

СЕТЕВАЯ НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИЯ

ГУК Р.Ю., *Некоммерческая организация Международный благотворительный фонд «СМ. черити», г. Красноярск*
ВОРОНИНСКИЙ В.А., ЦИРКИН Г.М., ТАРАСОВ Е.А., *ГУ НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, г. Новосибирск*
ЧЕРНИКОВА Л.А., *ГУ Научный центр неврологии РАМН, г. Москва*
ООО «Компьютерные системы биоуправления», г. Новосибирск

АННОТАЦИЯ

В статье обсуждаются возможности развития и первые результаты новой технологии – сетевой нейрореабилитации, обращенной, главным образом, к механизмам саморегуляции, активированных средствами электромиографического биоуправления. Приводятся данные об эффективности биоуправления в домашних условиях при лечении последствий позвоночно-спинальной травмы.

Ключевые слова: нейробиоуправление, сетевая нейрореабилитация; позвоночно-спинальная травма.

ВВЕДЕНИЕ

По данным различных источников, частота позвоночно-спинальной травмы (ПСТ) колеблется от 29,4 до 63,7 случаев на один миллион жителей. При этом более половины пострадавших составляют лица моложе 40 лет. Известно также, что мужчины травмируются в 2,5-4 раза чаще, чем женщины. В России ежегодно регистрируются 7-8 тыс. новых случаев ПСТ [7]. При этом 80% из них признаются инвалидами I и II групп [3]. По данным Амелиной О.А. [2], группа инвалидности остается неизменной на протяжении многих лет у 61% больных, у 24% - наблюдается частичная реабилитация, а у остальных 15% больных отмечается ухудшение состояния.

Потребность инвалидов с ПСТ в *медицинской реабилитации* чрезвычайно высокая и составляет 100%. При этом 55-87% инвалидов нуждаются в различных мероприятиях восстановительной терапии, как в амбулаторных, так и в стационарных условиях. Вместе с тем, всеобъемлющее решение проблемы мониторинга и рациональной реабилитации пациентов с последствиями ПСТ различного генеза крайне затруднительно. Находясь за пределами единичных нейрореабилитационных центров в РФ, эти больные предоставлены, в основном, сами себе. При этом большой процент больных, перенесших ПСТ, составляют молодые люди, получившие ее вследствие дорожно-транспортных происшествий и различных военных конфликтов.

Реабилитация больных с ПСТ, прежде всего, определяется уровнем, тяжестью, давностью травмы, возрастом пострадавших, своевременностью проведения лечебных, в том числе восстановительных мероприятий и, конечно же, характером хирургической помощи.

Основным инвалидизирующим последствием при ПСТ являются нарушения двигательных функций в виде тетрапарезов или нижних парапарезов в зависимости от уровня поражения. Одна из важнейших задач реабилитации таких больных – это восстановление двигательной активности пациентов.

ОСНОВНАЯ КОНЦЕПЦИЯ

В настоящее время во всем мире проводятся интенсивные исследования по разработке и внедрению новых технологий в реабилитации больных с ПСТ. В последние годы у больных с ПСТ для обуче-

ния ходьбе применяют роботизированную систему «LOCOMAT» [8]. Достигнуты значительные успехи в области применения функциональной электростимуляции паретичных мышц (с применением имплантируемых устройств) для получения движений, имитирующих утраченную функцию [9, 11]. Ведутся интересные работы по регуляции локомоции посредством эпидуральной электрической стимуляции спинного мозга у больных с полным поперечным поражением спинного мозга в грудном отделе [10].

Вместе с тем, многие из этих современных технологий остаются недоступны большинству пациентов с последствиями ПСТ, особенно в нашей стране. Учитывая эти обстоятельства около года назад возникла идея создания проекта «**Сетевая нейрореабилитация**». Проект направлен на активирование механизмов саморегуляции функций пациентов посредством использования, прежде всего, **электромиографического биоуправления**, встроенного в сетевую структуру (в Интернет).

В настоящее время, как известно, распространена одна дистанционная технология – т.н. телемедицина, призванная диагностировать и выбирать тактику ведения больного путем консилиума врачей по разные стороны телемоста. Предлагаемый проект предусматривает реализацию дистанционных алгоритмов лечебно-реабилитационного процесса и имеет две стадии внедрения:

1) стационарную, которая включает кабинет биоуправления в клинике, где проводятся отбор больных для участия в проекте, полное обследование больных, подбор индивидуальных программ тренировок методом биоуправления по ЭМГ с помощью прибора «БОСЛАБ-МИО-М», обучение больных самостоятельному использованию этого прибора, а также обучение больных пользованию Интернетом для передачи данных тренинга в Центр (врачу-реабилитологу);

2) домашнюю, в рамках которой пациент под контролем среднего медицинского персонала или родственников проводит тренировки средствами электромиографического биоуправления (прибор «БОСЛАБ-МИО-М»), передает данные тренинга через Интернет врачу-реабилитологу и получает откорректированные программы тренинга, находясь в сети.

Таким образом, основной целью проекта является возможность применения новых реабилитационных технологий в домашних условиях. В качестве реабилитационной технологии предлагается использование биоуправления по ЭМГ. Врач (реабилитолог) получает возможность анализа и коррекции программ тренинга на расстоянии (через Интернет).

СИСТЕМНАЯ КОМПОНЕНТА ДИСТАНЦИОННОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

Системная компонента дистанционного биоуправления, объединенная общим протоколом, будет организована по трехуровневому принципу:

- На первом уровне (компьютер пациента) располагаются источники данных – внутренние регистрирующие системы (БОСЛАБ, БОС-ПУЛЬС, справочные системы, внешние источники информации). Здесь же находятся приложения первичного анализа, очистки и компрессии данных.

- Второй представляет собой распределенное хранилище данных, поступающих от источников первого уровня; здесь же содержится информация оперативного управления и анализа (один или несколько серверов, объединенных в локальную высокоскоростную сеть, на которых установлены пакеты работы с реляционными базами данных).

- Третий – это набор предметно-ориентированных OLAP-приложений для представления и анализа данных, дистанционного мониторинга врачом динамики лечебно-реабилитационного процесса: статистические элементы сравнения эффективности, многомерные динамические характеристики процедур, прогностические критерии. Приложения представлены как специализированными программами, установленными на компьютере конечного пользователя, так и частью программного обеспечения Интернет-сервера (портала) (рис. 1).

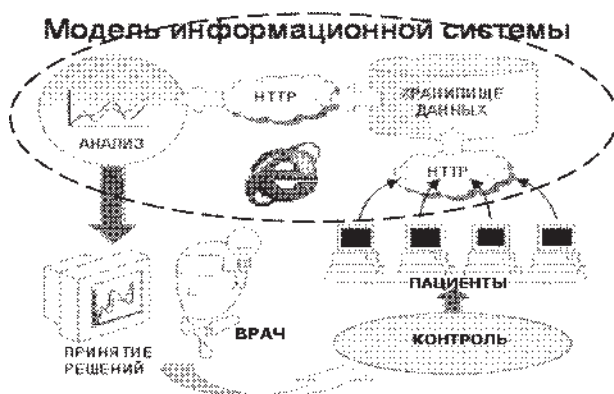


Рис. 1. Модель дистанционного биоуправления.

ПАРАДИГМА БИОУПРАВЛЕНИЯ

Как известно, сущность технологии биоуправления заключается в том, что пациент из **пассивного потребителя** реабилитационных услуг становится **активным участником** лечебно-восстановительного процесса [1, 4-6]. С помощью программно-аппаратных средств регистрируются различные параметры мышечной активности, сердечно-сосудистой деятельности, биоэлектрических потенциалов головного мозга. Динамика показателей визуализируется на мониторе, и пациент имеет возможность управлять этими функциями, оптимизировать управление. Биоуправление по электромиограмме, например, представляет уникальную возможность моторного обучения, поскольку пациент имеет возможность оценивать свои мышечные усилия, направленные на увеличение или, наоборот, расслабление их в пороговом режиме, преодолевая который больной повышает свои функциональные возможности.

Кроме тренировочно-реабилитационной функции, которая очевидна и реабилитологам и, безусловно, пользователям, биоуправление (нейробиоуправление) содержит еще одну компоненту. Речь идет о контрольно-прогностической функции технологии.

Даже если в комплексе лечебно-восстановительного процесса технология биоуправления не занимает доминирующую роль, формализовать и оценить количественные характеристики динамики восстановления нарушенных функций под влиянием других лечебных мероприятий (например, лечебной гимнастики, нервно-мышечной электростимуляции и т.д.) предпочтительнее и полезнее, используя адаптивную обратную связь.

ВАРИАНТЫ ПРОТОКОЛОВ ПРОВЕДЕНИЯ «ДИСТАНЦИОННОГО БИОУПРАВЛЕНИЯ»

Первый протокол – «Реалистический», основная цель которого заключается в повышении качества жизни больного путем улучшения тех функций, которые еще сохранены у больного. Включает восстановление нормальной трофики тканей, купирование болевого синдрома и астенодепрессивного состояния, оптимизацию вегетативной динамики, уменьшение спастичности в паретичных мышцах, формирование мышечного корсета, стимуляцию мышц, расположенных выше уровня полного или частичного перерыва.

Второй протокол – «Амбициозный», основная цель которого заключается в повышении качества жизни пациентов путем восстановления двигательных функций ниже уровня поражения. Включает восстановление трофики и вегетативного контроля, улучшение болевой и глубокой чувствительности, повышение произвольной мышечной активности в пораженных сегментах, формирование навыков самообслуживания, улучшение ортостата, восстановление ходьбы с опорой на костыли и без костылей.

Это довольно сложная задача, так как предполагается работать с паретичными мышцами, в которых имеется минимальная произвольная биоэлектрическая активность. Этот вариант наиболее интересен, поскольку адекватное и корректное его использование может привести к усилению мотивации к лечению и в дальнейшем качественно улучшить состояние пациента.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проекта было выбрано 6 больных с последствиями ПСТ в г. Красноярске с тяжелыми двигательными нарушениями, осложненными тревожно-депрессивным синдромом. Общая характеристика наблюдаемых больных представлена в таблице.

Таблица .

Общая характеристика наблюдаемых больных.

Пациенты	Уровень поражения	Возраст в годах	Двигательный синдром	Выраженность депрессии (по шкале Гамильтона) в баллах	Степень мотивации (тест Элерса) в баллах
Б-ная С.	L1	20	нижний парапарез	37	17
Б-ной К.	T11-T12	32	нижний парапарез	42	24
Б-ной С.	C7	27	тетрапарез	45	25
Б-ной Р.	C7	20	тетрапарез	14	24
Б-ной М.	C5	20	тетрапарез	39	18
Б-ной С.	C4-C5	25	тетрапарез	43	25

Первый этап проекта «**сетевой нейрореабилитации**» продолжался 3 месяца (июнь-июль-август 2007 г.). До и после курса дистанционного биоуп-

равления исследовались неврологический статус, объем произвольных движений в конечностях (углометрия), окружность конечностей, степень спастичности (шкала Ашворта), степень тревоги и депрессии (шкала Гамильтона), степень мотивации к избеганию неудач, защите (тест Элерса), готовность к риску (тест Шуберта), степень функциональной независимости (индекс Бартел). Использованы фотографии и видеозаписи. Каждому пациенту был составлен индивидуальный курс ЭМГ-биоуправления, занятия проводились ежедневно самостоятельно, отчеты передавались по электронной почте врачу-невропатологу (реабилитологу); сессии тренинга были направлены на укрепление мышечного корсета и мышц конечностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате проведенного лечения у 4 из 6 больных наблюдалась положительная динамика (разной степени выраженности) в неврологическом статусе, заключающаяся в увеличении амплитуды сокращений тренируемых мышц, улучшении дифференциации сокращений мышц между левой и правой половинами тела, уменьшении выраженности болевого синдрома, снижении уровня гипестезии, уменьшении спастичности в мышцах ног. Двое других больных через 2 месяца от начала проекта по разным причинам отказались от дальнейшего участия в нем, хотя в течение первых двух месяцев у этих больных также наблюдалась положительная динамика в неврологическом статусе.

В качестве примера приводим данные больного Р., 20 лет, с диагнозом: закрытая вертеброспинальная травма, компрессионный перелом С7 с ушибом и сдавлением спинного мозга, синдромом тетрапареза (комбинированный верхний парапарез, центральная нижняя параплегия), нарушение функции тазовых органов по центральному типу.

Из неврологического статуса в начале проекта.

Объем движений: в правом плечевом суставе $180^{\circ}/0^{\circ}/30^{\circ}$, в левом $155^{\circ}/0^{\circ}/30^{\circ}$; в правом локтевом суставе $0^{\circ}/0^{\circ}/140^{\circ}$, левом $0^{\circ}/0^{\circ}/140^{\circ}$. Сила мышц в руках 5 баллов, в пальцах левой кисти 4 балла, в ногах – плегия. Мышечный тонус в руках низкий, в ногах повышен по спастическому типу D>S. Гипотрофия мышц плечевого пояса и рук, больше слева. Снижение мышечной силы в мышцах туловища, избыточная подвижность в суставах позвоночного столба. Болевая гипестезия с уровня Т3.

Тренировки были направлены на усиление мышечного корсета (m. latissimus dorsi, m. obliquus abdominis externus, m. rectus abdominis). За время участия в проекте увеличился объем движений в левом плечевом суставе на 25° , снизился уровень гипестезии с Т3 до Т4, уменьшился мышечный тонус в ногах с 3 до 2 баллов по шкале Эшворта. Отмечено увеличение мышечной силы в мышцах туловища, уменьшилась избыточная подвижность в суставах позвоночного столба. Произошло увеличение амплитуды электромиограммы тренируемых мышц (рис.2).

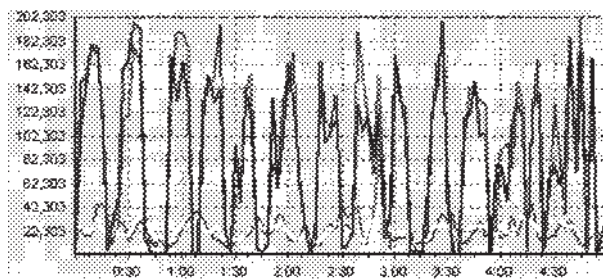


Рис. 2. Больной Р. Интегральная (усредненные за 3,00 с значения сигнала) электромиограмма m. latissimus dorsi dextr и sin в начале лечения (красная и желтая кривые) и через 3 месяца тренировки (синяя и зеленая кривые).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, внедрение впервые в России проекта «Сетевая нейрореабилитация» позволило приблизить реабилитационную помощь к пациентам с тяжелыми двигательными нарушениями, обеспечивая ежедневное вовлечение в реабилитационный процесс больных и их родственников, а также постоянную связь больных с «сервером-реабилитологом». Кроме того, централизация полученных данных позволила реализовать независимость специалиста-реабилитолога от рабочего места. Проведенное исследование показало, что включение пациентов с ограниченными двигательными возможностями в предлагаемый проект способствует повышению их мотивации к лечению, улучшает качество их жизни. По-видимому, требуются дальнейшие исследования по разработке и внедрению разных лечебных протоколов проекта «Сетевая нейрореабилитация» не только у больных с последствиями ПСТ, но и у больных с тяжелыми двигательными нарушениями другой этиологии (например, при последствиях черепно-мозговой травмы и инсульта, рассеянном склерозе, детском церебральном параличе и т.д.). Непременным условием участия в этом проекте для пациентов является сохранение у них когнитивных функций и способности к обучению.

Авторы благодарят к.ф.-м.н. О.А. Джафарову и академика РАН М.Б. Штарка за формулирование основной задачи исследования, постоянные консультации и интерес к работе; исполнительного директора Фонда «СМ. черити» А.Ф. Тарасевича за поддержку идеи, неуклонный контроль за ее воплощением и финансовое сопровождение проекта «Сетевая нейрореабилитация».

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов Д.П. Использование мультипараметрического мониторинга для контроля эффективности процедур БОС-тренинга // Биоуправление-4: теория и практика. – 2002. – Новосибирск (ред. М. Шварц, США, М. Штарк, Россия). – С. 30-34.
2. Амелина О.А. Травма спинного мозга. В кн.: Клиническая неврология с основами медико-социальной экспертизы. Под ред. А.Ю. Макарова. СПб: ООО Золотой век., 1998: 232-248.
3. Боева Е. М., Сафина А. А., Старовойтова И. М. Врачебно-трудовая экспертиза и социально-трудовая реабилитация инвалидов вследствие спинномозговой травмы: Метод, рекомендации для врачей ВТЭК. – М., 1991.
4. Джафарова О.А., Донская О.Г., Соколов А.В., Тарасов Е.А., Штарк М.Б. Программно-аппаратный комплекс «БОСЛАБ. Траектория развития» // Биоуправление-4: теория и практика. – 2002. – Новосибирск (ред. М. Шварц, США, М. Штарк, Россия). – С. 279-286.
5. Джафарова О.А., Штарк М.Б. Компьютерные системы биоуправления // Медицинская техника. – М., Медицина. – 2002. – Т. 1. – С. 34-35.
6. Гусарова В.М., Черникова Л.А., Ланская Л.Д., Иоффе М.Е. Медицинская реабилитация пациентов с заболеваниями и поврежде-

ниями опорно-двигательной и нервной систем/ М. Медицина. – 2004. – С. 67-369.

7. Косичкин М.М., Гришина Л.П., Шапиро Д.М. Инвалидность вследствие травматического поражения спинного мозга, медико-социальная экспертиза и реабилитация. Медико-социальная экспертиза и реабилитация, 1999; 1: 3-7.

8. Colombo G., Joerg M., Schreier R., Dietz V. Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis. Journal of Rehabilitation Research and Development, 2000, 6: 693-700.

9. Kirshblum S. New rehabilitation interventions in spinal cord injury. J. Spinal Cord Med. 2004; 27(4): 342-50.

10. Minassian K., Jilge B., Rattay F. et al. Stepping-like movements in humans with complete spinal cord injury induced by epidural stimulation of the lumbar cord: electromyographic study of compound muscle action potentials. Spinal Cord. 2004, Jul; 42(7): 401-16.

11. Rupp R., Abel R. Functional rehabilitation of spinal cord injured persons using neuroprostheses. Orthopade. 2005, Feb; 34(2): 144-51.

ПРИБОРНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ОСНОВА МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА ПОСЛЕ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ «СТАЦИОНАР – ДОЛЕЧИВАНИЕ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ»

ПОЛИЕВСКИЙ С.А., ЦЕРЯБИН В.В., ЯКУШИН А.А., КАРПУХИН А.О., ЛАЙНЕР М.Г.

Кафедра гигиены РГУФКСИТ, г. Москва, 4-е ортопедическое и отделение сосудистой хирургии госпиталя для ветеранов войн № 3 ДЗ, г. Москва

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются научно-методические основы использования современных методов определения физического здоровья пациентов в процессе реабилитации после эндопротезирования тазобедренного сустава.

Приведены результаты апробации научно-исследовательских приборов для определения мышечного тонуса, уровня оксигенации крови, частоты пульса, температур тела и кожи и др. и раскрыто их значение как скрининг-тестов для контроля формирования механизмов адаптации организма к послеоперационным физическим нагрузкам.

Ключевые слова: реабилитация, эндопротезирование, тазобедренный сустав, приборы скрининг-тестирования физического здоровья

ВВЕДЕНИЕ

Укрепление и сохранение жизненных функций пациентов после эндопротезирования, обеспечение высокого уровня их работоспособности и продолжение жизненного периода является одной из актуальных задач восстановительной медицины.

При этом обязательным представляется учет проблемы противодействия возрастным инволюционным изменениям и повышения физиологических резервов организма.

После факта эндопротезирования наиболее важной задачей является восстановление функции вновь созданного звена опорно-двигательного аппарата (ОДА) и наиболее полная репарация травмированных тканей, определяющая в целом функциональную полноценность оперированного сустава [1-4].

Для решения вышеперечисленных задач нужны соответствующие специфике сдвигов средства и методы контроля.

Анализ крови, методы биохимического контроля, используемые хирургами, не совсем специфичны и не отражают изменения в мышечной ткани и нервно-мышечном аппарате.

В последней работе по физической реабилитации при эндопротезировании тазобедренного сустава [3] контроль сдвигов осуществлялся в основном методами гониометрии и динамометрии, электромиографии с соответствующими затратами времени.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами отработана приборно-методическая основа мониторинга физического здоровья пациентов

для оценки эффективности комплекса реабилитационных мероприятий для использования в системе «стационар-долечивание в домашних условиях».

Для обеспечения эффективности реабилитационных мероприятий за счет улучшения функционального состояния, повышения работоспособности, снижения утомления и укрепления здоровья протезированных больных проведена апробация современных измерительных устройств, пригодных для экспресс-анализа состояния больного.

Анализу подвергнуты диагностические возможности следующих современных электронных устройств:

1. Инфракрасный электротермометр с памятью UT-102 (Япония).

2. Прибор миотонометр производства НТО ЦИТО.

3. Анализатор состояния кожи «Skin Checker».

4. Пульсоксиметр Nonin ONYX 9500.

В работе также обсуждаются возможности таких известных методик оценки функционального послеоперационного состояния больного, как определение тактильной, силовой чувствительности пальцев стоп, гониометрии суставов оперированной конечности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Метод оксигеметрии заключается в спектрофотометрическом анализе восстановленного гемоглобина и оксигемоглобина, обладающих различными кривыми оптической плотности, т.е. на фотоэлектрической регистрации поглощения света в живой ткани организма. Это различие оптических плотностей позволяет сопоставлять их и тем самым получать представление о величине кислородного насыщения крови по изменению цвета живой ткани, просвечиваемой монохроматическим светом.

В пульсоксиметре Nonin ONYX 9500 используется метод измерения насыщения гемоглобина кислородом, основанный на оценке разности поглощения тканями красного и инфракрасного излучения. Этот метод является «золотым стандартом» неинвазивного измерения сатурации (насыщения).

Для определения частоты пульса используется анализ периодического изменения поглощения света в тканях, связанный с изменением кровенаполнения при приходе очередной пульсовой волны. Прибор автоматически анализирует сигнал, поступающий с датчика, и индицирует его пригодность для измерения сатурации и частоты пульса цветом специального индикатора, мигающим при приходе очередной пульсовой волны.