

**Федеральное государственное бюджетное учреждение Научный центр неврологии РАМН
125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, 80**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный научный центр
Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН
123007, г. Москва, Хорошевское шоссе, 76А**

**ООО «Центр авиакосмической медицины»
123007, г. Москва, Хорошевское шоссе, 76А**

**Применение имитатора опорной нагрузки подошвенного
(модель «КОРВИТ») для лечения и реабилитации больных с двигательной
дисфункцией вследствие острого нарушения мозгового
кровообращения и другой патологии ЦНС
(Медицинская технология)**



Патент Российской Федерации: №2330640 от 12.04.2005 г.
Регистрационное удостоверение МЗ РФ: № ФСР 2009/04901
Сертификат соответствия ГОСТ Р: № РОСС RU. ИМ02. В16301

Федеральное государственное бюджетное учреждение Научный центр неврологии РАМН
125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, 80

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный научный центр
Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН
123007, г. Москва, Хорошевское шоссе, 76А

ООО «Центр авиакосмической медицины»
123007, г. Москва, Хорошевское шоссе, 76А

Одобрено
Ученым советом ФГБУ «НЦН» РАМН
Протокол №3
От 28 февраля 2012 года



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор НЦН РАМН


З.А. Суслина

«02» марта 2012г.

Применение имитатора опорной нагрузки подошвенного
(модель «КОРВИТ») для лечения и реабилитации больных с двигательной
дисфункцией вследствие острого нарушения мозгового
кровообращения и другой патологии ЦНС
(Медицинская технология)

Аннотация: В основе терапевтического действия имитатора опорной нагрузки подошвенного «Корвิต» лежит процесс активации опорной афферентации, отвечающей за нормализацию соотношения процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе, что приводит к уменьшению спастичности мышц, развитие функциональных связей в головном мозге, способствующих восстановлению координации движений.

Имитатор опорной нагрузки подошвенный «Корвит» предназначен для больных, находящихся в состоянии вынужденной гипокинезии, вызванной тяжелым состоянием (острое нарушение мозгового кровообращения, последствия травм головного и спинного мозга, острый период синдрома Гийена - Барре, состояние после операций и т.д.), и невозможностью проведения ранней мобилизации.

Имитатор опорной нагрузки подошвенный «Корвит» может быть использован врачами, методистами и инструкторами ЛФК, медицинскими сестрами в медицинских учреждениях (неврологического, физиотерапевтического профиля), реабилитационных центрах, физкультурных диспансерах в стационарных и амбулаторных условиях, а также в домашних условиях под наблюдением специалистов.

Авторы медицинской технологии: Черникова Л.А., Суслина З.А., Кремнева Е.И., Коновалов Р.Н., Саенко И.В., Козловская И.Б., Григорьев А.И.

Наименование организаций, на которые выдается разрешение на применение новой медицинской технологии:

Учреждение Российской академии медицинских наук Научный центр неврологии РАМН
Учреждение Российской Академии Наук Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН.
Общество с ограниченной ответственностью «Центр авиакосмической медицины»

Рецензенты:

Учреждение Российской Академии Наук Центральная клиническая больница РАН
Центральная клиническая больница восстановительного лечения ФМБА

Содержание разделов описания медицинской технологии Стр.

Перечень сокращений	6
1. Введение	7
2. Показания к использованию имитатора опорной нагрузки подошвенного («Корвิต»)	8
3. Противопоказания к использованию «Корвит»	9
4. Материально-техническое обеспечение новой медицинской технологии	10
5. Описание имитатора опорной нагрузки подошвенного («Корвит»)	13
6. Режимы проведения процедуры	14
7. Возможные осложнения и способы их устранения	15
8. Эффективность использования новой медицинской технологии	15
9. Список литературы	32
10. Приложение	33

Перечень сокращений

АД	- артериальное давление
ЭКГ	- электрокардиограмма
РСТ	- разделительный сетевой трансформатор
МСС	- механическая стимуляция стоп
КТ	- компьютерная томография
МРТ	- магнитно-резонансная томография
ЦНС	- центральная нервная система

1. ВВЕДЕНИЕ

В многочисленных экспериментальных и клинических исследованиях показано, что раннее начало восстановительной терапии при развитии ишемического инсульта позволяет снизить или предотвратить ряд осложнений раннего периода и способствует более полному и быстрому восстановлению нарушенных функций. Вместе с тем показано, что ранняя активизация в первые 24 часа после развития инсульта может проводиться только в специализированных палатах или отделениях острого инсульта. К тому же определены некоторые критерии, при которых очень ранняя вертикализация может быть безопасной и выполнимой: 1) систолическое давление не ниже 120 и не выше 220 мм Hg; 2) сатурация кислорода не ниже 95%; 3) частота сердечных сокращений не ниже 40 и не выше 100 ударов в мин; 4) температура тела не выше 37,5 °С.

Вместе с тем, далеко не всегда состояние больных в первые часы после развития инсульта соответствует перечисленным выше критериям. Так, нередко, наблюдается ухудшение (признаки нарастающего отека мозга) состояния больного в течение первых часов, наличие серьезной сердечной патологии, приступы пароксизмальной тахикардии, нарушение системной гемодинамики в результате резкого падения артериального давления, снижение минутного объема сердца, плохая переносимость вертикализации (падение АД более чем на 30% от исходного уровня). В связи с этим сроки активизации больных отодвигаются на неопределенное время.

В этой ситуации чрезвычайно важно обеспечить больному соответствующий поток афферентации с паретичных конечностей с помощью различных методов физической терапии для борьбы с гипокинезией и гиподинамией, которые могут привести к развитию флегботромбозов нижних конечностей с угрозой последующей тромбоэмболии легочной артерии, застойных явлений в легких, пролежней, а также для профилактики неврологических осложнений острого периода в виде нарастания спастики в паретичных конечностях с последующим развитием контрактур и двигательных (патологическая установка конечностей, поза Вернике-Манна и др.) стереотипов [2]. К таким методам традиционно относят лечение положением, пассивную лечебную гимнастику, нервно-мышечную электростимуляцию мышц паретичных конечностей, которые можно использовать уже в первые часы после

развития инсульта и которые, как показали проведенные в НЦН РАМН исследования [4], безопасны даже при наличии сердечной патологии. По-видимому, важным является также в этот период обеспечить больного усиленной аfferентацией с опорных зон стопы поскольку, как известно, дефицит опорных нагрузок и соответственно уменьшение притока раздражений от опорных рецепторов в условиях вынужденной гипокинезии может привести к существенному снижению активности тонических двигательных единиц и соответственно снижению мышечного тонуса, а в дальнейшем, к развитию структурных атрофических изменений в мышечных волокнах и нарушению интегральной моторной функции - позы, локомоций, произвольных движений [1]. Эти изменения, связанные в первую очередь с гипокинезией, могут усугубить клиническую картину двигательных нарушений, развившихся вследствие инсульта.

Для профилактики дефицита опорной аfferентации в ГНЦ РФ-ИМБП РАН был создан механический стимулятор опорных зон стопы под названием «Корвิต», позволяющий имитировать показатели физического воздействия на стопу при ходьбе. В ряде работ продемонстрировано значение этого устройства для коррекции тонических и позных нарушений в условиях искусственной невесомости (микрогравитации) [3, 5-7].

2. ПОКАЗАНИЯ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НОВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

1. Острый период нарушения мозгового кровообращения.
2. Вынужденная гипокинезия, вызванная тяжелым состоянием больного и невозможностью проведения ранней мобилизации (последствия нарушения мозгового кровообращения, травм головного и спинного мозга, синдром Гийена-Барре, состояние после операций и т.д.).

3. ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НОВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

1. Наличие флотирующего тромба в венах нижних конечностей.
2. Температура тела выше 38 градусов.
3. Отсутствие полноценного контакта с больным - выраженные интеллектуально-мнестические (по данным теста MMSE не менее 22 баллов) и афатические расстройства, нарушения поведения, психомоторное возбуждение.
4. Наличие кожных воспалительных заболеваний в области стопы.
5. Соматические заболевания в стадии декомпенсации:
 - нарастание сердечно-сосудистой недостаточности;
 - нестабильная стенокардия;
 - синусовая тахикардия (свыше 100 уд\мин) и брадикардия (менее 50 уд\мин);
 - частые пароксизмы мерцательной аритмии;
 - частые гипо- или гипертонические кризы;
 - гипертензия (АД выше 220\120 мм рт. ст.) на фоне общего удовлетворительного состояния больного;
 - отрицательная динамика на ЭКГ (ухудшение коронарного кровообращения, острый инфаркт миокарда, экстрасистолы с частотой более чем 1:10, атриовентрикулярная блокада II-III степени);
6. Варикозная болезнь нижних конечностей II-III стадии.
7. Выраженная ортопедическая патология нижних конечностей, препятствующая наложению ортезов с пневмостельками имитатора опорной нагрузки подошвенного «Корвиг».

4. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НОВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Для осуществления новой медицинской технологии применяется имитатор опорной нагрузки подошвенный (модель «КОРВИТ») (рис.1), разработанный в ГНЦ РФ-ИМБП РАН (номер государственный регистрации №ФСР 2009/04901).



Рис. 1. Имитатор опорной нагрузки подошвенный «Корвит».

В комплект имитатора входят компрессор-ресивер с блоком управления, система шлангов с выпускными клапанами, фиксирующая обувь и пневмостельки, размещенные в фиксирующей обуви (Рис 2).



а) блок управления и кейс-укладка для принадлежностей



б) Ортез с пневмостелькой



в) Пневмопровод



г) Сетевой кабель питания



д) Соединительный кабель для РСТ

Рис. 2 (а, б, в, г, д) Комплектующие имитатора опорной нагрузки подошвенного (модель «Корвиг»)

Размеры пневмоортезов для имитатора опорной нагрузки подошвенного «КОРВИТ»

№ п/п	Обозначение	Размеры	Возраст, лет
1.	11/13	19÷21	1-2
2.	13/15	22÷24	1,5-2,5
3.	15/17	25÷28	2,5-4
4.	18/20	29÷32	4-8
5.	21/23	33÷36	6-10
6.	24/26	37÷41	от 10 и старше
7.	27/29	42÷45	-

Активными элементами пневмостелек являются две раздельные пневмокамеры, обеспечивающие механическое давление в диапазоне от 10 до 70 кПа (нижняя граница давления - не менее 10,0 кПА (0,1 кГс/см²), верхняя граница - не более 70,0 кПА (0,7 кГс/см²) в импульсном режиме на опорные зоны стоп – пятки и передние подпальцевые части в импульсном режиме (в ритме ходьбы) (Рис 3).



а



б

Рис. 3 (а, б). Ортез с пневмостелькой: а) в раздельном виде; б) в собранном рабочем виде

Уникальность данного прибора заключена в том, что он позволяет имитировать показатели физического воздействия на стопу при ходьбе: величину давления, временные характеристики (длительность импульса, интервалы между воздействиями на пятонную и плюсневую опорные зоны и интервалы между воздействиями на правую и левую ноги).

На лицевой панели компрессора-ресивера расположены органы управления аппаратом и дисплей, отображающий меню режимов работы. Под дисплеем расположена клавиатура блока управления (Рис. 4)



Рис. 4. Выбор режима ходьбы нажатием кнопки клавиатуры:

- кнопки «1, 2, 3» – выбор режима ходьбы;
- кнопка «#» - ввод;
- кнопка «D» - функция стирания вводимых параметров;
- кнопка «*» - сброс во время проведения процедуры.

Оператор может выбрать один из 3-х режимов, нажав соответствующую кнопку клавиатуры - 1, 2 или 3, (режим 5 – «Ручной режим (статика)» вводится по предварительному согласованию как дополнительная опция и обеспечивает возможность задания любых параметров шага оператором).

При нажатии кнопки 1 (соответствует режиму 1) – появится сообщение:

- «Медленная ходьба» (800 мс);
- Давление («Р»): 10 кПа (по умолчанию)

Давление может быть выбрано в диапазоне от 10 до 70 кПа. Для этого нужно стереть установленное давление с помощью клавиши «D» (Рис.10 в) и затем набрать нужное давление. Ввод осуществляется клавишей «#».

После этого появится меню времени стимуляции:

- «Медленная ходьба» (800 мс);
- время: 900 с (по умолчанию).

Изменение времени стимуляции проводится аналогично корректировке давления и может быть выбрано в диапазоне от 10 сек. до 3600 сек.

После выбора времени и нажатии клавиши «#» включается стимуляция и выводится сообщение:

- «Медленная ходьба» (800 мс)

$P = 10 \text{ кПа}$

$t = 900 \text{ с}$

где: Р – текущее давление в ресивере (10 кПа – по умолчанию);

т – время до окончания стимуляции (900 сек. – по умолчанию);

При нажатии кнопки 2 включается режим 2 – «Средняя ходьба» (500 мс).

При нажатии кнопки 3 включается режим 3 – «Быстрая ходьба» (400 мс).

5. ОПИСАНИЕ НОВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

После поступления больного в первые часы после развития острого нарушения мозгового кровообращения в стационаре и проведения необходимых диагностических и срочных лечебных мероприятий можно начинать применение механической стимуляции опорных зон стопы с помощью имитатора опорной нагрузки подошвенного (модель «КОРВИТ»).

Обычно процедуры проводят в палате, но при желании их можно проводить в отдельно оборудованном помещении. Занятия рекомендуется начинать не ранее, чем через час после еды.

Извлекают аппарат из чехла и устанавливают рядом с ножным концом кровати пациента на надежное основание (стул, тумбочка и др.), исключающее падение аппарата в процессе работы. При этом не допускается перекручивание и сильное натяжение шлангов (Рис. 5).



Рис. 5. Имитатор «Корвิต» в сборе

Больного укладывают на спину со слегка приподнятым головным концом кровати. Перед проведением процедуры нужно опорожнить мочевой пузырь и кишечник. Ортезы соответствующего размера с вложенными в них пневмостельками, одеваются на стопы пациента, и плотно фиксируются с помощью ремней (при этом шланги от пневмокамер должны располагаться на внешней стороне ортезов) (Рис. 6).



Рис. 6. Одевание пневмоортеза на ногу пациента

6. РЕЖИМ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕДУРЫ

Процедура проводится в течение 20 минут 2 раза в день. Используется Режим 1 (медленная ходьба) - 75 шаг/мин. Давление (Р) - 40 кПа.

Во время проведения процедуры пациент должен находиться в горизонтальном положении, на спине, со слегка приподнятым изголовьем. Ноги должны быть выпрямлены (допускается положение ног в легком упоре, например в спинку

кровати, для предотвращения ротации стоп). Во время процедуры пациент может выполнять упражнения лечебной физкультуры для рук, заниматься с мелкими гимнастическими снарядами.

Курс лечения состоит из 10 процедур, при этом целесообразны ежедневные процедуры.

7. ВОЗМОЖНЫЕ ОСЛОЖНЕНИЯ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Осложнений при использовании имитатора опорной нагрузки подошвенного не было выявлено. Вместе с тем в ходе проведения процедуры необходимо следить за появлением признаков утомления со стороны пациентов. В отдельных случаях возможно появление несильной боли в стопах, увеличение частоты сердечных сокращений и незначительное повышение артериального давления. Риск развития вышеперечисленных побочных эффектов в период лечения невелик. Профилактические методы – предварительное измерение артериального давления до начала процедуры, при лабильном АД в анамнезе – замеры АД в течение сеанса, адекватный подбор физической нагрузки.

8. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Для определения эффективности и безопасности применения новой медицинской технологии было проведено рандомизированное контролируемое исследование, в которое были включены 30 пациента (11 женщин, 19 мужчин) (средний возраст $59,6 \pm 15,0$) с первичным средне-тяжелым и тяжелым (от 9 до 22 баллов по шкале NIHSS) (средняя тяжесть инсульта $14,27 \pm 3,7$) инсультом, поступивших в НЦН РАМН в первые 48 часов после развития заболевания.

У большинства пациентов выявлялась сопутствующая соматическая, в том числе сердечно-сосудистая патология, представленная ишемической болезнью сердца: мерцательной аритмией (15 человек), постинфарктным кардиосклерозом (7 человек), стенокардией напряжения (6 человек). Основным сосудистым заболеванием у 22 из 30 больных (73,3%) была артериальная гипертония и/или ее сочетание с атеросклерозом.

В неврологическом статусе у всех больных наблюдались тяжелые двигательные нарушения в виде гемиплегии или грубого гемипареза (средняя тяжесть функциональной мобильности по шкале Rankin составляла $4,54 \pm 0,72$ балла). Тяжесть пареза в ноге по Copenhagen Stroke Scale составила в среднем $3,67 \pm 0,51$ балла. Степень спастичности в мышцах паретичной ноги - $0,8 \pm 0,1$ балла по шкале Ashworth.

Все больные при поступлении получали стандартное лечение ишемического инсульта: аспирин, гипотензивную терапию, гемодилюцию, а также лечение положением для паретичных конечностей, пассивную лечебную гимнастику, массаж паретичных конечностей. Больные основной группы (22 человека), кроме того, получали механическую стимуляцию стоп (МСС) с помощью имитатора опорной нагрузки подошвенного (модель «КОРВИТ»). Использовался режим «медленной ходьбы – 800 мс». Стимуляция проводилась по 20 минут 2 раза в день в течение 10 дней. Контрольная группа (8 пациентов) получала «плацебо». Больным контрольной группы также как и в основной группе, дважды в день по 20 мин накладывалась фиксирующая обувь (ортезы), подключались шланги, но компрессор не включался. Общее время реабилитационных мероприятий в основной и контрольной группах было одинаковым.

По тяжести инсульта, возрасту, выраженности неврологической симптоматики обе группы больных были сопоставимы.

Методы исследования и оценки. Для уточнения локализации и характера инсульта (при поступлении) всем больным проводились КТ или МРТ исследования. Степень тяжести инсульта при поступлении до начала механической стимуляции стоп, после её окончания и через 1 месяц от начала развития инсульта оценивалась по шкале NIHSS. Кроме того, функциональная независимость каждого больного оценивалась по шкале Rankin (RS) при поступлении и через 1 месяц от развития инсульта. Степень пареза в ноге оценивалась при поступлении до начала механической стимуляции стоп, после её окончания и через 1 месяц от начала развития инсульта по шкале Copenhagen Stroke Scale.

Степень спастичности определялась клинически по модифицированной шкале Ashworth до начала механической стимуляции стоп, после её окончания и через 1 месяц от начала развития инсульта.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась на основе пакета программ STATISTICA 6.0 (StatSoft, США). При нормальном распределении признака результаты описаны в виде среднего значения \pm стандартное отклонение ($M \pm SD$). Статистически достоверными различия считали при $p < 0,05$.

Результаты. Проведенное исследование показало, что как в основной группе, получавшей механическую стимуляцию стоп на фоне комплексной восстановительной терапии, так и в контрольной группе, получавшей плацебо, наблюдалось достоверное снижение тяжести инсульта по шкале NIHSS как после окончания курса механической стимуляции стоп, так и через месяц после развития инсульта (Таблица 1).

Таблица 1. Средние значения тяжести инсульта в баллах по шкале NIHSS в основной и контрольной группах.

Группы больных	При поступлении	После окончания курса МСС	Через 1 месяц после развития инсульта
Основная	14,3 \pm 4,1	13,21 \pm 3,88**	9,33 \pm 3,5***
Контрольная	14,2 \pm 3,9	13,1 \pm 3,78**	9,28 \pm 3,12***

Примечание: **- $p < 0,01$; ***- $p < 0,001$

При оценке степени пареза в ноге по шкале Copenhagen Stroke Scale оказалось, что как в основной группе, так и в группе сравнения наблюдалось достоверное уменьшение степени пареза, однако в основной группе, в комплексное лечение которой была включена МСС, это уменьшение было более значительное (Таблица 2). Так, после завершения механической стимуляции в основной группе степень пареза в ноге уменьшилась на 11,7%, в группе сравнения – на 9,9%, через месяц от начала инсульта – в основной группе – на 43,5%, в группе сравнения – на 30,4% (Рис. 7).

Таблица 2. Средние значения степени пареза в ноге в баллах по шкале Copenhagen Stroke Scale (раздел 9) в основной и контрольной группах.

Группы больных	При поступлении	После окончания курса МСС	Через 1 месяц после развития инсульта
Основная	3,59 \pm 0,32	3,17 \pm 0,28*	2,03 \pm 0,31**
Контрольная	3,75 \pm 0,41	3,38 \pm 0,46*	2,61 \pm 0,46**

Примечание: * - $p < 0,05$; **- $p < 0,01$.

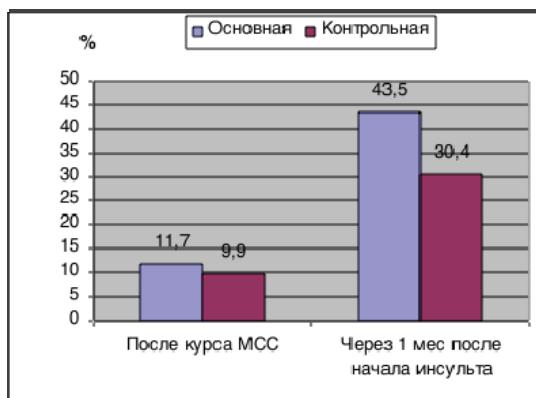


Рис. 7. Степень уменьшения в % тяжести пареза в паретичной ноге в основной и контрольной группах.

При поступлении степень спастичности в паретичной ноге в основной и контрольной группах была незначительной и примерно одинаковой ($0,72 \pm 0,12$ балла и $0,87 \pm 0,13$ балла соответственно). После окончания курса механической стимуляции опорных зон стопы в основной группе степень спастичности практически не изменилась и составила $0,68 \pm 0,11$ балла, в то же время в контрольной группе степень спастичности увеличилась почти в 2 раза и составила $1,75 \pm 0,14$ балла по шкале Ashworth. Через месяц от начала лечения степень спастичности в разгибателях стопы в основной группе несколько наросла по сравнению с фоном и составила $1,31 \pm 0,12$ баллов, но оставалась значительно меньше, чем в контрольной группе, в которой степень спастичности увеличилась до $2,5 \pm 0,14$ баллов (Таблица 3).

Таблица 3. Средние значения степени спастичности в паретичной ноге в баллах по шкале Ashworth (в баллах) в основной и контрольной группах.

Группы больных	При поступлении	После окончания курса МСС	Через 1 месяц после развития инсульта
Основная	$0,72 \pm 0,12$	$0,68 \pm 0,11$	$1,31 \pm 0,12^{**}$
Контрольная	$0,87 \pm 0,13$	$1,75 \pm 0,14^{**}$	$2,5 \pm 0,14^{***}$

Примечание: **- $p < 0,01$; ***- $p < 0,001$

При оценке степени функциональной независимости по шкале Rankin оказалось, что функциональная независимость достоверно увеличивалась (норма 0) как у больных основной, так и контрольной групп на фоне проводимого лечения. Вместе с тем, можно отметить, что в основной группе, в комплексную терапию которой была включена МСС, функциональная независимость увеличивалась в большей степени, чем в контрольной группе, получавшей вместо МСС плацебо (Рисунок 8). После окончания механической стимуляции в основной группе степень функциональной независимости в основной группе увеличивалась на 10,21%, в то время как в группе сравнения только на 5,1%. Через месяц после начала инсульта в основной группе функциональная независимость увеличилась на 29,5%, в группе сравнения – на 17,7%.

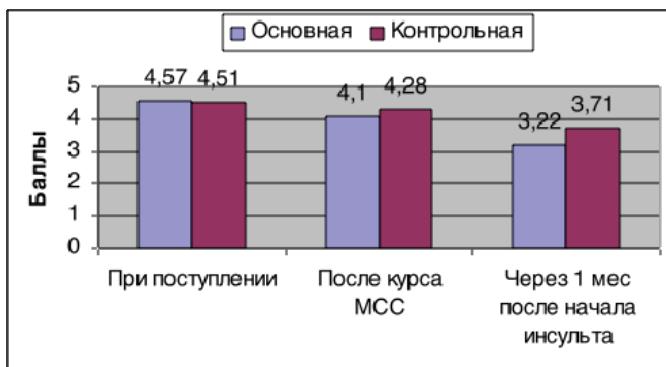


Рис. 8. Средние значения функциональной независимости по шкале Rankin Scale (в баллах) в основной и контрольной группах

Оценивая результаты проведенного исследования, можно отметить, что включение новой медицинской технологии «Применение имитатора опорной нагрузки подошвенного (модель «КОРВИТ») для лечения и реабилитации больных с двигательной дисфункцией вследствие острого нарушения мозгового кровообращения и другой патологии ЦНС» в комплекс традиционной реабилитации оказывает выраженное положительное воздействие на восстановление нарушенных движений – уменьшает степень пареза и спастичности в паретичной ноге.

Показано также, что внедрение этой новой медицинской технологии позволяет на 20% сократить сроки пребывания пациента в палатах острого инсульта за счет более значительного увеличения функциональной независимости больных.

АКТИВАЦИЯ СИСТЕМЫ СУПРАСПИНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЛОКОМОЦИИ В ГРУППЕ НОРМЫ

Для выявления, локализации и оценки сенсомоторных корковых представительств, вовлеченных в процессы локомоции, была разработана *фМРТ-парадигма* с использованием специального прибора – подошвенного имитатора опорной нагрузки при ходьбе.

Парадигма представлена блоковым дизайном, состоящим из 6 чередующихся блоков периода активации и периода покоя, продолжительностью по 38 с каждый. Задание начиналось с периода покоя, во время которого любая стимуляция отсутствовала. Затем следовал период активации - стимуляции опорных зон стопы в режиме имитации медленной ходьбы с давлением на стопы 40 кПА и частотой 75 шагов/мин. Во время каждого блока были получены 10 серий изображений головного мозга. Общая продолжительность каждой парадигмы составляла 3 мин. 53 сек, за которые всего было получено 60 серий изображений головного мозга. Предварительная постобработка проводилась при помощи программы SPM5 - Statistical parametric mapping (Wellcome Trust Centre of Neuroimaging, London, UK) на базе MatLab 7.4 (2010a). В процессе постобработки данных фМРТ-исследования для интересующих зон активации в каждом полушарии рассчитывались следующие характеристики:

- объем зоны активации, в мм^3 ;
- координаты центра зоны активации в стандартном стереотаксическом пространстве MNI [x y z], мм;
- для двусторонних зон активации - коэффициент латерализации K, рассчитываемый по формуле рассчитываемый по формуле $[R-L]/[R+L]$ (где R – объем активации в правом полушарии, L-объем активации в левом полушарии).

Настоящее исследование проведено в ФГБУ «Научный центр неврологии» РАМН в период с 2009 по 2011 гг. Исследование проводили в группе здоровых добровольцев 19 человек без патологии со стороны ЦНС, ССС и других систем органов: 9 мужчин и 10 женщин, средний возраст составил $38[31,5 \pm 6,0]$ лет. Все обследуемые были правши.

В результате групповой обработки данных фМРТ были получены следующие зоны активации (FWE, $p < 0,05$): в обоих полушариях большого мозга - области паракентральной дольки (первичная сенсомоторная область SM1, поля Бродмана (ПБ) 1-4), верхнемедиальных отделов верхних лобных извилин (дополнительная моторная кора SMA, 6 ПБ), нижней теменной дольки (вторичная ассоциативная сенсорная область IPL, 40 ПБ), островковой дольки (13 ПБ); в левом полушарии большого мозга – в средней лобной извилине (премоторная кора PMC, 6 ПБ), в нижней лобной извилине (дорсолатеральная префронтальная кора, DLPFC, 45 ПБ), а также в обоих полушариях мозжечка (Рисунок 9, Таблица 4).

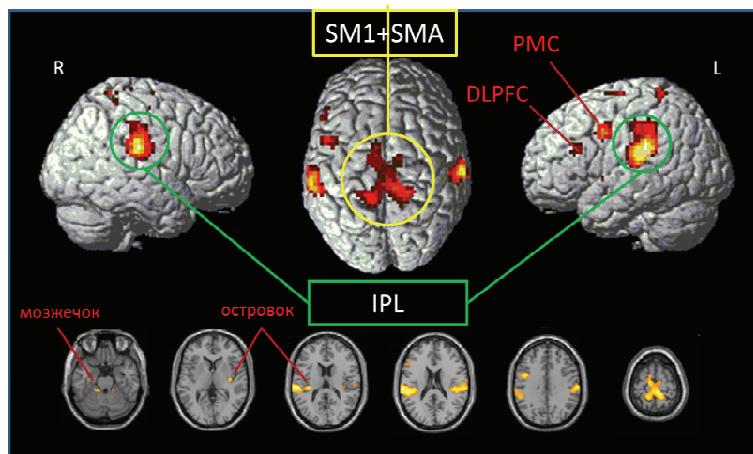


Рис. 9. Зоны активации группы здоровых добровольцев при выполнении парадигмы, наложенные на объемное изображение головного мозга (вверху) и срезы в аксиальной проекции (внизу). R – правое полушарие большого мозга, L – левое полушарие.

Для дальнейшего анализа были выбраны зоны SM1, SMA и IPL, как наиболее значимые в двигательном акте. Объем объединенной зоны SM1+SMA между полушариями достоверно не отличался, в отличие от зоны вторичной сенсорной коры IPL (Рисунок 10), для которой показано достоверное преобладание объема активации в левом полушарии большого мозга.

Данная зона играет важную роль в оценке когнитивных стратегий и моторных программ, вовлеченных при последовательных движениях ногами [Lafleur M.F. et al., 2002; Jackson P.L. et al., 2003], причем в литературе отмечается тот факт, что активация нижней теменной доли при выполнении сложных двигательных актов у правшей преобладает в левом полушарии [Gerardin E. et al., 2002], что подтверждается развитием двухсторонней апраксии при повреждениях левого полушария большого мозга [De Renzi E. et al., 1982; Heilman K.M. et al., 1982].

Таблица 4. Локализация зон активации при выполнении сенсомоторной парадигмы фМРТ для группы нормы

зона	Б	координат		
надкраевая извилина (нижняя париет)				
надкраевая извилина (нижняя париет)				
постцентральная извилина, L				
постцентральная извилина, R				
парацентральная доля, R	4			
парацентральная доля, L	4			
островковая доля, L				
островковая доля, R				
островковая доля, L				
верхняя лобная извилина, L и R				
средняя лобная извилина, L				
ограда, R				
передняя доля мозжечка, L				
передняя доля мозжечка, R				
нижняя лобная извилина, L				

ПБ – поле Бродманна, L – левое полушарие большого мозга, R – правое полушарие большого мозга, Т – пороговое значение.

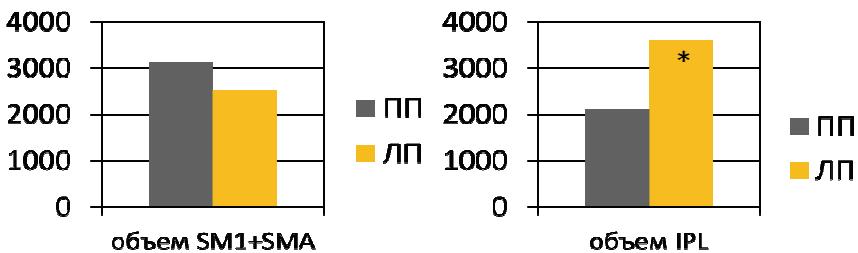


Рис. 10. Объемы зон активации (мм^3) в группе здоровых добровольцев в правом (ПП) и левом (ЛП) полушариях большого мозга. * - $p<0,05$.

При попарном сравнении координат x , y и z в правом и левом полушарии для каждой из зон интереса достоверных различий для каждой из координат получено не было ($p>0,05$) (для координаты x для левого полушария брался модуль значений, поскольку знак “-” для данной координаты отражает лишь ее расположение в левом полушарии), из чего следует, что зоны расположены симметрично.

АКТИВАЦИЯ СЕНСОМОТОРНОЙ КОРЫ В ГРУППЕ ПАЦИЕНТОВ С КОРКОВО-ПОДКОРКОВОЙ ЛОКОЛИЗАЦИЕЙ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА

Успешное использование фМРТ-парадигмы в группе здоровых добровольцев позволило нам применить ее в группе пациентов с ишемическим инсультом. Была проведена качественная и количественная оценка зон активации в подгруппах с различной локализацией зоны инфаркта в различные периоды заболевания.

Было обследовано 43 пациента с впервые выявленным инсультом по ишемическому типу (ИИ) в бассейне средней мозговой артерии с умеренным/выраженным гемипарезом. В группу вошло 30 мужчин и 13 женщин, средний возраст составил 54[46;60] лет. Инсульт в правом полушарии большого мозга отмечался у 23 больных, в левом полушарии большого мозга – у 20 больных. Наружение поверхностной чувствительности стопы различной степени тяжести

на стороне гемипареза отмечалось у 28 пациентов, нарушение мышечно-суставного чувства легкой степени – у 8 пациентов. Все пациенты были правши. В свою очередь, пациенты этой группы в зависимости от локализации зоны инфаркта были разделены на 2 подгруппы: с корково-подкорковой локализацией (КПК) – 23 человека – и с подкорковой локализацией (ПК) инфаркта – 20 человек. Внутри каждой подгруппы пациенты различались по периоду заболевания: острый (21 сутки), восстановительный (2-12 месяцев) и резидуальный (более 1 года). Группы были сопоставимы по полу и возрасту.

Для объективизации степени выраженности имеющегося неврологического дефицита нижних конечностей и оценки нарушения ходьбы в группе пациентов при поступлении нами применялись следующие шкалы:

1. Шкала Fugl-Meyer для оценки степени пареза в ноге, с диапазоном значений от 0 до 34 баллов (норма 34 балла).
2. Шкала Peretti для оценки функциональной мобильности при ходьбе с диапазоном значений от 0 до 5 баллов (норма 5 баллов).

При количественной оценке особенностей зон активации первичных и вторичных зон сенсомоторной коры в группе с КПК локализацией ИИ в зависимости от срока заболевания (Рисунок 11) отмечалась дезорганизация сенсомоторной системы как в пораженном, так и в интактном полушарии с практическим отсутствием визуализации первичных и вторичных сенсомоторных зон в острый период. В ранний и поздний восстановительные периоды отмечалось появление вторичных и третичных сенсомоторных зон в интактном полушарии, несколько уменьшенных в объеме по сравнению с нормой. Также отчетливо выявляется активация первичной сенсомоторной коры в описываемом полушарии, объем которой примерно в 2 раза снижен по сравнению с группой нормы. Активация в пораженном полушарии продолжала отсутствовать. В резидуальную стадию отмечалось появление активации и в пораженном полушарии, а общий паттерн активации приблизился к таковому группы нормы.

При сопоставлении показателей способности больного к самостоятельной ходьбе по шкале Ретту и объема зоны активации при фМРТ (Рисунок 12), у больных с КПК локализацией ИИ выявлена обратная связь с объемом зоны активации SM1+SMA в пораженном полушарии ($r=-0,77$, $p=0,025$) и тенденция к прямой связи с объемом этой зоны в интактном полушарии ($r=0,6$, $p=0,10$), что можно рассматривать как одно из подтверждений преобладания паттерна контрлатеральной реорганизации сенсомоторной системы у пациентов с КПК локализацией.

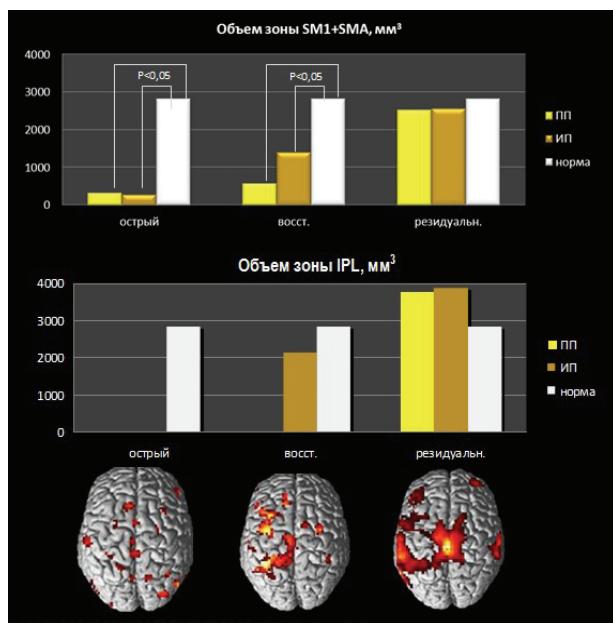


Рис. 11. Активация сенсомоторной коры в группе с корково-подкорковой локализацией ишемического инсульта в различные сроки. ПП – пораженное полушарие, ИП – интактное полушарие.

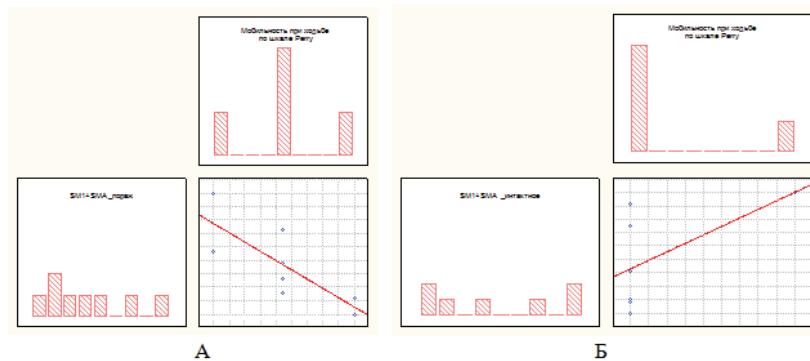


Рис. 12. Графики корреляции между показателем способности к самостоятельной ходьбе (шкала Регги) и объемом зоны активации SM1+SMA в пораженном (А) и интактном (Б) полушариях у пациентов с корково-подкорковой локализацией ИИ.

АКТИВАЦИЯ СЕНСОМОТОРНОЙ КОРЫ В ГРУППЕ ПАЦИЕНТОВ С ПОДКОРКОВОЙ ЛОКОЛИЗАЦИЕЙ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА

В группе с ПК локализацией инфаркта при проведении фМРТ в острый период все сенсомоторные зоны интереса присутствовали, причем размеры зоны SM1+SMA в обоих полушариях были сопоставимы с размерами аналогичной зоны в норме, тогда как активация вторичной сенсорной коры – зона IPL – была уменьшена в объеме в обоих полушариях (Рисунок 13). В дальнейшем, в ранний и поздний восстановительный периоды, происходило увеличение зон активации: как первичной сенсомоторной коры (зона SM1+SMA), так дополнительной зоны IPL. Что касается резидуального периода, то полученные данные показывают, что паттерн активации сенсомоторной коры стал возвращаться к характерному для группы нормы, а именно: уменьшение зон активации в интактном полушарии; хотя зона SM1+SMA в пораженном полушарии оставалась значительно увеличенной по сравнению с нормой.

Увеличение объема активации зон SM1 в обоих полушариях в данной группе является характерным для субкортикальных инфарктов [Cao Y. et al., 1998; Dettmers C. et al., 1997]. Чрезмерная активация моторной коры на стороне

поражения, отмечаемая при ПК локализации, может служить отражением обширного ее вовлечения при попытке выполнить задание, несмотря на повреждение КСТ. Следовательно, восстановление будет оптимальным, когда зона M1 не только сохранна структурно, что выявляется при подкорковых инфарктах по сравнению с корковыми, но и когда она не полностью разъединена. Что касается выраженного вовлечения зоны M1 в непораженном полушарии, существует мнение, что на ранних стадиях восстановления оно возникает вследствие вовлечения прямых (неперекрецивающихся) волокон КСТ с целью компенсировать повреждение КСТ на стороне поражения [Calautti C. et al., 2003].

Корреляционный анализ в группе с подкорковой локализацией инфаркта выявил тенденцию к прямой связи между показателем мобильности при ходьбе и объемом зоны активации IPL в пораженном полушарии ($r=0,47$, $p=0,12$) (Рис. 14).

Полученные данные можно рассматривать как проявления более благоприятного паттерна ипсолатеральной реорганизации сенсомоторной коры у больных с подкорковой локализацией инсульта.

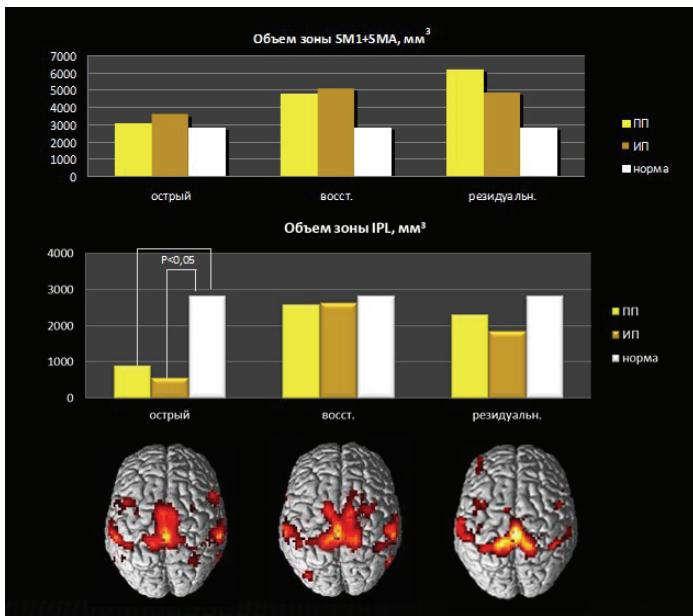


Рис. 13. Активация сенсомоторной коры в группе с подкорковой локализацией ишемического инсульта в различные сроки. ПП – пораженное полушарие, ИП – интактное полушарие.

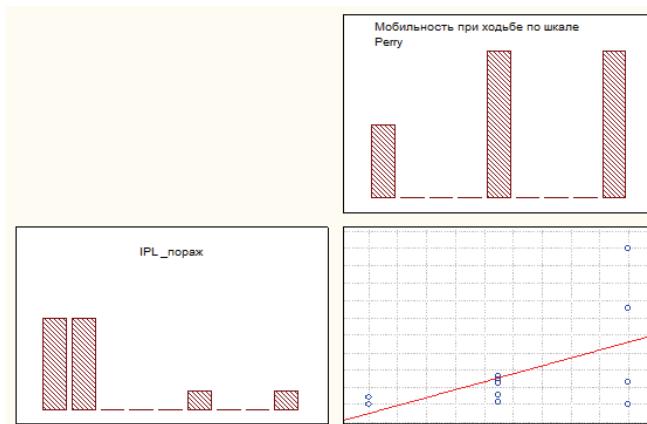


Рис. 14. График корреляции между показателем способности к самостоятельной ходьбе (шкала Реггу) и объемом зоны активации IPL в пораженном полушарии у пациентов с подкорковой локализацией ИИ.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ АКТИВАЦИИ СЕНСОМОТОРНОЙ КОРЫ МЕЖДУ ГРУППАМИ С РАЗЛИЧНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИЕЙ ИИ В РАЗЛИЧНЫЕ СРОКИ ЗАБОЛЕВАНИЯ

При сопоставлении зон активации групп с КПК и ПК локализацией в остром периоде показано, что, несмотря на отсутствие достоверных различий между степенью пареза ноги по шкале Fugl-Meyer и мобильности по шкале Реггу между группами (Рисунки 15, 16), паттерн активации различался: в группе больных с КПК локализацией отмечалась дезинтеграция активации сенсомоторной системы, тогда как в группе больных с ПК локализацией активация всех зон интереса присутствовала, и паттерн активации приближался к таковому в норме. Такие разные варианты активации в двух группах пациентов в этот период могут быть связаны с различной степенью поражения вещества головного мозга: так, инфаркты КПК локализации в нашем исследовании значительно превосходили по размерам инфаркты ПК локализации и были связаны с патологическими изменениями в более крупных сосудах, соответственно, выраженность перифокального отека и нарушение гемодинамики как в ядре инфаркта, так и на отдалении превосходила таковую при небольших подкорковых ИИ с поражением небольших глубоких ветвей СМА. Эти факторы в совокупности с поражением коркового вещества и обуславливают дезинтеграцию сенсомоторной системы в группе КПК. Причем данная дезинтеграция выявляется не только в пораженном, но и в условно интактном полушарии, что может свидетельствовать о более глубоком нарушении гемодинамических процессов во всем веществе головного мозга в ответ на повреждение того или иного его участка.

При сопоставлении групп в сроки 2-12 месяцев степень пареза ноги по шкале Fugl-Meyer и степень мобильности по шкале Реггу в группе с ПК локализацией инфаркта были достоверно лучше, чем в группе с КПК локализацией (Рисунки 15, 16). При этом продолжали сохраняться различия в паттерне активации сенсомоторной сети, ответственной за супраспинальный контроль локомоции: в группе с КПК локализацией показано преобладание

паттерна контрлатеральной реорганизации, которая происходит в основном за счет усиления активации зон SM1+SMA и IPL в непораженном полушарии; в группе с ПК локализацией преобладал более прогностически благоприятный паттерн ипсолатеральной реорганизации, когда происходит прогрессивное увеличение объема активации зон SM1+SMA и IPL, причем для пораженного полушария это нарастание более выражено, чем для непораженного.

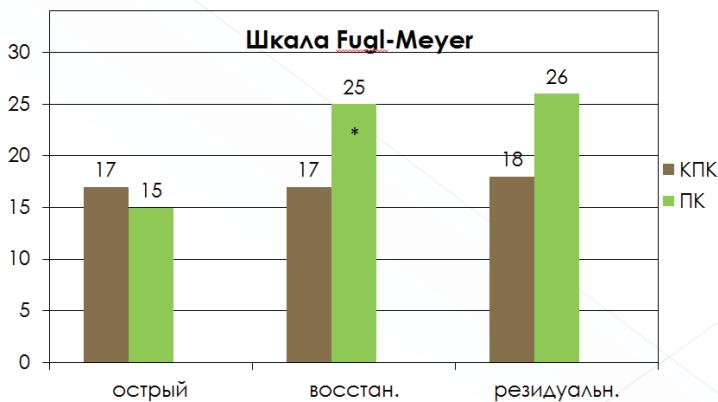


Рис. 15. Оценка степени пареза ноги по шкале Fugl-Meyer по подгруппам в различные периоды заболевания. *- $p<0,05$

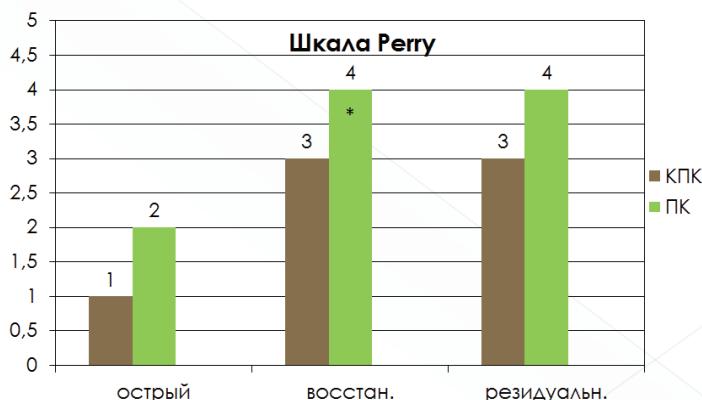


Рис. 16. Оценка степени мобильности по шкале Ретту по подгруппам в различные периоды заболевания.*- $p<0,05$

В сроки более 1 года, несмотря на сохраняющееся различие в степени пареза ноги и степени мобильности (выше в группе с ПК локализацией – Рисунки 15, 16) отмечается схожесть паттернов активации между собой и приближение их к группе нормы за счет появления активации в пораженном полушарии в группе с КПК локализацией и уменьшения ранее чрезмерно активированных зон в обоих полушариях в группе с ПК локализацией.

Следует отметить, что координаты центров зон активации как в группе с КПК, так и в группе с ПК локализацией ИИ во всех периодах заболевания не отличались от центров аналогичных зон активации в группе нормы, т.е. смещение зон активации отсутствовало.

Суммируя все вышесказанное, можно сказать, что использование предложенной фМРТ-парадигмы, имитирующей опорную нагрузку на стопы в режиме ходьбы, позволяет определять особенности изменения активации первичных, а также вторичных сенсомоторных зон у больных в восстановительном и резидуальном периоде при разной локализации очага поражения и может применяться для оценки механизмов реорганизации, лежащих в основе реабилитационных мероприятий, направленных на восстановление двигательного навыка ходьбы, в эти периоды инсульта.

10. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гевлич Г.И., Козловская И.Б., Григорьева Л.С. Сравнительный анализ влияний невесомости и ее моделей на скоростно- силовые свойства и тонус скелетных мышц человека. // Космич. биол. и авиакосмич. мед. 1984. Т. 18. с. 22-26.
2. Кадыков А.С., Черникова Л.А., Шахпаронова Н.В. Реабилитация неврологических больных. М.: «Медпресс-информ», 2008. – 560 с.
3. Мельник К.А., Артамонов А.А., Миллер Т.Ф., Воронов А.В. Эффекты механической стимуляции опорных зон стопы на кинематику локомоции после курса 7-дневной сухой иммерсии. Авиокосм Эколог Мед, 2006, Сен – Окт; 40(5): 61-5.
4. Умарова Р.М., Черникова Л.А., Танашян М.М., Кротенкова М.В. Нервно-мышечная электростимуляция в острейший период ишемического инсульта. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры, 2005, №4, с.6-8.
5. Khusnutdinova D, Netreba 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):P141-2.
6. Kozlovskaya, I., Dmitrieva, I., Grigorieva, L., Kirenskaya, A. & Kreydich, Yu. (1988) Gravitational mechanisms in the motor sistem. Studies in real and simulated weightlessness // Stance and Motion. Facts and Concepts. (eds. Gurfinkel V.S., Ioffe M.Ye., Massion J.). Plenum, New York. p. 37-48.
7. Vinogradova OL, Popov DV, Saenko IV, Kozlovskaya IB. Muscle transverse stiffness and venous compliance under conditions of simulated supportlessness. J Gravit Physiol. 2002 Jul; 9(1): P327-9.

Приложение

Для заметок

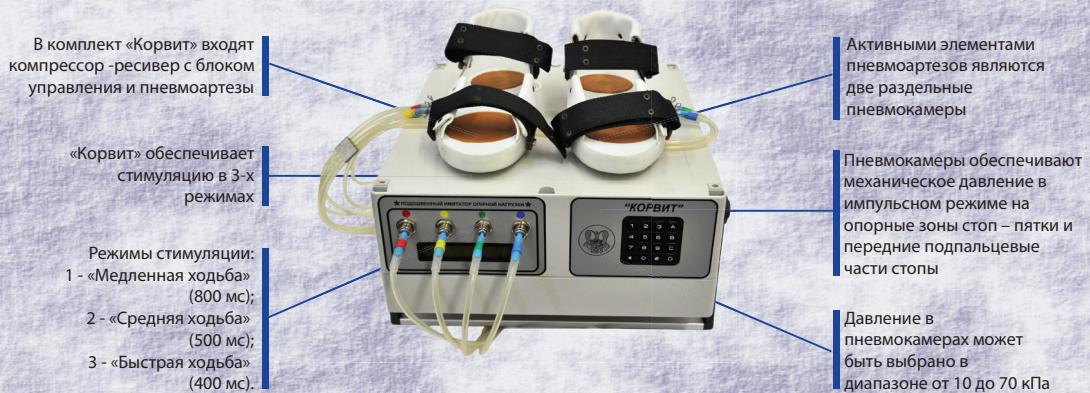
Приложение

Для заметок

Приложение

Для заметок

ПОДОШВЕННЫЙ ИМИТАТОР ОПОРНЫХ НАГРУЗОК «КОРВИТ»



ООО «ЦЕНТР АВИАКОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ»
123007, Москва, Хорошевское шоссе, 76А ,
тел: +7 (499) 195-67-34, факс: +7 (499) 195-65-05. www.amc-si.com