

# МЕХАНИЧЕСКАЯ СТИМУЛЯЦИЯ ОПОРНЫХ ЗОН СТОП В ОСТРОМ ПЕРИОДЕ СРЕДНЕ-ТЯЖЕЛОГО И ТЯЖЕЛОГО ИНСУЛЬТА

УДК 616.8

Глебова О.В., Максимова М.Ю., Черникова Л.А.  
ФГБУ «Научный центр неврологии» РАМН, г. Москва, Россия

## MECHANICAL STIMULATION OF THE PLANTAR SUPPORT ZONES IN ACUTE PERIOD MODERATE AND SEVERE STROKE

Glebova O.V., Maksimova M.Y., Chernikova L.A.  
Research Center of Neurology Russian Academy of Medical Science, Moscow, Russia

### Введение

Инсульт вследствие высокой распространенности и тяжелых последствий представляет важнейшую медико-социальную проблему [Суслина З.А., Пирадов М.А., 2009]. При этом, постинсультная инвалидизация занимает первое место из всех причин утраты трудоспособности. Около 80% больных перенесших ОНМК становятся инвалидами, из них 10% – тяжелыми инвалидами, нуждающимися в постоянном постороннем уходе [Суслина З.А., Варакин Ю.Я., Верещагин Н.В., 2009]. Наиболее частой причиной инвалидизации после перенесенного инсульта являются двигательные нарушения [Кадыков А.С. Черникова Л.А., Шапаронова Н.В., 2008]. Особое значение для сохранения самообслуживания имеет возможность самостоятельного передвижения больного.

В многочисленных исследованиях показано, что раннее начало реабилитационных мероприятий позволяет снизить или предотвратить ряд осложнений в раннем периоде и способствует более быстрому восстановлению утраченных функций [Bernhrd J. et al., 2008]. Вместе с тем не всегда состояние больного позволяет начать активные реабилитационные мероприятия в первые часы после развития острой неврологической симптоматики. В таких случаях очень важно как можно быстрее обеспечить пациенту поток афферентации с паретичных конечностей, в том числе опорной афферентации. С этих позиций определенный интерес представляет применение в нейрореабилитации некоторых конверсионных технологий, в частности стимулятора опорных зон стоп [Суслина З.А., Козловская И.Б., Черникова Л.А., Саенко И.В., 2011].

Как известно, раздражение опорных зон стопы играет существенную роль в организации тонических реакций мышечного аппарата, протекающих по типу рефлекторных гроссинергий. В экспериментальных исследованиях, выполненных в ГНЦ РФ ИМБП РАН, была показана прямая роль опорной афферентации в контроле структурно-функциональной организации тонической реакции мышц и установлено, что опорная афферентация выполняет роль триггера в системе позно-тонических реакций, облегчая (при наличии опоры) или тормозя (при ее отсутствии) включение тонических двигательных единиц [Григорьев А.И., Козловская И.Б., Шенкман Б.С., 2004; Khusnutdinova D, Netreba A, Kozlovskaya I., 2004].

Для профилактики нарушений опорной афферентации в ГНЦ РФ ИМБП РАН был создан стимулятор опорных

зон стопы под названием «Корвит», позволяющий имитировать показатели физического воздействия на стопу при ходьбе. В ряде работ продемонстрировано значение этого устройства для коррекции тонических и позных нарушений в условиях микрогравитации [Миллер Т.Ф., 2010]. Вместе с тем вопросы применения этого устройства у больных в острейшем периоде инсульта остаются открытыми.

В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение влияния раннего начала (с первых часов от момента развития инсульта) механической стимуляции опорных зон стоп на состояние мышечного тонуса и темп восстановления утраченных функций опоры и ходьбы у пациентов в остром периоде средне-тяжелого и тяжелого инсульта.

### Материалы и методы

Наблюдались 45 больных: 26 мужчин и 19 женщины в возрасте от 32 до 81 года, средний возраст 61 [55; 66] лет. Все больные были включены в исследование в среднем на 1 [1;2] сутки от момента развития инсульта. Гематомы мозга объемом от 5 до 35 см<sup>3</sup> наблюдались у 4 (8,9%) из 45 больных, инфаркты головного мозга – у 41 (91,1%). У 44 (97,8%) из 45 больных инсульт локализовался в полушариях и у 1 (2,2%) пациента в стволе головного мозга. Тяжесть неврологических нарушений по шкале NIHSS составляла от 9 до 20 баллов, в среднем 12 [10; 15] баллов. Большинство больных имели сопутствующую соматическую патологию в виде ишемической болезни сердца (ИБС) и сахарного диабета.

Критериями исключения из исследования были следующие факторы:

- 1) флотирующий тромб в венах нижних конечностей;
- 2) температура тела выше 38°;
- 3) кожные воспалительные заболевания;
- 4) выраженная ортопедическая патология нижних конечностей, препятствующая наложению ортезов с пневмостельками имитатора опорной нагрузки «Корвит»;
- 5) соматические заболевания в стадии декомпенсации.

Основную группу составили 24 больных, у которых с первых часов развития инсульта, помимо традиционной восстановительной терапии, включающей лечебную гимнастику, массаж и нервно-мышечную электростимуляцию, применялась механическая стимуляция опорных зон стоп с помощью устройства «Корвит». Группа сравнения включала 21 больного, которые получали только традиционную терапию.

Всем пациентам была проведена оценка степени неврологических нарушений по шкале NIHSS (National Institute //Stroke Scale) с диапазоном значений от 0 до 36 баллов (норма 0 баллов); определены индекс повседневной функциональной активности Barthel, диапазон значений от 0 до 100 баллов (норма 100 баллов), функциональные нарушения по модифицированной шкале Rankin, диапазон значений от 0 до 5 баллов (норма 0 баллов), а также степень двигательных нарушений по шкале Fugl-Meyer для ноги, диапазон значений от 0 до 34 баллов (норма 34 балла), степень нарушения мышечного тонуса в разгибателях стопы по шкале Ashworth, диапазон от 0 до 5 баллов (норма 0 баллов) при поступлении и на 21 сут от развития очаговой неврологической симптоматики.

Кроме того, всем пациентам при поступлении было выполнено инструментальное обследование: 1) МРТ головного мозга на магнитно-резонансном томографе, Siemens Avanto (Германия) с величиной магнитной индукции 1,5 Тесла, которое включало в себя стандартные режимы исследования (T2-ВИ, T1-ВИ, T2d-f, T2\*-ВИ, ДВИ, МР-ангиография в режиме 3D-TOF); 2) ЭХО КГ, ЭКГ; 3) ДС вен нижних конечностей, для исключения тромбоза вен; 4) ДС МАГ.

Основная и контрольная группы были сопоставимы по основным клиническим признакам (Таблица 1).

У 6 (25,0%) из 24 больных основной группы и у 8 (38,1%) из 21 больного контрольной группы был выполнен системный тромболитический препаратом Актилизе в дозе 0,9 мг/кг массы тела (10% дозы вводились в/в струйно, 90% в/в капельно в течение 60 минут).

Механическая стимуляция опорных зон стопы проводилась больным основной группы на аппарате «Корвит» в режиме медленной ходьбы (1 режим), при скорости 75 шагов в 1 мин, давлении на пневмомеханические камеры – 40 кПа. Время процедуры составляло 20 мин. Стимуляция проводилась 2 раза в сутки, 5 раз в неделю, в течение 3-х недель. Последовательность нагнетания воздуха в пневмомеханические камеры соответствует физиологическому переносу веса тела при ходьбе.

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью непараметрической критерия Манна-Уитни (U-тест) на персональном компьютере с применением пакета прикладных программ STATISTICA 6.0 (StatSoft®, 2003). Данные представлены в виде медианы и 25%, 75% квартилей медианы (Me [LQ; UQ]). Статистически значимыми различия считались при  $p < 0,05$ .

### Результаты

Проведенное исследование показало, что к 21 дню инсульта как в основной, так и контрольной группе отме-

чено уменьшение тяжести инсульта по шкале NIHSS, увеличение индексов Rankin и Barthel, а также улучшение двигательной функции в ноге по шкале Fugl-Meyer (Таблица 2).

В первые сутки от начала инсульта у 75,1% основной и у 66,6% контрольной группы больных со средней и тяжелой степенью инсульта отмечалась мышечная гипотония в паретичной ноге, в 8,3% случаев в основной и в 9,5% – в контрольной группе тонус не был изменен. У остальных больных отмечалось легкое или умеренное повышение мышечного тонуса в разгибателях стопы по спастическому типу.

При оценке мышечного тонуса по шкале Ashworth на 21 сут гипотония в исследуемых мышцах отмечалась у 8,3% основной и у 23,8% контрольной группы, нормализация мышечного тонуса – у 70,8% основной и у 28,6% контрольной группы. Следует подчеркнуть, что ни у одного больного основной группы не наблюдалось умеренного повышения мышечного тонуса, в то время как у больных контрольной группы умеренное повышение тонуса в разгибателях голени отмечалось у 33,3% (Рисунок 1).

Оказалось, что в основной группе, получавшей с первых дней развития инсульта механическую стимуляцию опорных зон стоп, больные раньше могли самостоятельно сидеть с опущенными ногами и раньше, чем больные контрольной группы начинали ходить (Таблица 3).

При этом, в основной группе все больные могли стоять на 21 сут инсульта, однако 5 (20,8%) из 24 больных не смогли начать ходить (самостоятельно или с поддержкой). В то же время в контрольной группе на 21 сут от начала заболевания 5 (23,8%) из 21 больного не могли стоять и 8 (38,1%) из 21 больного не смогли начать ходить.

Более детальный анализ показал, что в основной группе 15 (62%) из 24 больных сделали первые шаги на 2 неделе после начала инсульта, а в контрольной группе около половины больных 10 (47,6%) из 21 больного смогли сделать первые шаги только на третьей неделе от начала заболевания.

Особый интерес вызывает анализ тех 13 больных (5 из основной группы и 8 из контрольной), которые к 21 суткам от начала инсульта не освоили навык самостоятельного передвижения, а 3 из 8 больных контрольной группы к тому же не освоили навык стояния. С нашей точки зрения такой результат мог быть обусловлен несколькими причинами: у трех пациентов в течение первой недели от начала инсульта отмечалось ухудшение состояния за счет нарастания тяжести неврологического дефицита, вследствие расширения области очаговых изменений и возникновением явления отека головного мозга; у 8-ми пациентов в клинике отмечались аспонтанность, адина-

**Таблица 1.** Клинические характеристики больных основной и контрольной групп (Me [LQ;UQ]).

Клинические характеристики	Основная группа (n=24)	Контрольная группа (n=21)	p-level
Возраст (в год)	59,04 [52; 62]	61,95 [59; 69]	0,161029
Пол: м/ ж:	12/12	14/7	0,348584
Давность инсульта (в сут)	2,00 [1; 1,5]	2,48 [1; 3]	0,512554
Тяжесть инсульта по NIHSS при поступлении	12,00 [10; 14]	13,00 [11; 15]	0,137985
Степень инвалидизации после инсульта по шкале Rankin при поступлении	5,00 [4,5; 5]	5,00 [5; 5]	0,926960
Индекс активности Barthel при поступлении	20,00 [15; 35]	15,00 [15; 25]	0,246182
Степень двигательных нарушений в ноге по шкале Fugl-Meyer при поступлении	6,00 [4; 8]	4,00 [4; 4]	0,081750
Тонус в ноге по шкале Ashworth при поступлении	1,00 [1; 1,5]	1,00 [1; 2]	0,795609

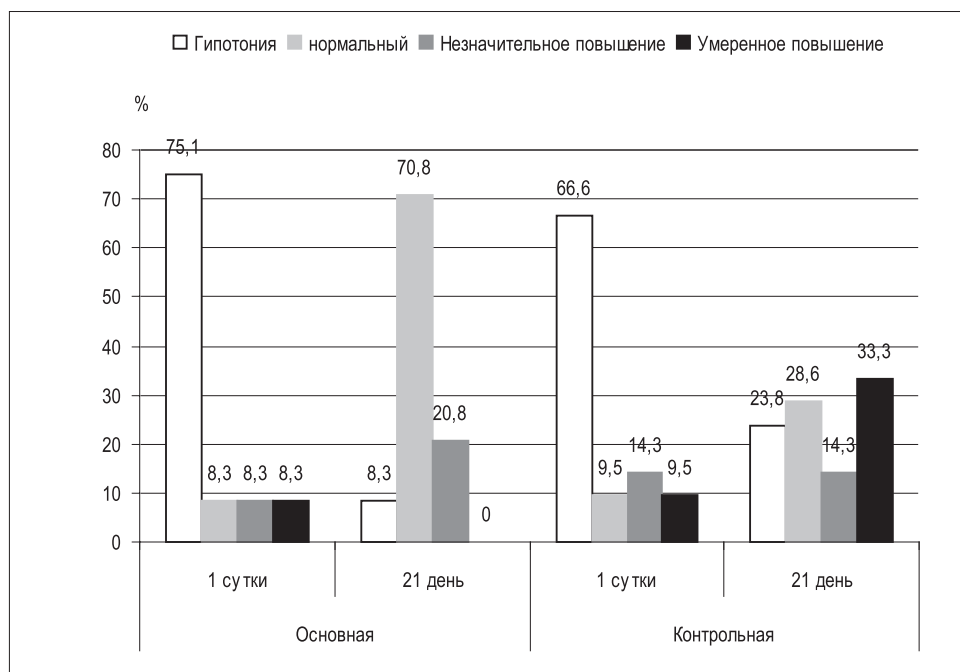
**Таблица 2.** Основные клинические характеристики исследуемых больных при поступлении и на 21 сутки после развития инсульта (Me [LQ; UQ]).

Клинические характеристики	Основная группа (n=24)		Контрольная группа (n=21)	
	При поступлении	21 сутки	При поступлении	21 сутки
Тяжесть инсульта по NIHSS	12,00 [10; 14]	6,50 [5; 8,5] ***	13,00 [11; 15]	8,00 [6; 11] ***
Степень инвалидизации после инсульта по шкале Rankin	5,00 [4,5; 5]	3,00 [3; 4] ***	5,00 [5; 5]	4,00 [3; 4] ***
Индекс активности Barthel	20,00 [15; 35]	57,50 [45; 70] ***	15,00 [15; 25]	55,00 [35; 65] ***
Степень двигательных нарушений в ноге по шкале Fugl-Meyer	6,00 [4; 8]	18,00 [12; 21] ***	4,00 [4; 4]	9,00 [7; 22] ***

$P < 0,001$  – \*\*\*

**Таблица 3.** Сроки достижения больными навыков самостоятельного сидения, стояния и ходьбы (Me [LQ; UQ]).

	Основная группа (n=24)	Контрольная группа (n=21)	p-level
Сутки первого самостоятельного сидения с опущенными ногами	6,00 [4,0; 7,0]	9 [6,0; 10,0]	0,012983
Сутки первого вставания на ноги	10 [6,0; 10,0]	14 [8,0; 17,0]	0,106957
Сутки первых самостоятельных шагов	12 [9,0; 13,0]	16 [11,0; 19,0]	0,026352

**Рис. 1.** Состояние мышечного тонуса в основной и контрольной группе по шкале Ashworth (в %) при поступлении и на 21 сутки развития инсульта.

мия, отсутствие критики к своему состоянию, негативизм, обусловленные тем, что инсульт у них развился в правом полушарии большого мозга, а у 5 из этих пациентов была вовлечена внутренняя капсула, что является дополнительным неблагоприятным фактором восстановления. Так же все эти пациенты имели повышенную массу тела и относились к более старшей возрастной группе.

#### Обсуждение

К настоящему времени в многочисленных экспериментальных исследованиях, выполненных в состоянии невесомости и в условиях, моделирующих ее эффекты, показана ведущая роль устранения опорных нагрузок (уменьшение активности опорного афферентного входа) в развитии гипокинетического двигательного синдрома,

основными проявлениями которого являются снижение силы мышечных сокращений преимущественно в гравитационной мускулатуре ног и туловища, изменение мышечного тонуса, атрофия позно-тонической мускулатуры, нарушение координации.

В остром периоде инсульта часто наблюдается вынужденная гипокинезия, сопровождающаяся функциональной опорной депривацией. Высказано предположение, что как при дисфункции нейромоторного контроля после пребывания в невесомости, так и при восстановлении двигательных функций, утраченных в результате поражений ЦНС, могут существовать общие подходы с применением механической стимуляции опорных зон стоп в режимах естественной локомоции.

Результаты проведенного исследования подтверждают это предположение и свидетельствуют о том, что включение механической стимуляции опорных зон стоп с помощью аппарата «Корвит» в комплекс реабилитационных мероприятий с первых суток развития инсульта (средней и тяжелой степени) и последующее её применение в течение 21 сут способствует более значительному по сравнению с контрольной группой восстановлению нарушенных двигательных функций и более раннему освоению больными навыка вставания и самостоятельного передвижения. Следует отметить также, что в группе больных, получавшей механическую стимуляцию опорных зон стопы, наблюдалась нормализация мышечного тонуса в паретичной ноге (повышение тонуса в гипотоничных мышцах и некоторое снижение спастичности, в случае её повышения в первые сутки после развития инсульта в разгибателях стопы).

Объяснить полученные результаты, по-видимому, можно на основании исследования Томиловской Е. и др., [Tomilovskaya E.S. et al., 2013], в котором было показано, что использование механической стимуляции опорных зон стопы в режиме локомоции приводит к активизации структур спинального локомоторного генератора. Кроме

того, клиничко-нейровизуализационные исследования, выполненные в НЦН РАМН [Кремнева Е.И. и др., 2012, 2013] показали, что во время механической стимуляции опорных зон стоп в режимах стояния и медленной ходьбы наблюдается активация супраспинальных структур, участвующих в контроле локомоции: первичной соматосенсорной коры (поля Бродмана 2, 3), премоторной, дорсолатеральной префронтальной коры и островковых долек. Имитация стояния сопровождалась при этом большим вовлечением префронтальных отделов коры. При имитации медленной ходьбы наблюдалось большее вовлечение сенсомоторных отделов коры, запускающих, по-видимому, моторные синергии.

#### Заключение

Проведенное исследование показало, что применение механической стимуляции опорных зон стоп с первых суток развития средней и тяжелой степени инсульта и в течение последующих 21 сут, приводит к нормализации мышечного тонуса в паретичной ноге и предотвращает развитие выраженной спастичности в разгибателях стопы, а также способствует более раннему освоению навыков стояния и самостоятельного передвижения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Суслина З.А., Пирадов М.А. (ред.) Инсульт: диагностика, лечение, профилактика. М.: МЕДпресс-информ; 2008: 288 с.
2. Суслина З.А., Варакин Ю.Я., Верещагин Н.В. Сосудистые заболевания головного мозга: Эпидемиология. Основы профилактики. М.: МЕДпресс-информ; 2009: 352 с.
3. Кадьков А.С., Черникова Л.А., Шахпаронова Н.В., Реабилитация неврологических больных. М: МЕДпресс-информ; 2008: 560 с.
4. Bernhardt J, Dewey H, Thrift A, Collier J, Donnan G. A very early rehabilitation trial for stroke (AVERT): phase II safety and feasibility. Stroke; 2008; Feb; 39 (2): 390–396.
5. Суслина З.А., Козловская И.Б., Черникова Л.А., Саенко И.В. Применение конверсионных технологий в реабилитации больных, перенесших инсульт. Вестник восстановительной медицины; 2011; 1: 52–54.
6. Григорьев А.И., Козловская И.Б., Шенкман Б.С. Роль опорной афферентации в организации тонической мышечной системы. Российский физиологический журнал; 2004; 90 (5): 508–521.
7. Khusnutdinova D, Ntreba A, Kozlovskaya I. Mechanic stimulation of the soles support zones as a countermeasure of the contractile properties decline under microgravity conditions. J Gravit Physiol; 2004; Jul; 11 (2): 141–142.
8. Миллер Т.Ф., Саенко И.В., Попов Д.В., Виноградова О.Л., Козловская И.Б. Влияние безопорности и стимуляции опорных зон стоп на характеристики поперечной жесткости и электромиограммы покоя мышц голени. Авиакосм. и эколог. мед.; 2010; 44 (6): 16–19.
9. E.S. Tomilovskaya, T.R. Moshonkina, R.M. Gorodnichev, T.A. Shigueva, A.Z. Zakirova, E.A. Pivovarova, A.A. Savohin, V.A. Selionov, Yu.S. Semenov, V.V. Brevnov, V.V. Kitov, Yu.P. Gerasimenko and I.B. Kozlovskaya. Mechanical Stimulation of the Support of Soles: The method of NonInvasive Activation of the Stepping Movement Generators in Humans. Human Physiology; 2013; 39 (5): 480–485.
10. Kremneva E.I., Chernikova L.A., Konovalov R.N., Krotenkova M.V., Saenko I.V., Kozlovskaya I.B. Activation of the sensorimotor cortex using the device for mechanical stimulation of the support zones of the soles. Human Physiology; 2012; 38 (1): 49–55.
11. Кремнева Е.И., Черникова Л.А., Коновалов Р.Н., Кротенкова М.В., Саенко И.В., Козловская И.Б., Червяков А.В. Оценка супраспинального контроля локомоции в норме и при патологии при помощи пассивной моторной фМРТ парадигмы. Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2012; 6 (1): 31–37.

#### REFERENCES:

1. Suslina Z.A., Piradov M.A. (ed). [Stroke: diagnosis, treatment, prevention]. M.: MEDpress-inform; 2008: 288. Russian.
2. Suslina Z.A., Varakin Yu.Ya., Vereshchagin N.V. [Vascular disease of the brain: Epidemiology. Bases of preventive maintenance]. M: MEDpress-inform; 2009: 352. Russian.
3. Kadykov A.S. Chernikova L.A., Shakhparonova N.V. [Rehabilitation neurological patients]. M: MEDpress-inform; 2008: 560. Russian.
4. Bernhardt J, Dewey H, Thrift A, Collier J, Donnan G. A very early rehabilitation trial for stroke (AVERT): phase II safety and feasibility. Stroke; 2008; Feb; 39 (2): 390–396.
5. Suslina Z.A., Kozlovskaya I.B., Chernikova L.A., Saenko I.V. [Application of conversion technologies in the rehabilitation of stroke patients]. Vest voss med; 2011; 1: 52–54. Russian.
6. Grigoryev A.I., Kozlovskaya I.B., Shenkman B.S. [Role of support afferentation in the organization of afferent tonic muscular system]. Ross Fiziol Zh Im I M Sechenova.; 2004; 90 (5): 508–521. Russian.
7. Khusnutdinova D, Ntreba A, Kozlovskaya I. Mechanic stimulation of the soles support zones as a countermeasure of the contractile properties decline under microgravity conditions. J Gravit Physiol; 2004; Jul; 11 (2): 141–142.
8. Miller T.F., Saenko I.V., Popov D.V., Vinogradova O.L., Kozlovskaya I.B. [Effect of unsupported and stimulation supporting zones of soles on the characteristics lateral stiffness and electromyogram rest of the legs muscles]. Aviakosm Ekolog Med; 2010; 44 (6): 16–19. Russian.
9. E.S. Tomilovskaya, T.R. Moshonkina, R.M. Gorodnichev, T.A. Shigueva, A.Z. Zakirova, E.A. Pivovarova, A.A. Savohin, V.A. Selionov, Yu.S. Semenov, V.V. Brevnov, V.V. Kitov, Yu.P. Gerasimenko and I.B. Kozlovskaya. Mechanical Stimulation of the Support of Soles: The method of NonInvasive Activation of the Stepping Movement Generators in Humans. Human Physiology; 2013; 39 (5): 480–485.
10. Kremneva E.I., Chernikova L.A., Konovalov R.N., Krotenkova M.V., Saenko I.V., Kozlovskaya I.B. Activation of the sensorimotor cortex using the device for mechanical stimulation of the support zones of the soles. Human Physiology; 2012; 38 (1): 49–55.
11. Kremneva E.I., Chernikova L.A., Konovalov R.N., Krotenkova M.V., Saenko I.V., Kozlovskaya I.B., Chervyakov A.V. [Assessment of supraspinal locomotion control in normal and pathological conditions using passive motor fMRT paradigm]. Ann klin nevol. 2012; 6 (1): 31–37. Russian.

#### РЕЗЮМЕ

В исследование были включены 45 больных в возрасте 61 (55,0; 66,0) лет в среднем на 1 (1,0; 2,0) сутки от момента развития средне-тяжелого и тяжелого инсульта. Основную группу составили 24 больных, в реабилитационную программу которых с первых часов развития инсульта была включена механическая стимуляция опорных зон стоп аппа-

ратом «Корвит» в режиме медленной ходьбы (75 шагов в 1 минуту). Группа сравнения включала 21 больного, которые получали только традиционную терапию. Все пациенты при поступлении и на 21 сутки после развития инсульта были оценены по международным клиническим шкалам (NIHSS, Rankin, Barthel, Fugl-Meyer, Ashworth). Показано, что применение механической стимуляции опорных зон стоп приводит к нормализации мышечного тонуса в паретичной ноге и предотвращает развитие выраженной спастичности в разгибателях стопы, а также способствует более раннему освоению навыков стояния и самостоятельного передвижения.

**Ключевые слова:** mechanical stimulation of the plantar support zones, acute stroke.

#### ABSTRACT

The study included 45 patients aged 61 (55,0; 66,0) years, an average of 1 (1,0; 2,0) day from the time the development of moderate and severe stroke. Study group comprised 24 patients who received mechanical stimulation of the plantar support with the use of a device «Korvit» (75 steps in 1 minute) and conventional therapy in the first hours of stroke. The comparison group consisted of 21 patients who received only conventional therapy. All patients on admission and at 21 days after stroke onset were evaluated according to international clinical scales (NIHSS, Rankin, Barthel, Fugl-Meyer, Ashworth). It is shown that the application of mechanical stimulation of support zones of soles leads to normalization of muscle tone in the paretic leg and prevents the development of severe spasticity in the extensors of the foot, and also contributes to an earlier stance and develop skills in independent movement.

**Keywords:** mechanical stimulation of the plantar support zones, acute stroke.

---

---

**Контакты:**

**Черникова Л.А.** E-mail: luda\_cher44@mail.ru