Скубак П.Г., Гурин И.В.
Применение ЭМГ в реабилитационной робототехнике

*Донской государственный технический университет
(Россия, Ростов-на-Дону)*

doi: 10.18411/sr-10-12-2018-12

idsp: sciencerussia-10-12-2018-12

Аннотация

В данной статье рассмотрен электромиографический метод получения информации об активности мышц. Также приведены примеры применения электромиографии в роботизированной реабилитации и описаны современные реабилитационные аппараты, использующие эту технологию.

Ключевые слова: Электромиография, робототехника, реабилитация.

Что такое ЭМГ

Электромиография - метод электрофизиологической диагностики поражений нервно-мышечной системы, состоящий в регистрации электрической активности (биопотенциалов) скелетных мышц. Позволяет исследовать функциональное состояние мышцы при различных физиологических и патологических изменениях, а также получить информацию о состоянии и сохранности иннервации на различных уровнях. Кроме того, электромиографию широко используют для изучения различных рефлекторных реакций в физиологии двигательных систем организма, в патофизиологии периферического нейромоторного аппарата, в функциональной диагностике болезней периферических нервов и мышц, нарушений нервно-мышечной передачи, при изучении трудовых процессов, механизмов утомления, в спортивной, космической и авиационной медицине.

Начало изучения электрических явлений в мышцах связано с работами Н. Е. Введенского (1884). Первая регистрация электромиограммы с помощью струнного гальванометра и ее описание сделаны Пипером (Н. Е. Piper, 1907), однако стремительное развитие метода и его широкое внедрение в клин. практику связаны с разработкой игольчатого электрода, значительно расширившего возможности использования электромиографии.

Биопотенциалы мышц усиливаются и регистрируются с помощью электромиографа. Современный электромиограф представляет собой сложное устройство, состоящее из электродов для снятия биопотенциалов мышц, усилительного блока, осциллоскопа, фоторегистратора для записи электромиограммы (ЭМГ) на фотобумаге.

Методы ЭМГ

Электронейромиография

ЭНМГ - это комплекс методов оценки функционального состояния нервно-мышечной системы, основанный на регистрации и качественно-количественном анализе различных видов электрической активности нервов и мышц.

Стимуляционные методы ЭМГ

В настоящее время в клинической практики наиболее распространён метод стимуляционной миографии. Стимуляционная ЭМГ основана на анализе вызванных электрических ответов мышцы, полученных путем прямой или непрямой электрической стимуляции периферического нерва.

Неинвазивная ЭМГ

Поверхностная – регистрирует биоэлектрическую активность на обширном участке мышцы и проводится путем наложения электродов на кожу.

Инвазивная ЭМГ

Локальная – применяется для исследования работоспособности отдельных мышечных элементов. Для этого электроды в виде очень тонких игл вводятся непосредственно в мышцу.

Прием сигнала с ЭМГ

Функциональным элементом системы является двигательная единица (ДЕ). Данное понятие впервые было введено Шеррингтоном Х.С. (1925) и до сих пор является физиологической основой ЭМГ. Под двигательной единицей подразумевают комплекс, состоящий из двигательной клетки, ее аксона и группы мышечных волокон, иннервируемых этим аксоном.

При считывании сигнала с ЭМГ получают так называемый М-Ответ - суммарный потенциал мышечных волокон, регистрируемый с мышцы при стимуляции иннервирующего ее нерва одиночным стимулом. В норме он представляет собой двухфазную кривую: первая фаза отрицательная (направлена вверх), вторая положительная. При максимальной стимуляции в мышце гарантированно "отвечает" максимальное количество двигательных единиц. Поэтому М-ответ стабилен по своим параметрам, что отличает его от других волн.

Рассмотрим считывание сигнала в кибернетической системе на примере робота для поддержки движения верхней конечности. Пациент с помощью системы поддержки руки перемещает ложку из одной зоны в другую. Сигнал, который получает электромиограф представлен на рисунке 1:

Рисунок 1. Выведены такие параметры как угол локтя, угол удлинения пальца и значение каналов RMS 6 и RMS 13

Средние значения RMS при низком, среднем и высоком уровне импеданса (Электрический импеданс — комплексное сопротивление между двумя узлами цепи или двухполюсника) на рисунке 2 составляют 107%, 114% и 123% (a, b, c) что показывает о повышении нагрузки на механизм и снижении нагрузки на мышцы испытуемого. На рисунке 2 представлены графики, полученные, при подъеме 5-ти кг гантели, выполненные при использовании трех параметров постоянного импеданса (низкий, средний, высокий). Чем выше уровень импеданса, тем меньший сигнал считывает ЭМГ, так как прикладывается меньшая нагрузка для подъема гантели.

Рисунок 2. Графики изменения уровня импеданса

Применение в кибернетике.

Электромиограф принимает сигнал, идущий от мозга к конечности, и посредством считывания и усиления его, формирует электрический сигнал, который затем передает в систему робота. Так происходит активное или пассивное управление роботом.

Реабилитация верхних конечностей

Один из самых первых роботов для реабилитации верхних конечностей человека, был робот MIME (Mirror Image Motion Enabler), который использовал пассивные и активные движения для реабилитации верхних конечностей. Эта система использовала устройства для определения своего положения в пространстве.

Следующей ступенью развития роботов для реабилитации рук была роботизированная нейрореабилитационная система под названием MIT-MANUS. Он создавался для восстановления подвижности рук в таких направлениях, как: горизонтальное движение плечевого сустава, вертикальные движения плечевого сустава, сгиб в локтевом суставе, сжатие-разжатие кисти.

Реабилитация нижних конечностей

Развитие роботов для реабилитации нижних конечностей началось с изобретения робота для восстановления двигательной способности ног под названием PAM/POGO. Этот комплекс позволял совершать повторяющиеся движения для восстановления подвижности ног.

Следующей ступенью был робот LOPES, который мог помимо обычных повторяющихся упражнений производить считывание своего положения и нагрузки, которая производится на ногу, а также изменять темп ходьбы, длину шага и всё это записывать, а затем улучшать свои движения (система feedback).

Один из новейших роботов для реабилитации нижних конечностей – LokomatPro. Данный экзоскелетный роботизированный комплекс совмещает в себе локомоторную терапию, объективную оценку состояния пациента с помощью расширенных инструментов обратной связи и виртуальной реальности. Данный комплекс также может

использоваться для пациентов, находящихся в инвалидном кресле при помощи специальных фиксаторов.

Оценка программы тренировок производится с помощью системы Levi – системы разгрузки веса тела пациента, которая способствует созданию условий для более физиологической ходьбы и оптимальной сенсорной стимуляции. Также робот LocomatPro поддерживает модуль FreeD (модуль свободного перемещения таза), который позволяет осуществлять свободные перемещения таза пациента, имитируя боковые смещения, повороты таза и фазы переноса веса тела пациента с одной ноги на другую для воспроизведения естественной походки.

Новейшие разработки в области ЭМГ

СИСТЕМА ЭМГ/ВП VIKING EDX

Новейшая система ЭМГ **Nicolet EDX**. Американская компания Nicolet Biomedical вот уже 40 лет лидирует на мировом рынке медицинского оборудования для нейрофизиологической диагностики и мониторингирования функционального состояния нервной системы. Новый цифровой усилитель обеспечивает высокую скорость передачи данных при значительном снижении уровня аналоговых шумов.

Автоматизированные функции Nicolet EDX

Система отличается широким выбором множества гибко программируемых автоматических функций, организованных по клиническому принципу. Одним нажатием кнопки может быть загружен набор протоколов различных методик (ЭМГ, ВП, ЭНМГ), предназначенных для исследования какой-либо патологии. Так, например, можно загрузить автоматизированные тесты для диагностики: синдрома запястного канала, поражения плечевого сплетения, синдрома выхода из грудной клетки. Кроме того, предусмотрены широкие возможности для самостоятельного создания протоколов диагностики различных заболеваний.

Анатомическая база данных

Мощная обучающая и справочная система позволяет получать всеобъемлющую информацию в графическом и текстовом виде по отдельным мышцам и нервам, корешковой иннервации. С помощью гибкого интерфейса Вы можете легко настроить анатомическую базу данных под Ваши конкретные нужды. Вы можете выбрать систему нужной Вам конфигурации, включив в нее комбинацию необходимых методик для неврологии, отоларингологии/аудиологии, офтальмологии, эпилептологии психиатрии, реабилитации, реаниматологии, сосудистой хирургии, нейрохирургии, ортопедии.

Особенности Nicolet EDX:

- компактный базовый блок со встроенным электрическим и слуховым стимулятором;
- встроенный высококачественный динамик;
- подключение к нескольким стимуляторам и другим устройствам;
- 1 или 2 электрических стимулятора;
- зрительный стимулятор (опционально);
- количество активированных каналов усилителя от 2-х до 8;
- усовершенствованная технология включает усилители и АТ2 и АТ2 +6
- два различных по эргономике и функциональности электрических стимулятора.

Вывод

ЭМГ безусловно на данный момент является самым распространенным методом считывания нейронных импульсов и преобразования их в электрический сигнал. Данная технология используется для выявления множества нейронных заболеваний. Электромиография используется даже в роботах, с помощью неё можно преобразовывать нервный сигнал в электрических и управлять какой-либо системой посредством нервных

сигналов. При всей своей повсеместной распространённости данная система не идеально и у неё есть свои достоинства и недостатки.

Достоинства:

- ЭМГ является хорошо изученным и проверенным методом диагностики;
- не требует предварительной подготовки;
- может проводиться неоднократно;
- отсутствие сильных болей во время и после процедуры (процедура сопровождается легким покалыванием).

Недостатки:

- достаточно длительная процедура (от получаса до часа);
- диагностика достаточно информативна только в комплексе с иными обследованиями;
- при использовании игольчатых электродов возможны неприятные ощущения;
- противопоказано людям с нервными расстройствами и проблемами со свертываемостью крови (при игольчатой ЭМГ).

Данная система является знаковой для изучения периферического нейромоторного аппарата и медицины в целом.

1. Гехт Б.М. Теоретическая и клиническая электромиография. - Ленинград: Наука, 1990.-230с.
2. Модель эмг. Изучение принципов работы электромиографа.-Тула: ТУЛАНАУЧПРИБОР,2012.-59с.
3. Эрхан А. Разработка и контроль лечебного робота-тренажера для реабилитации нижних конечностей. - Турция:Мехатроника и инжиниринг,2011.-509с.

Смоленцева Т.Е.

Анализ поведения параметров, влияющих на функционирование сложных систем
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»
(Россия, Липецк)

doi: 10.18411/sr-10-12-2018-13

idsp: sciencerussia-10-12-2018-13

Аннотация

В работе рассмотрены параметры оказывающие влияние на поведение сложных организационных систем. Выявлены факторы, без учета которых невозможно корректно проводить оптимизацию структур организационных сложных систем. На основе выводов полученных при анализе рассмотренных вопросов проведена оценка процесса функционирования иерархических сложных систем.

Ключевые слова: уровень интенсивности функционирования, напряженность функционирования, иерархические многоуровневые организационные системы.

Для анализа функционирования и формирования структурных элементов рассматриваемых сложных систем необходимо:

- определить вид системы (организационные, экономические, технические);
- степень иерархичности системы;
- уровень масштабности задач;
- определить множество процедур, на основе которых осуществляется решение задач;
- время, требуемое на решение задач;
- объект воздействия (внешний, внутренний);
- на основе чего осуществляется формализация;