

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ НАРУШЕНИЙ ПОЗЫ И РАВНОВЕСИЯ

С.А. Лихачев, В.В. Ващилин, И.С. Гурский, И.П. Марьенко

ГУ «РНПЦ неврологии и нейрохирургии» ул. Ф. Скорины, 24, г. Минск, Беларусь, isgour@mail.ru

The objective of the research was to develop hardware and software complex which provides biofeedback for correction of posture and balance disorders, using videomotion analysis to measure body movements. The developed complex provides visual feedback to the patient about the posture by means of interactively displaying label on the screen, position of which depends on body shift and/or inclination. The patient is instructed to align the label with the moving target. The developed biofeedback method is well tolerated and may be used in treatment of different neurological and orthopedic diseases.

Метод биологической обратной связи (БОС) применяется в комплексе реабилитационных мероприятий при ряде заболеваний: нарушениях мозгового кровообращения, посттравматическом стрессовом расстройстве, болевых синдромах, и др. БОС основана на представлении пациенту в наглядной форме информации о состоянии функций его организма, что позволяет улучшить их произвольный контроль, разрушить патологические и сформировать правильные паттерны функционирования систем организма.

Частными случаями БОС является представление пациенту информации о состоянии системы равновесия и его позы, что применяется, в частности, при вертеброгенных болевых синдромах (для коррекции мышечно-тонических нарушений) и при нарушениях равновесия (нарушения мозгового кровообращения, дегенеративные заболевания ЦНС и др.), а также для тренировки здоровых лиц, профессиональная деятельность которых предъявляет повышенные требования к координации движений и равновесию. Известен метод стабилотрии, при котором источником сигнала БОС служит стабилотрапеза, измеряющая положение центра давления, оказываемого на неё телом пациента.

Методы наглядного представления стабилотрапезического сигнала включают, к примеру, отображение перемещения центра масс в виде передвижения отметки на экране, которую требуется совместить с движением эталонной отметки; подачу звуковых сигналов при отклонении центра давления на расстояние большее заданного; различные видеоигры, в которых управление осуществляется перемещением центра давления, и др.

Стабилотрапеза обеспечивает точное измерение положения центра давления пациента в режиме реального времени с минимальной латентностью. К недостаткам можно отнести необходимость приобретения специального оборудования (стабилотрапеза) и невозможность определения позы пациента (определяется только положение центра давления).

Целью работы явилась разработка аппаратно-программного комплекса, который позволит осуществлять БОС для коррекции нарушений позы и равновесия, с использованием в качестве источника сигнала БОС данных видеорегистрации движений тела пациента.

Разработанный аппаратно-программный комплекс осуществляет регистрацию движений пациента в режиме реального времени и состоит из цифровой видеокамеры, подключенной к компьютеру через интерфейс USB, а также закреплённых над определёнными анатомическими ориентирами маркеров в виде цветных сфер. Данные с видеокамеры снимаются при помощи соответствующего драйвера видеокамеры и программы mencoder или FFmpeg, которая через программный канал передаёт данные для дальнейшей обработки в авторскую программу обработки видеоизображений (ПОВ) [1]. ПОВ, определяя координаты центров маркеров на поступающих в неё видеокадрах, в

реальном времени выводит на экран компьютера наглядную информацию для пациента о положении его тела.

Алгоритм обработки видеоизображений в ПОВ дополнен возможностью проводить измерения с увеличенным масштабом области поиска маркера, что ослабляет влияние дискретности изображения, за счёт уменьшения ошибки цены деления с 1 пикселя до 0.5. Важным усовершенствованием является использование алгоритма поиска оптимума, требующего меньше времени на вычисления: сначала, при наличии возможности, проводится перебор параметров (положения центра маркера и его радиуса) с шагом в несколько пикселей (2 или 4, в зависимости от минимального радиуса маркера). При отсутствии такой возможности (минимальный радиус маркера 3 пикселя и менее), проводится перебор параметров с шагом в 1 пиксель. Затем проводится перебор параметров вблизи от полученных на предыдущем этапе с последовательно уменьшающимся шагом, вплоть до субпиксельного уровня (расчёт по увеличенному в несколько раз фрагменту изображения).

Полученные значения координат центров маркеров передаются алгоритму формирования наглядной диаграммы для осуществления БОС. Диаграмма включает две отметки разного цвета, одна из которых характеризует положение тела пациента, а другая (мишень), перемещаясь по экрану, указывает пациенту, какие он должен совершать движения. В ходе тестирования предыдущих версий программы выяснено, что колебания измеренных координат центров маркеров за счёт случайных погрешностей вызывают соответствующие колебания отметки на предъявляемой пациенту диаграмме, создавая существенный дискомфорт. В связи с этим программа дополнена функцией сглаживания полученных значений координат с возможностью выбора постоянной времени.

Для осуществления тренировки поддержания вертикальной позы цветные маркеры закрепляют на передней поверхности туловища пациента в области передней брюшной стенки по средней линии и в области плечевых суставов, цифровую камеру располагают спереди от пациента. Отметка на экране смещается в соответствии с перемещениями туловища пациента: вправо и влево – при перемещении маркера на брюшной стенке вправо и влево; вверх – при смещении туловища кпереди; вниз – при смещении туловища кзади.

Координата x отметки на экране в зависимости от положения маркера над передней брюшной стенкой рассчитывается по формуле:

$$x = x_0 - F_x * (X - X_0) , \quad (1)$$

где x_0 – координата центра экрана, F_x – задаваемый врачом масштаб, X – текущее положение центра маркера на кадре (после сглаживания), X_0 – положение центра маркера на кадре в момент начала выполнения тренировки.

Координата y отметки на экране в зависимости от расстояния между центрами маркеров над плечевыми суставами рассчитывается по формуле:

$$y = y_0 - F_y * (d - d_0) , \quad (2)$$

где y_0 – координата центра экрана, F_y – задаваемый врачом масштаб, d – текущее расстояние между центрами маркеров на кадре (после сглаживания), d_0 – расстояние между центрами маркеров на кадре в момент начала выполнения тренировки.

Координаты мишени, с которой пациент должен совместить свою отметку, изменяются по синусоидальному закону с настраиваемой частотой и амплитудой, при этом частота изменения координаты y в 2 раза выше, чем координаты x ; удобная для пациента частота изменения координаты x составляет ориентировочно 0.05 Гц. Продолжительность сеанса тренировки – около 5 минут.

Для осуществления тренировки выполнения наклонов вперёд, назад, вправо и влево с избеганием комбинированных движений (например, наклона вперёд-вправо, наклона вперёд в сочетании с поворотом, и т.п.) используется другой вариант БОС, в котором координата x отметки на экране в зависимости от положения маркера над передней брюшной стенкой рассчитывается по другой формуле:

$$x = x_0 + F_x * \alpha , \quad (3)$$

где x_0 – координата центра экрана, F_x – задаваемый врачом масштаб, α – угол между прямой, проходящей через центры маркеров над плечевыми суставами в настоящий момент времени, и прямой, проходившей через центры этих маркеров в момент начала тренировки.

Координата y отметки на экране вычисляется по формуле (2). При этом мишень совершает колебательные движения заданной частоты (обычно около 0.05 Гц) в вертикальной и горизонтальной плоскостях попеременно, координата изменяется по синусоидальному закону. Продолжительность сеанса тренировки – около 5 минут.

Благодаря данному наглядному представлению позы пациента, самым простым способом совместить отметку на экране с мишенью оказывается выполнение «чистых» наклонов вперёд, назад, вправо и влево.

Описанные методики тренировок с использованием аппаратно-программного комплекса биологической обратной связи хорошо переносятся пациентами и могут быть использованы в составе комплекса реабилитационных мероприятий у пациентов с различными заболеваниями нервной системы и опорно-двигательного аппарата.

Литература

1. Лихачёв С.А. Метод оценки биомеханики поясничного отдела позвоночника с помощью видеоанализа в режиме реального времени / С.А. Лихачев, В.В. Ващилин, И.С. Гурский, И.П. Марьенко // Медэлектроника-2014. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии: Сборник научных статей. – Минск: БГУИР, 2014. - С. 243-246.

ВОЗМОЖНОСТИ ВЫСОКОПОЛЬНОГО МРТ В ДИАГНОСТИКЕ НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

*С.А. Лихачев, И.П. Марьенко, Ю.Н. Рушкевич, С.Л. Куликова,
А.И. Антоненко, Д.В. Науменко*

РНПЦ неврологии и нейрохирургии, ул. Ф. Скорины, 24, РНПЦ НУН, 220114, Минск, Беларусь; E-mail: slihachev@tut.by, ninh@mail.ru

In this work we present the capabilities of high-field (3 T) MRI in the diagnosis of nervous system diseases. We describe techniques and MRI sequences, and present MRI signs of such diseases as neurovascular conflict, amyotrophic lateral sclerosis and inflammatory cranial neuropathy.

С применением МРТ высокой мощности (3 и более Тесла) появились новые возможности в диагностике ряда неврологических заболеваний. И хотя для ряда болезней данные МРТ-исследования не являются критерием постановки диагноза, однако его использование позволяет удостовериться в верности установленного диагноза.

Сосудисто-нервный конфликт представляет собой компрессию уязвимого безмиелинового участка корешка черепного нерва, расположенного у входа в мост, каким-либо близко расположенным сосудом. Развитие патологической активности черепного нерва при невровазкулярном конфликте связано с механическим воздействием пульсирующего сосуда и дальнейшим распространением импульсации по ходу