

ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ДЕТЕЙ ПОСЛЕ ПРОКТОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

Целью исследования является оценка эффективности электростимуляции анальных сфинктеров с элементами биологической обратной связи, определенных с помощью сфинктероманометрии. Подтвердив с помощью сфинктероманометрии положительный результат от электростимуляции доказана достоверность электромиографии как метода исследования. Рассмотрена методика и оценены результаты применения электромиостимуляции и электромиографии с элементами биологической обратной связи.

Метод биологической обратной связи является неинвазивным, дешевым и практически не имеет абсолютных противопоказаний к использованию. Лечебный эффект метода основан на восстановлении кортико-висцеральных связей, отвечающих за функцию удержания. Можно рекомендовать комплексную терапию методами БОС и электростимуляции как метод выбора при лечении пациентов идиопатическим недержанием кала всех степеней.

Ключевые слова: электростимуляция, анальные сфинктеры, сфинктероманометрия, электромиография.

Yu. G. Dzehtsiarou

POSSIBILITIES ELECTROMYOGRAPHY TO ASSESS THE RESULTS OF TREATMENT OF CHILDREN AFTER PROCTOLOGY OPERATIONS

The aim of the study is to evaluate the effectiveness of electrical stimulation of the anal sphincter with elements of biofeedback defined using sfinkteromanometrii. Confirm with sfinkteromanometrii positive result from electrical proved the accuracy of electromyography as a research method. The technique and evaluated the results of the use of electrostimulation and electromyography with elements of biofeedback.

Biofeedback is a non-invasive, inexpensive and virtually no absolute contraindications to ispolzovaniyu. Lechebny effect of the method based on the reduction of cortico-visceral connections responsible for the Hold function. Can recommend the combined therapy techniques biofeedback and electrical stimulation as a method of choice in the treatment of patients with idiopathic fecal incontinence of all degrees.

Key words: *electrostimulation, anal sphincters, sfinkteromanometriya, electromyography.*

Лечение детей с аноректальными пороками развития остается одной из сложных проблем детской хирургии. При атрезиях прямой кишки неудовлетворительные результаты в отдаленные сроки составляют 20–40%. Успех лечения зависит от многих факторов: вида порока, степени нарушения анатомических структур, своевременности и правильном выборе вида оперативного вмешательства. Следует отметить, что при этой патологии всегда имеется неполноценность сфинктерного аппарата прямой кишки [7]. Одним из проявлений неудовлетворительных результатов лечения данной патологии является недержание кала. Недержание кала – непроизвольное выхождение из анального отверстия газов, жидкости или твердого кала, что является, несомненно, социальной и медицинской проблемой. В качестве консервативного метода лечения недержания кала в мире широко используется электростимуляция анальных сфинктеров. Этот метод применяется в Детском хирургическом центре (ДХЦ) г. Минска с 2002 года. Электростимуляция проводится с помощью аппарата «**Electronic incontinence stimulation 5000**». Используется сила тока от 60 до 100 мА, частота тока от 8 до 18 Гц в зависимости от степени выраженности недержания кала. Длительность процедуры 8–10 минут, курс лечения – 10 сеансов в течение 10 дней.

Для повышения эффективности лечения в настоящее время применяют электростимуляционные методики на базе компьютерных систем. Возможность разработки таких систем обусловлена применением новейших программно-управляемых систем с биотехнической обратной связью, в основе которых лежит использование самых современных компьютерных и электронных технологий, схемотехнических решений и медицинских методик. Системы электростимуляции с обратной связью позволяют в режиме реального времени осуществлять контроль отдельных физиологических параметров, в соответствии с которыми вырабатывается терапевтическое воздействие. Как правило, в приборах имеет место сочетание компонентов лечебной аппаратуры и некоторых элементов диагностической аппаратуры.

Лечебный эффект метода БОС основан на восстановлении кортико-висцеральных связей, отвечающих за функцию удержания калового содержимого, т. е. обеспечивает социальную адаптацию ребенка. Сущность заключается в представлении пациенту посредством вывода на экран компьютерного монитора текущих значений его физиологических параметров. Применительно к ректальной сти-

муляции, при применении БОС-процедуры возможно самостоятельное произвольное воздействие (сокращение или расслабление) определенной мышечной группы, а следовательно и уровень активации той функциональной системы, чью активность данная мышечная группа отражает.

По контуру биотехнической обратной связи передаются электрические параметры, характеризующие биологическое состояние объекта. На основе данной информации в соответствии с целевой функцией автоматически корректируется в реальном масштабе времени сигнал воздействия на пациента. Таким образом, осуществляется согласование параметров биообъекта и технических компонентов системы, выработка оптимального лечебного воздействия.

В последнее время все более широкое распространение в клинической практике получает электромиография (ЭМГ) с применением различных методов обработки полученных данных [3]. Главным преимуществом данного метода диагностики можно считать то, что можно оценить состояние мышечного аппарата объективно, т. е. численными показателями. В дополнение к получению количественной оценки состояния мышц человека, он позволяет понять синхронизацию, взаимодействие и роль разных компонентов в обеспечении функционирования различных мышц.

Однако возникает вопрос – насколько по данным электромиографии можно судить об эффективности функции мышечного аппарата прямой кишки и соответственно об обеспечении держания каловых масс?

До настоящего времени в оценке результатов лечения у большинства пациентов проводилась только клинически (исчезновение или уменьшение каломазания), что носило субъективный и неопределенный характер.

Целью этого исследования была оценка эффективности электростимуляции анальных сфинктеров с элементами биологической обратной связи, определенных с помощью сфинктероманометрии, которая напрямую характеризует силу сжатия сфинктеров. Подтвердив с помощью сфинктероманометрии положительный результат от электростимуляции с БОС, мы тем самым доказали бы и достоверность электромиографии как метода исследования.

Материал и методы

Для измерения давления в прямой кишке нами было изготовлено устройство для сфинктероманометрии. Интубационная трубка модифицирована таким образом, что на её конце располагаются два раздуваемых латексных

Оригинальные научные публикации

баллончика. С каждым латексным баллончиком посредством трёхканального крана соединена трубка от капельницы, вертикально укрепленная на складной линейке. Линейка подвешивается на штатив, при этом её нулевой уровень устанавливается в одной плоскости с анальным отверстием пациента. Интубационная трубка вставляется в анальное отверстие пациента, при этом проксимальный баллончик устанавливается на уровне внутреннего анального сфинктера (ВАС), а дистальный выполняет роль фиксатора. Затем с помощью двух шприцев через трёхканальные краны в каждый баллончик вводится по 10 мл воды. После этого переводится в новое положение трёхканальный кран из системы проксимального баллончика, вода из баллончика выдавливается и поступает вверх по трубке. Высота подъёма столбика жидкости в трубке соответствует давлению анальных сфинктеров, выраженному в мм вод. ст. Использование воды для заполнения латексных баллончиков позволило нам уменьшить цену деления по сравнению с мм рт. ст. (1 мм рт. ст. = 13,6 мм вод. ст.) и тем самым повысить точность измерения.

При этом нами регистрировались 4 параметра:

- а) давление в покое;
- б) давление при произвольном сокращении;
- в) волевое удержание (давление, создаваемое анальными сфинктерами при произвольном сжатии с целью воспрепятствовать извлечению из прямой кишки заполненной водой латексного баллончика);
- г) ректально ингибиторный рефлекс: помощью шприца Жане в прямую кишку вводилось 50 мл. воздуха.

С помощью устройства нами было обследовано 27 детей в возрасте от 6 до 15 лет. Среди них было 17 мальчиков и 10 девочек. Причинами недержания кала были: у 14-х детей – функциональный мегаколон, у 5-х – состояние после хирургического лечения болезни Гиршпрунга и у 8-х – состояние после оперативного лечения аноректальных пороков развития. Всем детям проводился курс электростимуляции анальных сфинктеров с компонентом биологической обратной связи, состоящий из 10 сеансов. До первого и после последнего сеанса проводили сфинктероманометрию.

Лечение проводилось комплексом оборудования для биологической обратной связи, которое включает в себя БОС-прибор «Стимбос», компьютер с программным обеспечением и набор ректальных датчиков. Поводился курс терапии с биологической обратной связью 10–15 сеансов по 10–20 минут ежедневно с перерывами на выходные дни. Начинаем лечение у детей, старше 5 лет. Дети младшего возраста негативно относятся к процедуре, из-за страха перед манипуляцией (введения инородного тела в ампулу прямой кишки). С детьми старше 5 лет проводится разъяснительная беседа в игровой форме и после этого начинается сеанс электростимуляции, так как при манипуляции возникают незначительные болевые ощущения.

Суть метода лечения проктологических пациентов методом БОС сводится к постановке пациенту задачи по сокращению и удержанию напряжения наружного сфинктера прямой кишки в заданном режиме, регистрации с помощью БОС-прибора его электромиограммы при выполнении задачи (с помощью ректального ЭМГ-датчика) и вывод информации о правильности выполнения упражнения (реальная миограмма) на компьютер в виде графика (для взрослых) либо в игровой форме (для детей). Возврат пациенту информации о правильности выполнения задачи позволяет ему сознательно корректировать силу и длительность сокращения мышцы, что, во-первых, намного по-

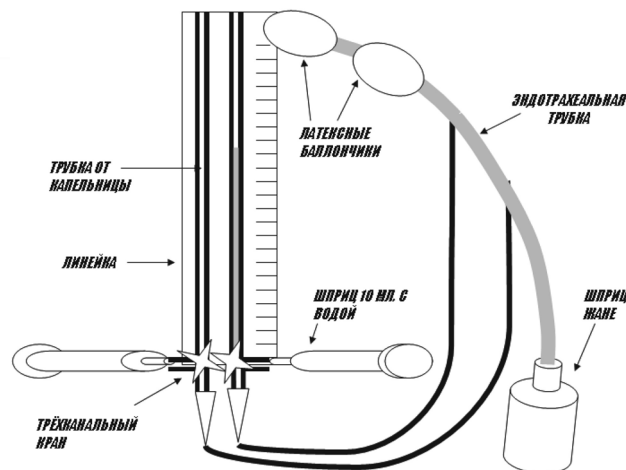


Рис. 1. Устройство для сфинктероманометрии

вышает эффективность тренировки наружного сфинктера, а во-вторых, позволяет восстановить кортико-висцеральные пути, отвечающие за функцию удержания кишечного содержимого. Принимающим и передающим устройством является ректальный электрод.

Результаты и обсуждение

В 2002–2014 гг. на стационарном лечении с диагнозом каломазание в ДХЦ находилось 82 пациентов. Из них 40 (48,2%) мальчиков, 42 (51,8%) девочек. Возраст пациентов от 1 до 16 лет. Были выделены 3 группы пациентов: 1. Дети с функциональным мегаколомом, т. е. без оперативного вмешательства в области анальных сфинктеров, страдающих каломазанием на фоне упорных запоров. 2 Дети после хирургического лечения по поводу болезни Гиршпрунга. 3. Дети после хирургической коррекции аноректальных аномалий.

Таким образом, пациенты 2 и 3 групп до поступления в стационар перенесли операции по поводу разных видов аноректальной патологии. Основными жалобами родителей было недержание кала у ребенка (60%) и каломазание (40%).

Задачами лечения являются нормализация кишечного транзита, установление рефлекса на дефекацию. Успешность решения данных проблем определяется как уровнем и качеством хирургического восстановительного лечения, так и применением различных видов физиотерапевтического воздействия. Для повышения эффективности лечения в настоящее время применяются электростимуляционные методики. Традиционные методы стимуляции (импульсными токами различной формы, диадинамическими токами, синусоидальными амплитудно и частотно модулированными токами) не решают в достаточной мере задачу реабилитации данной группы пациентов. Наиболее целесообразно использование внутрикишечной (ректальной) стимуляции. На протяжении 10 лет для лечения данной группы пациентов нами использовался аппарат для ректальной стимуляции (Electronic incontinence stimulation «EIC 5000») фирмы «Dr. Rowedder biomedizinische Geräte», Германия.

Ранее нами анализировался опыт использования электромиографии для оценки результатов лечения [1, 3]. По данным этого метода исследования, после курса электростимуляции происходит нормализация электрической активности сфинктеров. По нашим данным, электростимуляция анальных сфинктеров оказалась эффективной в 85,7% случаев. В ряде публикаций последних лет сообщается о до-

статочной высокой эффективности этого метода лечения – от 60 до 100% в исследуемых группах. Таким образом, полученные нами данные полностью согласуются с литературными.

При практическом использовании электростимуляции с биологической обратной связью пациенту вводился специальный двухканальный ректальный электрод. Ребенку в форме игры ставили задачу по сокращению и удержанию напряжения наружного сфинктера прямой кишки в заданном режиме. В режиме реального времени проводилась регистрация его электромиограммы при выполнении поставленной задачи (с помощью ректального ЭМГ-датчика). Для визуализации осуществлялся вывод информации о правильности выполнения упражнения на компьютер в виде графика (для взрослых) либо в игровом виде (для детей). Возврат пациенту информации о правильности выполнения задачи позволяет ему сознательно корректировать силу и длительность сокращения мышцы, что, во-первых, намного повышает эффективность тренировки наружного сфинктера, а во-вторых, позволяет восстановить кортико-висцеральные пути, отвечающие за функцию удержания кишечного содержимого.

Эффективность проведения данного метода лечения контролируется с помощью электромиографии. При поверхностной ЭМГ отмечается сократительная функция наружного анального сфинктера. Средняя амплитуда была равна 300 ± 59 мкВ.

Во время проведения процедуры электростимуляции m. Sphincter ani externus прослеживается постепенное увеличение биоэлектрической активности стимулируемой мышцы (т. е. ее интерференционной ЭМГ) с достижением максимальной амплитуды после 15 минут стимуляции. Турно-амплитудный анализ достоверно подтвердил эффективность процедуры.

С помощью сфинктероманометрии определялись объективные функциональные показатели состояния мышц наружного анального комплекса до выполнения первой процедуры и после окончания курса. Полученные данные представлены в таблице 1.

После определения трёх вышеописанных параметров с помощью шприца Жане в прямую кишку вводилось 50 мл воздуха. При этом у 3-х детей с функциональным мегаколомом наблюдался положительный ректоанальный рефлекс: вначале повышение давления, вызванное сокращением наружного анального сфинктера, затем падение давления, вызванное расслаблением внутреннего анального сфинктера, и возвращение его к базальному уровню. У детей с другими заболеваниями реакция внутреннего на введение воздуха отсутствовала.

По нашим данным, электростимуляция анальных сфинктеров оказалась эффективной в 85,7% случаев. В ряде

публикаций последних лет сообщается о достаточно высокой эффективности этого метода лечения – от 60 до 100% в исследуемых группах [2, 4, 5, 7, 9]. Таким образом, полученные нами данные полностью согласуются с литературными.

По данным литературы, у здоровых детей давление сфинктеров в покое равно $387,6 \pm 13,7$ мм вод. ст., а давление при произвольном сокращении – $731,7 \pm 39,4$ мм вод. ст. [4]. Таким образом, у обследованных нами детей эти показатели были ниже нормы. После сеанса электростимуляции они несколько увеличились, но нормальных значений не достигали.

В процессе проведения исследований обработке и анализу подверглись так же электромиограммы, полученные в клинических условиях с использованием разработанного авторами многофункционального комплекса [2, 9, 10], адаптированного для спектральной обработки нелинейных сигналов, отображающих биопотенциалы мышц.

Во время произвольного сокращения сигнал электрической мышечной активности с электродов, подключенных к пациенту, поступает через усилитель и аналого-цифровой преобразователь (АЦП) в персональный компьютер и подвергается спектральной обработке. Сигнал ЭМГ, проходя через усилитель, непрерывно оцифровывается с частотой 48000 Гц с разрядностью 16 бит. В качестве аналого-цифрового преобразователя (АЦП) использован внешний модуль «SB Live! 24-bit», подключенный к ПК по интерфейсу USB [11, 12]. Модуль обеспечивает отношение сигнал/шум 92,5 дБ, гармонические искажения не более 0,007%, позволяет производить оцифровку сигнала по двум каналам с частотой до 96 КГц при разрядности 24 бита [7]. Для записи и обработки сигнала ЭМГ использован программный комплекс SpectraPRO v 3.32.17 [4]. Данный программный комплекс обеспечивает двухканальную запись сигналов и их спектральную обработку. Имеется возможность применения различных фильтров, выбора размера БПФ, выбора окна для БПФ, усреднения результатов, вычисления спектра отношения двух сигналов, выбора перекрытия окон и других параметров [12].

Спектральная обработка проводилась в режиме реального времени, при этом пациенты на экране монитора оценивали представленную в иллюстративной цветной форме силу сокращений мышц, их спектр и/или спектрограмму. Сигнал ЭМГ, регистрируемый у пациентов, имеет вид, представленный на рис. 2, а. Спектр сигнала, вычисляемый с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ), показан на рис. 2, б. На рис. 2, в. представлена спектрограмма сигнала ЭМГ, записанного в течение 4-х секунд. Пациент по команде врача производил сокращение мышц анального сфинктера, удерживание мышцы в сокращенном состоянии, и расслабление мышцы. На спектрограмме по оси абсцисс указано время в секундах, по оси ординат –

Таблица 1. Показатели давления анальных сфинктеров до электростимуляции

Параметры	1 группа	2 группа	3 группа
Давление в покое (мм вод. ст.)	$125,00 \pm 24,71$	$111,71 \pm 35,10$	$100,7 \pm 26,41$
Давление при произвольном сокращении (мм вод. ст.)	$208,86 \pm 26,90$	$206,14 \pm 52,74$	$178,13 \pm 32,74$
Волевое удержание (мм вод. ст.)	$315,50 \pm 90,52$	$275,75 \pm 41,55$	$228,14 \pm 52,74$

Таблица 2. Показатели давления анальных сфинктеров после электростимуляции

Параметры	1 группа	2 группа	3 группа
Давление в покое (мм вод. ст.)	$178,0 \pm 45,8$	$167,16 \pm 23,6$	$140,7 \pm 34,44$
Давление при произвольном сокращении (мм вод. ст.)	$216,34 \pm 26,90$	$210,48 \pm 23,74$	$154,13 \pm 22,54$
Волевое удержание (мм вод. ст.)	$334,4 \pm 40,23$	$287,8 \pm 38,49$	$276,14 \pm 48,43$

Оригинальные научные публикации

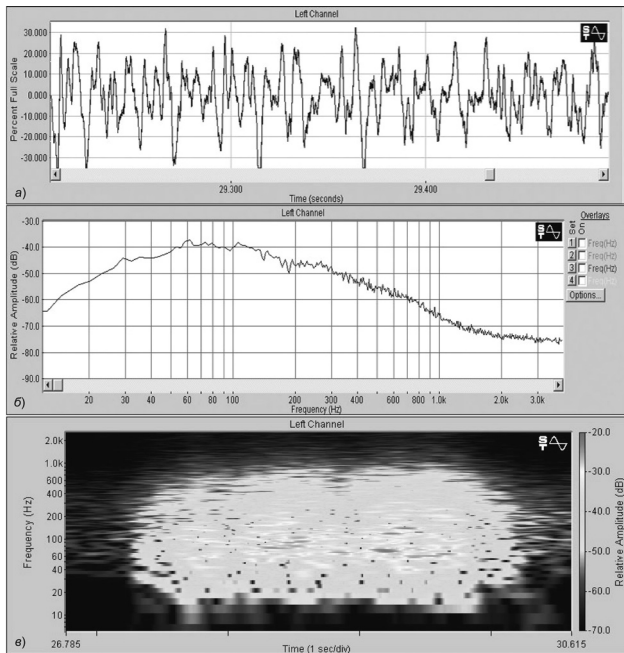


Рис. 2. Примеры сигналов электромиограмм пациентов с различными нарушениями функции сфинктеров прямой кишки: а – временное представление сигнала ЭМГ, б – спектр сигнала ЭМГ, в – спектрограмма сигнала ЭМГ

частота (Гц), цвет указывает на уровень сигнала на данной частоте. Шкала соответствия цвета уровню сигнала приведена в правой части рисунка (по мере увеличения сигнала цвет изменяется от темно-синего синего (внизу, -70 dB) до красного (вверху, -20 dB), в статье приведен черно-белый вариант).

Как следует из анализа спектра на рис. 2, в, при сокращениях мышц наиболее высокий уровень сигнала ЭМГ наблюдается на частотах от 50 до 150 Гц. Результаты исследований (полученные спектрограммы) позволили оценить изменение состояния мышечного комплекса в процессе курса лечения.

Также исследования показали, что использование спектрограмм для анализа процесса сокращения мышц анальных сфинктеров позволяет оценить особенности сигнала ЭМГ на протяжении всего цикла сокращения (произвольное сокращение, удержание в сокращенном состоянии, расслабление), что важно для реальной оценки динамики процесса.

На рис. 3 приведены примеры спектрограмм ЭМГ пациентов с различными нарушениями функции сфинктеров прямой кишки. Показаны по 2 цикла «сокращение-расслабление», каждый длительностью около 4-х секунд. На рис. 3, а приведен пример спектрограмм сокращений мышц анального сфинктера пациентом с функциональным мегаколон, т. е. без органического повреждения сфинктера. Начало сокращения хорошо выражено, затем амплитуда сокращения уменьшается, о чем свидетельствует уменьшение частот верхней и нижней границ спектра. Расслабление мышц также заметно выражено. На рис. 3, б показана спектрограмма пациента после операции по поводу болезни Гиршпрунга (аганглиоза толстой кишки). Явно выражено начало сокращения, наблюдается весьма сильная амплитуда сигнала в области низких частот в момент начала сокращения и начала расслабления мышц. Во время удержания мышц в сокращенном состоянии амплитуда падает, наблюдаются спастические колебания уровня. Расслабление мышц прослеживается хорошо, о чем свиде-

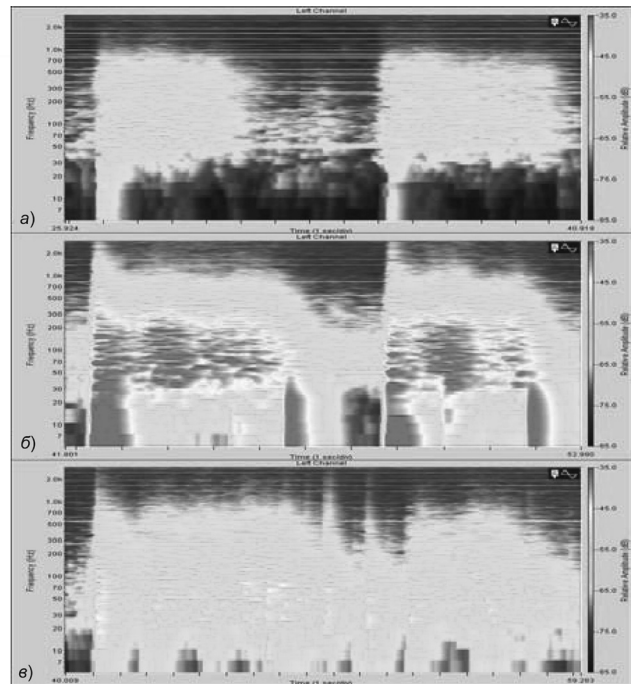


Рис. 3. Спектрограммы ЭМГ пациентов: а – функциональный мегаколон, б – болезнь Гиршпрунга, в – атрезия прямой кишки

тельствует малая амплитуда колебаний в межсократительный период. На рис. 3, в приведен пример спектрограммы пациента после операции по поводу атрезии прямой кишки. Сокращение носит спастический характер, отсутствует четкое начало сокращения. Во время «удержания» наблюдаются значительные колебания верхней и нижней границ спектра, а также амплитуды, что свидетельствует о невозможности пациента контролировать усилие на одном уровне. На этапе расслабления амплитуда спектра изменяется незначительно, что свидетельствует об отсутствии расслабления мышц. Развиваемое усилие характеризуется нестабильностью амплитуды и частотных границ спектра.

Следует отметить, что характер спектрограмм зависит от типа патологических изменений, а также от индивидуальных особенностей пациентов. На приведенных спектрограммах можно заметить, что при разных патологиях весь процесс сокращения мышц происходит с различными спектрами. Отличия наблюдаются на всех этапах: сокращение, удержание в сокращенном состоянии, а также расслабление мышц. В настоящее время ведется работа по выявлению особенностей видов спектрограмм и реальных физиологических параметров в нормальном состоянии и при различных патологических состояниях.

Как видно по результатам исследований, переход к частотно-временному представлению сигнала ЭМГ позволяет достаточно точно локализовать информативные особенности сигнала и по времени, и по частоте. Данное представление позволяет выделять на координатной оси и анализировать особенности биомедицинских сигналов, таких как ЭМГ, то есть оптимизировать процесс обработки ЭМГ в реальном масштабе времени.

Положительные результаты отмечены у 31 больного (86%). К положительным результатам мы отнесли либо полную ремиссию заболевания, либо достоверное снижение частоты эпизодов недержания, при которой пациенты удовлетворены качеством своей жизни после лечения.

Отдаленные результаты (6 мес. – 8 мес.) прослежены у 34 пациентов. У 12 пациентов лечебный эффект стойкий, у остальных отмечен рецидив через 2 месяца после

окончания лечения. Это указывает на необходимости дальнейшего совершенствования данного метода лечения.

Применение технологий БОС сокращает сроки реабилитации в 2–2,5 раза, снижает медикаментозную нагрузку в 1,5–2 раза, эффективно включает резервы человеческого организма и совершенствует механизмы саморегуляции. Широкому внедрению метода БОС в медицинскую практику способствует также организация и активная деятельность ассоциаций и обществ БОС в странах Европы, США, Канада и т. д. [6].

Для пациентов со вновь сформированным анальным каналом аргументом в пользу ректальной стимуляции с биологической обратной связью является так называемый рефлекс «мозговой дефекации». Чем осознаннее используется мускулатура наружных анальных сфинктеров, тем быстрее могут быть сформированы, и синапсы и нейронные сети, что может увеличить шанс нормальной или почти нормальной функции.

Проведенные исследования показали, что метод оценки спектрограмм ЭМГ дает возможность объективно анализировать биоэлектрические сигналы, отображающие процессы функционирования двигательных систем организма. Полученные результаты позволяют конкретизировать характер патологических изменений в нервно-мышечной ткани. Таким образом, данный метод может быть применен в реальном масштабе времени для экспресс-диагностики заболеваний, сопровождающихся нарушением контроля произвольных и тонических сокращений мышц сфинктеров. Кроме того, визуализация результатов исследований в виде спектрограмм позволяет использовать данный метод в системах с биологической обратной связью.

Выводы

1. Диагностическая корреляция (соответствие) между аноректальной манометрией и электромиографией высока и таким образом электромиография точно определяет анальную дисфункцию анального обструкции структурной патологии как причины обструктивной дефекации.

2. Метод биологической обратной связи является неинвазивным, дешевым и практически не имеет абсолютных противопоказаний к использованию. Относительное противопоказание – неспособность пациента понять задание, страх перед манипуляцией, что определяется возрастом ребенка.

3. Лечебный эффект метода БОС основан на восстановлении кортико-висцеральных связей, отвечающих за функцию удержания.

4. Учитывая хорошие результаты лечения, можно рекомендовать комплексную терапию методами БОС и электростимуляции как метод выбора при лечении пациентов идиопатическим недержанием кала всех степеней.

Литература

1. Degtiarev, Y. A soft warecontrolled complex for electrostimulation in the treatment of rectal disease / Y. Degtiarev, V. Averin, A. Osipov // Adv. Clinical Experimental Medicine. – 2003. – Vol. 12. [XI Congress of Polish Association of Pediatrics Surgeons, Wroclaw, Poland]. – P. 139.

2. Osipov, A. N., Y. Dzehtsiarou, Bondarik V. M. A software-controlled complex for electromyostimulation in treatment of rectal diseases. Transport and Engineering. – Riga, 2002. – Ser. 6, vol. 9. – P. 81–83.

3. Novitiskaya, S., Dzehtsiarou Y. Biological feedback method in rehabilitation children with anorectal pathology // Abstracts The 12th Conference of the Baltic Association of Pediatric Surgeons. – Riga, 2012. – P. 151.

4. SpectraPRO manual [Electronic resource] / Sound Technology info Center – Mode of access <http://www.soundtechnology.com/SpectraSlide.html>. – Date of access: 09.11.2008.

5. Wavelets and self – organising maps in electromyogram (EMG) analysis / Moshou D. [et al.] // Katholieke Universiteit Leuven. – Heverlee. – Belgium. – 2000.

6. Trajanovska, M, Catto-Smith AG. Quality of life measures for fecal incontinence and their use in children. J. Gastroenterol Hepatol. 2005 Jun;20(6):919–28.

7. Сидоренко, А. В. Нелинейный анализ электромиограмм на основе вейвлет-преобразования / А. В. Сидоренко, А. П. Селицкий // Доклады БГУИР. – 2008. – № 2 (32). – С. 12–18.

8. Осипов, А. Н., В. М. Бондарик, Ю. Г. Дегтярев, А. П. Ключев. Программно-управляемый комплекс электромиостимуляции для лечения заболеваний прямой кишки Мед. техника. – 2002. – № 6. – С. 11–14.

9. Осипов, А. Н., Ю. Г. Дегтярев, В. М. Бондарик, А. М. Адамович. Аппаратно-программный комплекс с биотехнической обратной связью для электромиостимуляции прямой кишки и анальных сфинктеров Elektronika ir Elektrotehnika. – 2002. – № 2 (37). – С. 18–22.

10. Осипов, А. Н., Ю. Г. Дегтярев, В. М. Бондарик, А. П. Клюев. Плата универсального многоканального электронейростимулятора // Известия Белорусской инженерной академии. – 2001. – № 1 (11)/3. – С. 153, 154.

11. Кузнецов, Р. «Техническое описание и тестирование карты Live! 24-bit» / Кузнецов Р., Лядов М. [Электронный ресурс]. – 2004. – Режим доступа: <http://www.ixbt.com/multimedia/creative-live!24bit.shtml>. – Дата доступа: 17.10.2008

12. Павлейно, М. А. Спектральные преобразования в MatLab. / Павлейно М. А., Ромаданов В. М. – СПб., 2007. – С. 160.