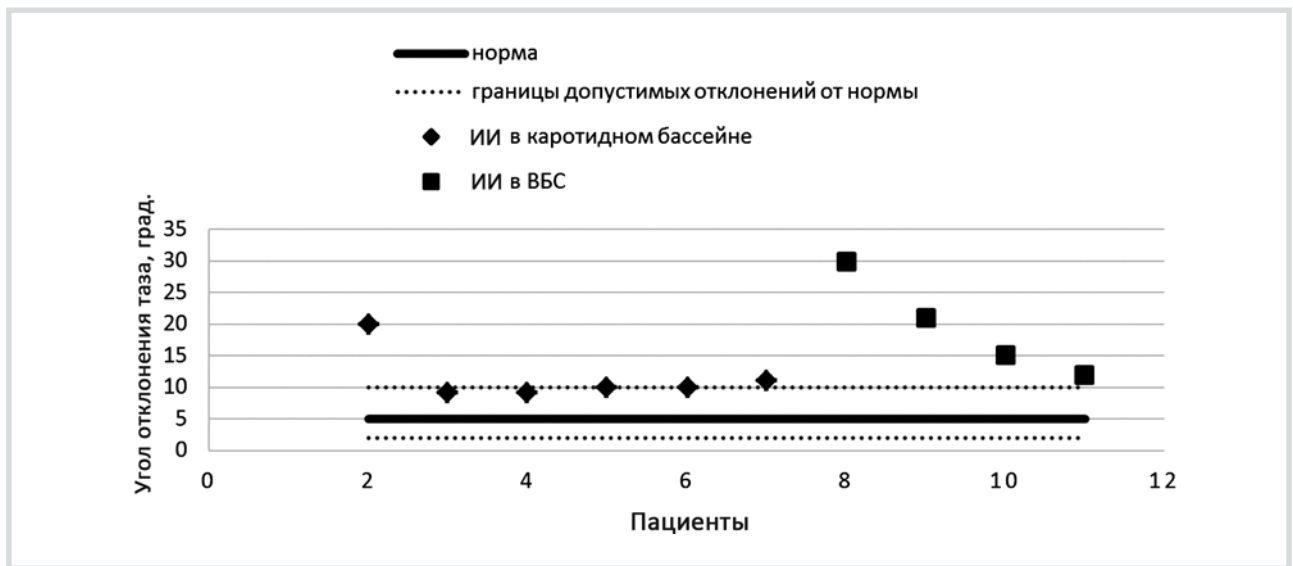


Рис. 2. Отклонение таза в сагиттальной плоскости (вперед) при локализации очага в бассейне ВСА и в ВБС. ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения.

Fig 2. Pelvic tilt forward in sagittal plane in patients with ICA lesion or vertebro-basilar region.

тра массы и неустойчивость. Установка таза кпереди, вероятнее всего, была связана с дисфункцией мышц-сгибателей бедра (мышца, напрягающая широкую фасцию бедра) и мышц-разгибателей тазобедренного сустава (большая и средняя ягодичные мышцы), функцией которых является стабилизация таза в сагиттальной плоскости. На гиподисфункцию разгибателей тазобедренного сустава также указывало чрезмерное сгибание тазобедренного сустава при недостаточном разгибании в сагиттальной плоскости.

Заключение

Реабилитация пациентов с цереброваскулярной патологией — одна из наиболее сложных медицинских и социальных задач. Целью реабилитационных программ является улучшение двигательной активности пациента. Физические упражнения по эффективности могут быть сопоставимы с лекарственными средствами при условии, что упражнения индивидуально обоснованные, целевые, безопасные и дозированные по интенсивности, частоте, продолжительности и типу тренировки. Многократно повторяющиеся физические упражнения способствуют формированию новых нейрональных связей и стимулируют различные механизмы пластичности [26].

«Золотым стандартом» исследований движений является видеоанализ. Метод видеоанализа позволяет уточнить характер нарушений моторики и контролировать восстановление [16, 17].

Результаты проведенных ранее исследований показывают, что у здоровых обследуемых большинство показателей цикла шага, включая длину и ширину шага, амплитуду движений суставов и другие пара-

метры, не имеют специфических возрастных различий до возраста 60—65 лет [8, 9]. В связи с тем что средний возраст больных в настоящем исследовании составил $56,7 \pm 6,8$ года и у них по анамнестическим данным и при клиническом обследовании отсутствовали симптомы хронических двигательных расстройств, можно допустить, что до заболевания параметры шага в обеих ногах были в пределах нормы.

Анализ полученных результатов показал, что у пациентов с инсультом даже при незначительной степени парезов паттерн ходьбы значительно изменяется, нарушается синергизм различных групп мышц. Эти изменения подтверждаются динамической электромиографией, на которой выявляется «тоническая» мышечная активность на протяжении всего цикла движения и асимметричность между паретичной и здоровой стороной даже при отсутствии клинически определяемых парезов [27]. В выполненном нами исследовании отмечены также отклонения пространственно-временных и кинематических параметров шага. У больных нарушалась подвижность в суставах, смещался центр массы тела, увеличивалась ширина шага. Кроме этого, в результате нарушения функции мышц и постуральной моторики изменялась поза нижней конечности при движении.

Результаты исследования показывают, что изменения параметров ходьбы после инсульта можно разделить на общие и специфические, связанные с определенным бассейном. Общими, не зависящими от бассейна инсульта изменениями были скорость ходьбы вследствие уменьшения длины и скорости шага и соответствующее этому увеличение продолжительности цикла шага. К специфическим изменениям, связанным с локализацией инсульта в ВБС, можно от-

нести более значительное увеличение ширины шага и выраженное смещение таза кпереди вследствие снижения постурального контроля и ухудшения постуральной моторики и равновесия. Эти изменения сочетались с более выраженными отклонениями от нормы при выполнении TUG-теста и при оценке по 20-балльной шкале головокружений и отражали повышение неустойчивости и риска падения. Сравнительный анализ шкалы Берга и 20-балльной шкалы головокружений показал более высокую чувствительность последней, в связи с чем она может быть рекомендована для уточнения степени вестибулярной дисфункции при отсутствии выраженных изменений по шкале Берга. Особенностью при инсульте в ВСА была асимметрия таза с его подъемом на стороне пареза выше здоровой стороны в среднем на 1,5°. Смещение таза вперед было в пределах верхних границ нормы и достоверно отличалось от смещения при инсульте в ВБС. Полученные нами данные о связи нарушений движения после инсульта с локализацией ишемического очага коррелируют с результатами исследования J. Lee и соавт. [28], которые на основании функциональной магнитно-резонансной томографии показали различия в восстановлении функциональных связей, контролирующих движение и равновесие, у больных с супра- и субтенториальной локализацией очага. Важно отметить, что тяжесть инсульта по шкале NIHSS в исследовании J. Lee и соавт. [28] и в нашем исследовании была сопоставима: 5,9±2,6 и 6,2±0,8 балла соответственно. Одновременно полученные нами результаты отличаются от результатов исследования Н. Моон и соавт. [15], в котором не было выявлено различий в изменении скорости ходьбы и сохранении равновесия между группами с супра- и субтенториальной локализацией инсульта. Различия, с одной стороны, могут быть объяснены достоверно более выраженными двигательными нарушениями в исследовании Н. Моон и соавт. [15]. Средний балл по шкале FIM при поступлении и при выписке со-

ставил 57±24/72±30 [15], в нашем исследовании — 118±6/122±4 соответственно, $t>5,42$, $p=0,000$. Необходимо отметить, что выраженные двигательные расстройства могут маскировать нарушения равновесия. С другой стороны, проведение нами видеоанализа позволило выявить более тонкие нарушения движений и равновесия, не определяемые по шкале Берга.

Следует отметить, что, так как уже практически с первого месяца восстановительного периода после инсульта здоровая сторона участвует в компенсации развивающейся двигательной асимметрии, необходимо в реабилитационных программах уделять внимание также здоровой стороне. Здоровая сторона, компенсируя и повторяя в определенной степени патологический стереотип паретичной стороны, несет большую нагрузку в фазе переноса, что может способствовать развитию болевых синдромов в коленном и тазобедренном суставах, изменять биомеханику позвоночника.

Таким образом, определение кинематических и кинетических параметров движения у больных в раннем реабилитационном периоде после инсульта при помощи видеоанализа позволяет объективно оценить двигательный паттерн и определить целевые показатели для реабилитационных стратегий, направленных на повышение эффективности движения. Кроме этого, полученные результаты указывают на желательность дифференцирования реабилитационных программ в зависимости от локализации сосудистого процесса, даже при одинаковой выраженности парезов, и включения в них при инсульте в ВБС занятий по тренировке равновесия, постурального контроля и работе на сенсорной дорожке для улучшения/восстановления пространственно-временных параметров цикла шага.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Feigin VL, Forouzanfar MH, Krishnamurthi R, Mensah GA, Connor M, Bennett DA, Moran AE, Sacco RL, Anderson L, Truelsen T, O'Donnell M, Venketasubramanian N, Barker-Collo S, Lawes CM, Wang W, Shinohara Y, Witt E, Ezzati M, Naghavi M, Murray C/ Global burden of diseases, injuries, and risk factors study 2010 (GBD 2010) and the GBD Stroke Experts Group. Global and regional burden of stroke during 1990—2010: findings from the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2014;383(9913):245-254. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61953-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61953-4)
2. Nichols M, Townsend N, Scarborough P, Rayner M. Cardiovascular disease in Europe 2014: epidemiological update. *Eur Heart J*. 2014;35(42):2950-2959. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu299>
3. Krishnamurthi RV, Feigin VL, Forouzanfar MH, Mensah GA, Connor M, Bennett DA, Moran AE, Sacco RL, Anderson LM, Truelsen T, O'Donnell M, Venketasubramanian N, Barker-Collo S, Lawes CM, Wang W, Shinohara Y, Witt E, Ezzati M, Naghavi M, Murray C/ Global burden of diseases, injuries, risk factors study 2010 (GBD 2010); GBD Stroke Experts Group. Global and regional burden of first-ever ischaemic and haemorrhagic stroke during 1990—2010: Findings from the global burden of disease study 2010. *Lancet Glob Health*. 2013;1(5):259-281. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(13\)70089-5](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(13)70089-5)
4. Crichton SL, Bray BD, McKevitt C, Rudd AG, Wolfe CD. Patient outcomes up to 15 years after stroke: survival, disability, quality of life, cognition and mental health. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2016;87(10):1091-1098. <https://doi.org/10.1136/jnnp-2016-313361>
5. Takakusaki K. Neurophysiology of gait: From the spinal cord to the frontal lobe. *Mov Disord*. 2013;28(11):1483-1491. <https://doi.org/10.1002/mds.25669>
6. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений. *Анализ походки*. М.: Стимул; 1996. Skvortsov DV. Klinicheskiy analiz dvizheniy. *Analiz pohodki*. М.: Stimul; 1996. (In Russ.).
7. Richards CL, Malouin F, Wood-Dauphinee S. Gait velocity as an outcome measure of locomotor recovery after stroke. In: *Gait analysis: Theory and Applications*. Editors: Craik R.L., Oatis C.A. Saint-Louis, Mosby. 1995;355-364.
8. Winter DA. *The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological*. Waterloo Biomechanics, Ontario: University of Waterloo Press, 2nd edition. 1990.

9. Hollman JH, McDade EM, Petersen RC. Normative spatiotemporal gait parameters in older adults. *Gait Posture*. 2011;34(1):111-118. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.03.024>
10. Kim CM, Eng JJ. Magnitude and pattern of 3D kinematic and kinetic gait profiles in persons with stroke: Relationship to walking speed. *Gait Posture*. 2004;20(2):140-146. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2003.07.002>
11. Stanhope VA, Knarr BA, Reisman DS, Higginson JS. Frontal plane compensatory strategies associated with self-selected walking speed in individuals post-stroke. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2014;29(5):518-522. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2014.03.013>
12. Lin PY, Yang YR, Cheng SJ, Wang RY. The relation between ankle impairments and gait velocity and symmetry in people with stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(4):562-568. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.12.042>
13. Tyrell CM, Roos MA, Rudolph KS, Reisman DS. Influence of systematic increases in treadmill walking speed on gait kinematics after stroke. *Phys Ther*. 2011;91(3):392-403. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090425>
14. Dawes H, Enzinger C, Johansen-Berg H, Bogdanovic M, Guy C, Collett J, Izadi H, Stagg C, Wade D, Matthews PM. Walking performance and its recovery in chronic stroke in relation to extent of lesion overlap with the descending motor tract. *Exp Brain Res*. 2008;186(2):325-333. <https://doi.org/10.1007/s00221-007-1237-0>
15. Moon HI, Lee HJ, Yoon SY. Lesion location associated with balance recovery and gait velocity change after rehabilitation in stroke patients. *Neuroradiology*. 2017;59(6):609-618. <https://doi.org/10.1007/s00234-017-1840-0>
16. Скворцов Д.В. Методика исследования кинематики движений и современные стандарты. Видеоанализ. *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. 2012;12:4-10. Skvortsov DV. Metodika issledovaniya kinematiki dvizheniy i sovremennyye standarty. Videoanaliz. *Lechebnaya Fizkultura i Sportivnaya Meditsina*. 2012;12:4-10. (In Russ.).
17. Stokic DS, Horn TS, Ramshur JM, Chow JW. Agreement between temporospatial gait parameters of an electronic walkway and a motion capture system in healthy and chronic stroke populations. *Am J Phys Med Rehabil*. 2009;88(6):437-444. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3181a5b1ec>
18. Andriacchi TP, Alexander EJ. Studies of human locomotion: past, present and future. *J Biomech*. 2000;33(10):1217-1224. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(00\)00061-0](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(00)00061-0)
19. Moeslund TB, Granum E. A survey of computer vision based human motion capture. *Comp Vis & Image Understand*. 2001;81:231-268. <https://doi.org/10.1006/cviu.2000.0897>
20. Arya KN, Pandian S, Verma R, Garg RK. Movement therapy induced neural reorganization and motor recovery in stroke: a review. *J Bodyw Mov Ther*. 2011;15(4):528-537. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2011.01.023>
21. Nudo RJ. Neural bases of recovery after brain injury. Mechanisms and principles. *Front Hum Neurosci*. 2013;7:887. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00887>
22. Pollock A, Baer G, Campbell P, Choo PL, Forster A, Morris J, Pomeroy VM, Langhorne P. Physical rehabilitation approaches for the recovery of function and mobility following stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;4:CD001920. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001920.pub3>
23. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2016;47(6):98-169. <https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000098>
24. Wissel J, Manack A, Brainin M. Toward an epidemiology of poststroke spasticity. *Neurology*. 2013;80(3, 2):13-19. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182762448>
25. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther*. 2000;80(9):896-903. <https://doi.org/10.1093/ptj/80.9.896>
26. Пирадов М.А., Черникова Л.А., Супонева Н.А. Пластичность мозга и современные технологии нейрореабилитации. *Вестник Российской академии наук*. 2018;88(4):299-312. Piradov MA, Chernikova LA, Suponeva NA. Plastichnost mozga i sovremennyye tehnologii neiroreabilitatsii. *Vestnik Rossiiskoi Akademii Nauk*. 2018;88(4):299-312. <https://doi.org/10.7868/S0869587318040023>
27. Скворцов Д.В., Булатова М.А., Ковражкина Е.А., Суворов А.Ю., Иванова Г.Е., Скворцова В.И. Комплексное исследование биомеханики движений у пациентов с постинсультными гемипарезами. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2012;112(6):45-49. Skvortsov DV, Bulatova MA, Kovrazhkina EA, Suvorov AYU, Ivanova GE, Skvortsova VI. Kompleksnoye issledovanie biomehaniki dvizheniy u patsientov s postinsul'tnymi gemiparezami. *Zhurnal Nevrologii i Psihiatrii im. S.S. Korsakova*. 2012;112(6):45-49. (In Russ.).
28. Lee J, Lee A, Kim H, Chang WH, Kim YH. Differences in motor network dynamics during recovery between supra- and infra-tentorial ischemic strokes. *Hum Brain Mapp*. 2018. <https://doi.org/10.1002/hbm.24338>

Поступила 06.10.18

Received 06.10.18

Принята к печати 10.10.18

Accepted 10.10.18