

казывают высокую эффективность метода при борьбе с ночным апноэ. Недостатком описываемого в указанных работах метода является его инвазивность. Электроды, применяемые для нейростимуляции, имплантируются под кожу пациента. Для разрабатываемой системы проектируется миостимулятор, работающий чрескожно, с использованием накладных, клеящихся электродов. В этом случае применение такого метода воздействия для устранения апноэ было бы целесообразным ввиду удобства его применения пациентами и относительной дешевизны в сравнении с аппаратами СРАР.

## Заключение

При создании настоящей биотехнической системы была проведена следующая научно-исследовательская работа:

- 1) изучение физиологических процессов, происходящих в организме человека во сне при возникновении простого храпа, а также апноэ;
- 2) изучение существующих средств борьбы с храпом и СОАС, определение их основных достоинств и наиболее существенных недостатков, препятствующих их повсеместному использованию;
- 3) разработка концепции биотехнической системы, предназначенной для устранения храпа и СОАС, формулировка основных ее задач;
- 4) изучение научной, технической и медицинской литературы с целью выбора оптимального набора методов сбора данных;
- 5) оценка амплитудно-частотных характеристик аудиосигнала храпа человека различной природы и других диагностических показателей;
- 6) изучение научной, технической и медицинской литературы с целью выбора оптимального набора методов воздействия.

Следует отметить, что в настоящее время проводится научно-исследовательская работа совместно с НИИ физиологии и фундаментальной медицины СО РАМН на базе Сомнологического центра клиники института.

### Список литературы:

1. Бузунов Р.В., Легейда И.В. Храп и синдром обструктивного апноэ сна. Уч. пособие для врачей. – М.: Управление

делами Президента Российской Федерации ФГУ «Клинический санаторий «Барвиха», 2011. 77 с.

2. Владыкина Е.В. Устранить храп – дело техники // Hi-Med. Высокие технологии в медицине. 2011.
3. Обросов А.Н., Карачевцева Т.В. Руководство по физиотерапии и физиопрофилактике детских заболеваний. – М.: Медицина, 1987. 384 с.
4. Улащик В.С. Физиотерапия. Универсальная медицинская энциклопедия. – Минск: Книжный Дом, 2008. 640 с.
5. Хабарова О.В. Биоэффективные частоты и их связь с собственными частотами живых организмов // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2002. № 5. С. 56-66.
6. Хабарова О.В. Резонансные эффекты в живых организмах. – М.: Препринт ИЗМИРАН, 2000.
7. Huijie X., Weining H., Lisheng Y., Lan C. Sound spectral analysis of snoring sound and site of obstruction in obstructive sleep apnea syndrome // Informa Healthcare: Acta Otolaryngologica. 2010. № 130. PP. 1175-1179.
8. Rogelio Perez-Padilla J., Slawinski E., Difrancesco L.M., Feige R.R., Remmers J.E., Whitelaw W.A. Characteristics of the Snoring Noise in Patients with and without Occlusive Sleep Apnea // American Review of Respiratory Disease. 1993. Vol. 137. PP. 635-644.
9. Eastwood P.R., Barnes M., Walsh J.H. Treating obstructive sleep apnea with hypoglossal nerve stimulation – 2011.
10. Steier J., Seymour J., Rafferty G.F. Continuous transcutaneous submental electrical stimulation in obstructive sleep apnea: A feasibility study – 2011.
11. Hypoglossal nerve stimulation for sleep apnoea – Technology Brief / Health Policy Advisory Committee on Technology, Australia – 2012.

Максим Павлович Буковский,  
аспирант, кафедра ССОД, факультет АВТ, НГТУ,  
мл. научный сотрудник,  
Научно-исследовательский институт  
медицинской инженерии НГТУ,  
Дмитрий Васильевич Белик,  
д-р техн. наук, зав. кафедрой,  
Новосибирский государственный  
технический университет (НГТУ),  
г. Новосибирск,  
e-mail: maxim.bukovsky@mail.ru

А.М. Назаров

## Система для локомоторной терапии

### Аннотация

Система для локомоторной терапии СЛТ предназначена для использования в реабилитационном процессе восстановления двигательной активности пациентов со спинномозговой травмой, черепно-мозговой травмой, ДЦП, перенесших инсульт, заболевания нервной системы. Она позволяет поместить пациента над беговой дорожкой в вертикальном положении, частично скомпенсировать его вес и принудительно передвигать ноги пациента синхронно с лентой беговой дорожки. СЛТ обеспечивает физиологические движения нижних конечностей (ходьбу) пациента посредством системы приводов тазобедренного и голеностопного суставов.

Система для локомоторной терапии (СЛТ) предназначена для роботизированной локомоторной терапии пациентов с нарушением опорно-двигательного аппарата. Методика локомоторной терапии признана одной из самых эффективных реабилитационных технологий восстановления навыка ходьбы во всем мире [1]-[4]. Она заключается в ходьбе на тредмилле с одновременным поддержанием части веса пациента и принудительным пере-

движением его ног по движущейся ленте тредмилла. Вначале пациент просто подвешивался над беговой дорожкой и два методиста помогали передвигать ему ноги. Для облегчения физической нагрузки врачей были созданы роботизированные комплексы «Локомат» в Швейцарии и «ReoAmbulator» в США. Однако они отличаются высокой стоимостью и неудобны для работы.

СЛТ целесообразно использовать при неврологичес-

кой реабилитации (ДЦП, ЧМТ, инсульт, заболевания нервной системы), травматологической реабилитации (спинальная травма, состояние после длительной иммобилизации травм нижних конечностей) и ортопедической реабилитации (состояние после исправления деформаций нижних конечностей). Она может использоваться при реабилитации как взрослых пациентов, так и детей.

Внешний вид системы для локомоторной терапии показан на *рис. 1*.

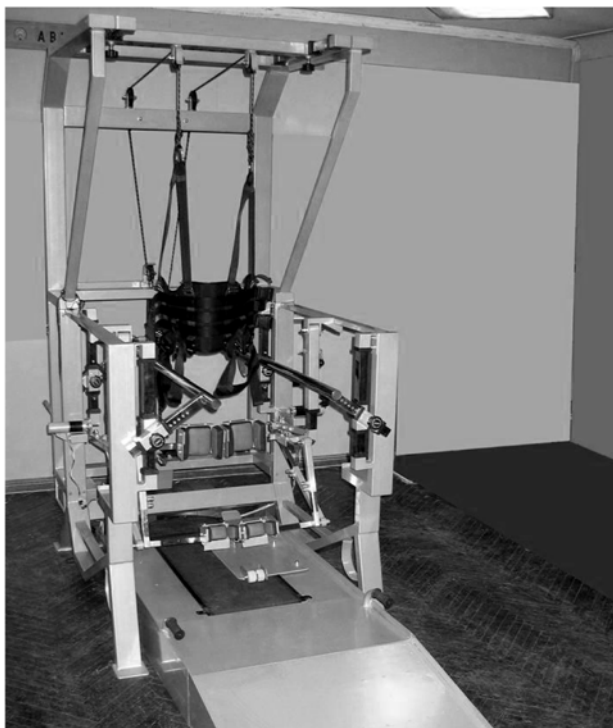


Рис. 1. Внешний вид СЛТ

СЛТ включает в себя:

- станину с регулируемым по высоте и ширине брусками и регулируемым верхним держателем;
- лебедку для облегчения вертикализации корпуса;
- три лямочных предохранительных пояса – компенсатор веса пациента с набором противовесов массой до 100 кг и приращением от 2,5 кг;
- электрическую беговую дорожку со скоростью движения ленты от 0,3 до 5 км/ч, с приращением скорости 0,10 км/ч;
- пандус для въезда на беговую дорожку;
- съемную скамейку для отдыха между подходами пациента;
- электромеханическую систему приводов тазобедренного и голеностопного суставов пациентов ростом от 90 до 195 см и весом до 140 кг с возможностью шаговых движений одной ногой;
- систему дистанционного управления от ноутбука электромеханической системой приводов;
- систему экстренной остановки при появлении спастичности мышц ног пациента;
- портативный мионейростимулятор 8- или 16-канальный;
- рабочее место с ОС Windows XP.

Габаритные размеры системы: 350 × 140 × 240 (Д×Ш×В) см; вес – 270 кг.

Привод механики перемещения тазобедренного и голеностопного суставов осуществляется от двух двигателей «Махон Motor». Цена серийного образца СЛТ не

превышает 4 млн. руб. Регистрационное удостоверение Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения и социального развития № ФСР 2011/12477 от 08.12.2011 г. Декларация соответствия № 0027775 от 23.04.2012 г.

Составными частями СЛТ являются непосредственно беговая дорожка, станина с брусками и пандусом, устройство компенсации веса пациента с лямочным предохранительным поясом, а также электромеханическая конструкция принудительного передвижения ног по беговой дорожке [5], [6].

Полотно беговой дорожки для локомоторной тренировки имеет длину 1200 мм, что позволяет делать шаговые движения пациентам ростом до 2 м. Ширина полотна беговой дорожки равна 400 мм. Для размещения пациента над беговой дорожкой служит станина с брусками и пандусом. Бруска регулируются по ширине и высоте в зависимости от роста пациента. Для кратковременного отдыха между подходами для пациента имеется съемное сидение. Устройство компенсации веса пациента выполнено в виде верхнего компенсатора, представляющего собой систему блоков, тросов и противовесов.

Два верхних блока расположены над пациентом. Эти блоки могут передвигаться в продольном направлении для того, чтобы компенсаторные усилия прикладывались строго в вертикальном направлении. Система поддерживает пациента в двух точках, удаленных друг от друга на ширину плеч пациента. Это сделано для того, чтобы добиться более естественного распределения веса, чем при подвешивании в одной точке.

Противовесы выполнены в виде подвижного держателя, на который навешивается необходимое число дисков с различным весом. Система допускает достаточное для нормальной ходьбы вертикальное смещение центра тяжести пациента, но не позволяет пациенту потерять равновесие. Вертикальное смещение может достигать 10...15 см, что вполне достаточно для нормальной ходьбы. Для вертикализации пациента используются также система блоков, тросов и ручная лебедка. При этом на пациента надевается специальный лямочный предохранительный пояс.

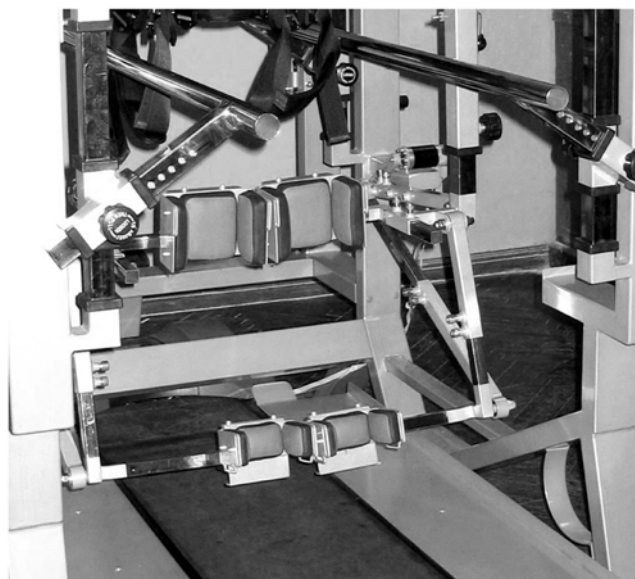


Рис. 2. Площадки упора коленей и голени

Управление работой СЛТ происходит от ноутбука со специализированной программой. При работе с этой

программой можно задавать скорость движения ленты беговой дорожки, движение одной или двумя ногами, контролировать спастичу пациента, следить за реакцией ног пациента на прикладываемые усилия. Передача управляющих воздействий к приводам идет по беспроводной линии связи. СЛТ может комплектоваться мионейростимулятором, который обеспечивает максимальную амплитуду выходного тока для каждого канала – 80 мА, частоту следования импульсов – от 10 до 300 Гц, длительность импульсов – 0,1 или 0,3 мс.

СЛТ обеспечивает физиологические движения нижних конечностей (ходьбу) пациента посредством системы приводов тазобедренного и голеностопного суставов. При этом фиксируются колени и голеностопные суставы пациента. Внешний вид площадок упора коленей и голени показан на *рис. 2*.

Система приводов включает в себя тягу бедра 1, длинный 2 и короткий 3 рычаги кривошипно-шатунного механизма (КШМ), тягу голени 4 и рычаг голени 5. Схема взаимного расположения приводов представлена на *рис. 3*. Пунктирной линией показана циклограмма движения центра стопы во время шаговых движений.

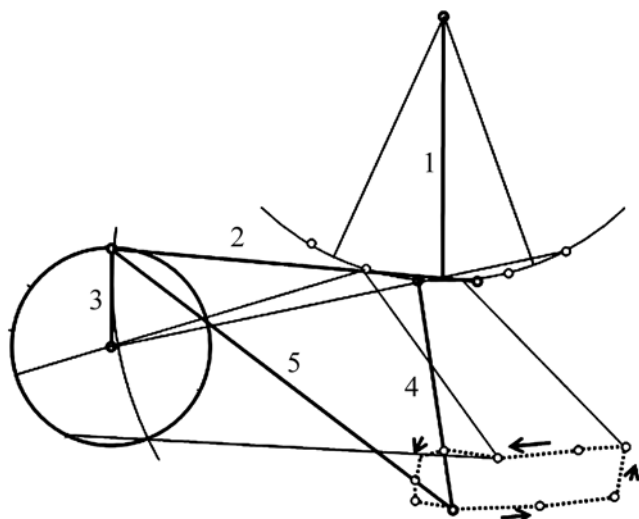


Рис. 3. Схема взаимного расположения приводов перемещения ног

Адаптация механики СЛТ под рост пациента происходит за счет изменения длины тяги бедра и тяги голени. Длина шага меняется при регулировании длины короткого рычага КШМ. Меняя длину рычага голени, тяги голени и длинного рычага КШМ, можно изменять походку пациента. Построению кинематической схемы системы принудительного передвижения ног предшествовал анализ циклограмм ходьбы.

Графики угловых перемещений в коленном и тазобедренном суставах показаны на *рис. 4*.

Анализ изменений угловых перемещений суставов пациента без нарушения опорно-двигательного аппарата при ходьбе по беговой дорожке (□) и СЛТ (+) показывает хорошую согласованность кинематики СЛТ с требуемым перемещением ног.

Работа происходит следующим образом.

На пациента надевают лямочный предохранительный пояс вертикальной поддержки, фиксируют коленные и голеностопные суставы. После этого пациент принимает вертикальное положение или за счет силы рук и коле-

ноупоров, или с помощью лебедки. На ноутбуке устанавливаются параметры ходьбы (начальное положение, скорость, движение одной или двумя ногами). Включают режим ходьбы. При этом отслеживаются реакция мышц ног, спастика, аварийная ситуация. В ходе тренировки обеспечивается кратковременный отдых между подходами. После завершения тренировки пациент возвращается в исходное положение.

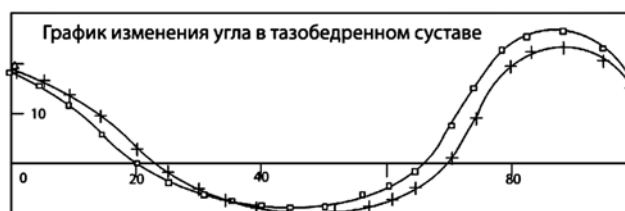
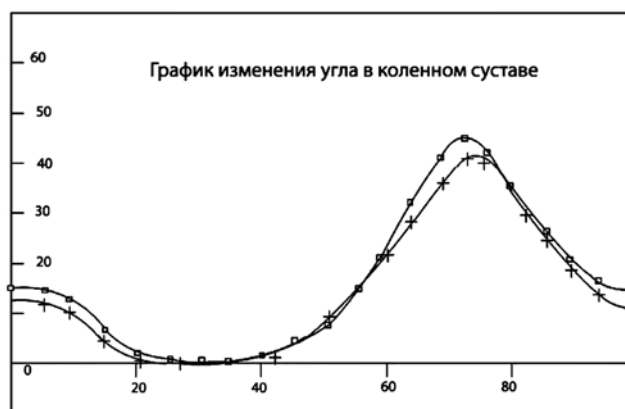


Рис. 4. Графики угловых перемещений суставов во время ходьбы

Принципиальные отличия СЛТ заключаются в следующем [7]:

- тренировка пациента начинается и заканчивается из положения «стоя»;
- имеется возможность самостоятельной вертикализации;
- обеспечивается кратковременный отдых в положении «сидя» между циклами тренировки;
- не происходит жесткой фиксации таза во время ходьбы;
- имеется возможность шаговых движений одной ногой.

Результаты лечения с использованием СЛТ:

- частичное восстановление двигательных функций спинного мозга и нейромышечного аппарата нижних конечностей;
- предотвращение атрофии мышц ног;
- улучшение двигательной активности и двигательного контроля;
- улучшение силы мышц ног;
- улучшение функций тазовых органов;
- улучшение качества жизни.

Система для локомоторной терапии прошла апробацию в Российской детской клинической больнице, г. Москва, и в Городской клинической больнице № 19, г. Москва, специализирующейся на лечении больных со спинномозговой травмой. Апробация подтвердила эффективность СЛТ при реабилитации больных с нарушениями опорно-двигательного аппарата.

### Список литературы:

1. Классификация уровня и степени тяжести травмы спинного мозга American Spinal Injury Association (ASIA) / <http://www.asia-spinalinjury.org/publications/index.html>.
2. Потехин Л.Д. Кинезитерапия больных со спинальной парализацией. – Новокузнецк, 2000.
3. Wilson M.S. Спецификация оборудования для тренировки ходьбы на тредмилле с поддержанием веса тела // Journal of Rehabilitation Research and Development. 2000. Vol. 37. № 4.
4. Harkema S. Locomotor Training. – Los Angeles, 2005.
5. Назаров А.М. Тренировочное устройство для восстановления двигательной активности ног / Патент РФ № 2240851 от 02.10.2003 г.
6. Назаров А.М. Устройство принудительного передвижения ног / Патент РФ № 2402311 от 10.08.2009 г.
7. Комплекс реабилитационный для локомоторной терапии Lokomat / <http://www.beka.ru>.

*Александр Михайлович Назаров,  
канд. техн. наук, доцент,  
председатель правления,  
РООИ «Орбита»,  
г. Москва,  
e-mail: orbita.ri@mail.ru*

**А.И. Холявин, В.Б. Низковолос, А.Д. Аничков**

## Томография головного мозга и стереотаксическое наведение

### Аннотация

В статье описывается методика использования диагностических магнитно-резонансных и совмещенных компьютерных/позитронно-эмиссионных томографов при навигационном обеспечении малоинвазивных стереотаксических нейрохирургических вмешательств на глубинных структурах головного мозга. Для стереотаксического наведения на целевые точки головного мозга применялись различные модели томографов производства фирм «Siemens», «General Electric» и «Philips». Операции были выполнены у 597 больных с новообразованиями головного мозга, паркинсонизмом, эпилепсией и другими заболеваниями центральной нервной системы. Отмечено, что методика позволяет проводить тщательное предоперационное планирование стереотаксических вмешательств и обеспечивает высокую точность попадания в намеченные точки мозга.

### Введение

Изобретение и внедрение в клиническую практику рентгеновской компьютерной, а затем и магнитно-резонансной томографии привело к громадному прорыву в диагностике заболеваний головного мозга. Однако наряду с диагностикой томография оказалась весьма полезной (и даже, в современных условиях, незаменимой) в качестве навигационной методики при осуществлении малоинвазивных хирургических манипуляций на различных отделах центральной нервной системы, в том числе ранее недоступных для оперативного вмешательства.

В стереотаксической нейрохирургии локальное воздействие на отдельные (как правило, глубинно расположенные) целевые точки головного мозга позволяет получить диагностическую информацию или добиться лечебного эффекта при ряде патологических состояний, включающих в себя паркинсонизм, эпилепсию, внутримозговые опухоли и некоторые психические расстройства. Воздействие на целевые точки осуществляется посредством стереотаксических канюль, которые погружаются в вещество мозга через фрезевые отверстия на черепе пациента при помощи стереотаксических манипуляторов. Основными задачами, решаемыми при подготовке таких операций на томографе, являются визуализация внутримозговых мишеней для стереотаксических воздействий, а также обеспечение наведения активного конца стереотаксического инструмента в намеченную на томограмме мишень с минимальной погрешностью.

### Цель работы

Разработка методики использования современных диагностических МРТ- и ПЭТ/КТ-сканеров для навигационного обеспечения стереотаксических операций на головном мозге пациентов с заболеваниями центральной нервной системы.

### Материалы и методы

С 1996 г. в клинике ИМЧ РАН нейрохирургические вмешательства с проведением стереотаксического наведения на внутримозговые целевые точки осуществляются с использованием в предоперационном периоде томографии головного мозга пациента. В исследовании применялись диагностические томографы, установленные в нескольких медицинских учреждениях Санкт-Петербурга. Использовались магнитно-резонансные сканеры «GE Vectra 0,5 Т», «GE Genesis Signa 1,5 Т», «GE Signa Excite 1,5 Т», «Siemens Magnetom Symphony 1,5 Т», «GE Signa HDx 3 Т», «Siemens Verio 3 Т», «Philips Achieva 3 Т». Также применялся совмещенный ПЭТ/КТ-сканер «Philips Gemini TF». Всего операции были проведены у 597 пациентов с различной патологией центральной нервной системы. Хирургические вмешательства на головном мозге осуществлялись при помощи стереотаксических систем «ПОАНИК» [1] и «НИЗАН» [2].

Работа с предоперационными изображениями (томограммами) головного мозга пациентов осуществлялась в электронном формате DICOM с применением программного обеспечения томографов, их рабочих станций или программ для просмотра медицинских изображений на персональных компьютерах. При работе на персональных компьютерах использовали программы eFilm Workstation 2.1.2 (продукция «Merge Healthcare»), Mim Viewer DICOM CD 1.1.1 (продукция «MIMvista Corp.»), а также программу STView, входящую в комплектацию стереотаксической системы «ПОАНИК».

### Результаты

При подготовке пациентов к операциям в зависимости от заболевания использовали два типа целевых точек для наведения стереотаксического инструмента. К первому типу относили мишени в анатомически неизменных структурах мозга (поясные извилины, таламус, блед-