ВВЕДЕНИЕ

Современная медицина во многом опирается на точную и быструю диагностику. Поскольку легче предотвратить заболевание, чем лечить уже прогрессирующую патологию, возникает потребность в средствах и методах, позволяющих оценить состояние человека достаточно детально, но быстро и желательно без использования дорогостоящих инструментов.

С другой стороны, лабораторная диагностика – совокупность различных методов исследования состава тканей и жидкостей человеческого организма – хоть применяется повсеместно и имеет важнейшее значение в исследовании состояния здоровья человека, но в ряде случаев не дает полной картины и является довольно дорогой процедурой в силу необходимости использовать множество химических реактивов и лабораторного оборудования. В таких областях, как ортопедия, неврология и некоторых других предпочтение следует отдать функциональной диагностике – оценке качества выполнения системами организма своих функций.

Одним из активно развивающихся направлений функциональной диагностики сегодня является стабилометрия или стабилография – неинвазивный метод исследования функций поддержания равновесия тела на основе анализа изменения координат проекции общего центра масс тела на плоскость и колебаний этого центра масс. На основании данных, полученных стабилометрическими методами, специалист может оценить работу нервной системы пациента, дать рекомендации относительно дальнейшего медицинского обследования и даже охарактеризовать психическое состояние человека.

Наиболее распространенным стабилометрическим инструментом является стабилоплатформа – устройство, фиксирующее изменения координат центров масс во времени. Однако их использование сопряжено с рядом ограничений, как то возможность оценки лишь общего функционального состояния ЦНС человека ввиду взаимодействия стабилоплатформы с относительно небольшими участками нижних конечностей человеческого тела.

Как развитие данной технологии, кафедрой анатомии и физиологии человека Московского педагогического государственного университета совместно с ЗАО "ОКБ "РИТМ" был разработан аппаратно-программный комплекс «Многофункциональное кресло», позволяющий детектировать мышечный тремор во всех крупных мышечных группах тела человека в отдельности. В настоящее время, данный АПК эксплуатируется в связке с произведенными тем же закрытым акционерным обществом программным обеспечением «StabMed».

Работа в связке «Многофункционального кресла» и упомянутых устройств и ПО имеет ряд недостатков: «StabMed» разработан для использования прежде всего с классическими стабилоплатформами, что является причиной невозможности использования технических возможностей АПК в полной мере, а анализ получаемых при помощи «кресла» данных, исходя из специфики их источника, приходится осуществлять сторонними средствами, для этого не предназначенными.

Целью данной работы является выявление потребностей специалистов-физиологов в области интерпретации стабилографических измерений, определение требований к инструменту, который бы позволил осуществлять эту интерпретацию и разработка такого инструмента в виде автоматизированной системы и графическим интерфейсом, ориентированным на работу с указанным выше АПК.

В соответствии с целями работа над автоматизированной системой была разделена на несколько этапов, были решены следующие задачи:

- анализ библиографических источников по теме стабилометрии для теоретической проработки методов обработки и визуализации данных;

- сбор и обработка данных стабилографических измерений при помощи АПК «Многофункциональное кресло»;

- сбор и анализ требований, предъявляемых специалистами, использующими АПК «Многофункциональное кресло» к системе обработки стабилограмм;

- определение методов получения, хранения, обработки и визуализации данных, получаемых с АПК «многофункциональное кресло»;

- разработка технического задания на создание описанной автоматизированной системы и тестов для проверки реализации требований к ней;

- разработка программной реализации автоматизированной системы с графическим интерфейсом;

- тестирование разработанной системы с использованием АПК «Многофункциональное кресло».

В настоящий момент указанный аппаратно-программный комплекс активно используется в исследованиях, проводимых в Московском педагогическом государственном университете, а также реализуется на розничном рынке ЗАО «ОКБ «РИТМ», что обусловило актуальность работы. Здесь же стоит отметить, что не так давно стабилометрия как вид медицинской услуги была включена в российский стандарт оказания медицинской помощи [1]. В то же время новизна данной работы обусловлена отсутствием, как уже указывалось ранее, специализированных инструментов обработки стабилографических измерений для АПК «Многофункциональное кресло».

ГЛАВА 1

Анализ предметной области

Для понимания специфики данных, с которыми будет работать разрабатываемая автоматизированная система, следует рассмотреть биологическую природу явлений, связанных с поддержанием равновесия.

Явления, связанные с удержанием человеком равновесия (постуральные явления), связаны с так называемыми тоническими рефлексами [3]. Данные рефлексы осуществляются как ответная реакция на рецепторные сигналы, возбуждающиеся в мышцах, глазах, органах и некоторых других системах человеческого организма. Эти рефлексы принято разделять на несколько групп: выпрямительные, рефлексы позы и статокинетические. Выпрямительные рефлексы срабатывают при отклонении тела от положения «стоя» и служат защитой от внезапных падений, рефлексы позы – при угрозе потери равновесия во время изменения положения тела, главным образом при изменении положения головы, статокинетические рефлексы – во время изменения положения тела в пространстве даже в том случае, когда человек не совершает никаких движений.

Однако в контексте работы с аппаратно-программным комплексом «Многофункциональное кресло» больший интерес представляют явления, происходящие именно в случае нахождения человека в покое в сидячем положении. Основным постуральным явлением, которое можно наблюдать в этом случае, является мышечный тонус. Он заключается в постоянном пребывании всех мышц тела в напряжении, даже в состоянии, которое человек охарактеризовал бы как «полное расслабление». Данный рефлекс на растяжение мышц является начальным состоянием для совершения какого-либо движения, как бы подготавливая мышцы к грядущему сокращению, и позволяет телу сохранять любую позу. В явлении мышечного тонуса участвует множество биологических систем: спинной мозг, ствол, мозжечок, мышечные рецепторы [3].

К проявлению мышечного тонуса как к результату автоколебательных процессов в цепи управления мышечной активностью можно, по-видимому, отнести тремор – непроизвольные ритмичные колебательные движения тела или его отдельных частей [5]. Выделяют физиологический тремор и патологический тремор. Первый представляет собой низкоамплитудное высокочастотное (8-12 Гц) дрожание, наблюдаемое в любой части тела человека и им не ощущаемое. Данный вид тремора может усиливаться при определенных состояниях и воздействиях: волнение, алкогольное опьянение, интоксикация, прием психостимуляторов [4]. Также данный вид тремора во многом носит индивидуальный характер и зависит от состояния нервной системы конкретного человека [5]. Паталогический тремор характеризуется более высокой амплитудой при частоте ниже, чем частота физиологического тремора, и подразделяется на дрожание покоя, постуральный и кинетический тремор. Постуральный тремор проявляется в процессе удержания определенной позы (например, удержание вытянутых перед собой рук), кинетический характеризуется усилением дрожания при движении, тремор покоя, исходя из названия, наблюдается при нахождении человека в расслабленном состоянии. С практической точки зрения имеет значение, что тот или иной вид паталогического тремора характерен для определенной группы нервных расстройств [4] – данная зависимость и обуславливает ценность стабилометрии как способа медицинской диагностики.

Стабилометрия (стабиллометрия, стабилография, постурография) – это методика оценки характеристик контроля человеком позы, основанная на измерении координат центра давления на чувствительной поверхности. В качестве такой чувствительной поверхности обычно выступает стабилоплатформа – устройство, оснащенное множеством датчиков, сигналы от которых интерпретируются компьютером для построения траектории перемещения центра давления, формируемого участком тела человека. Под центром давления в данном случае понимается точка, к которой приложена равнодействующая сил, порожденных взаимодействием человека с опорой. Здесь стоит отметить принятые Московским консенсусом по применению стабилометрии [2] термины для обозначения системы координат, в рамках которой происходят измерения:

- координатами центра давления называют числовые характеристики положения центра давления в прямоугольной координатной системе на плоскости стабилоплатформы;

- ось абсцисс Ox в стабилографии принято называть «фронтальная ось» или «фронталь»;

- ось ординат Oy в стабилографии принято называть «саггитальная ось» или «саггиталь».

Термином «стабилограмма» обозначают график зависимости той или иной координаты центра давления в плоскости стабилоплатформы от времени (рис. 1). Следует различать «стабилограмму» и «статокинезеграмму», несмотря на схожий физический смысл. Статокинезеграмма представляет собой графическое отображение траектории движения ЦД в рамках системы координат стабилоплатформы.

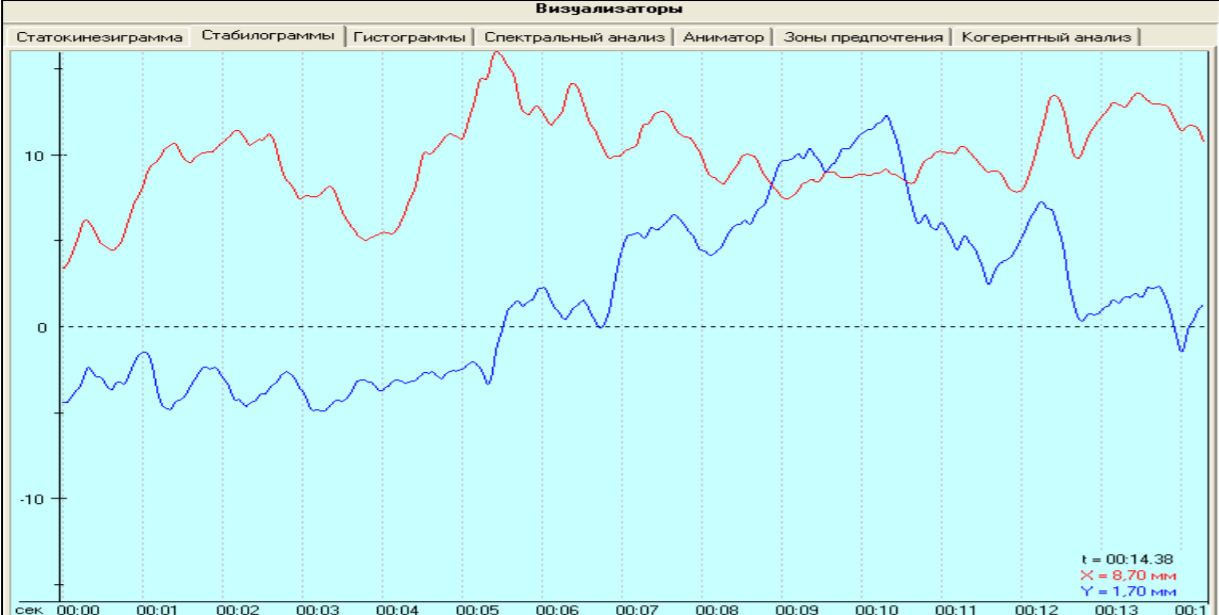


Рис. 1. Стабилограмма.

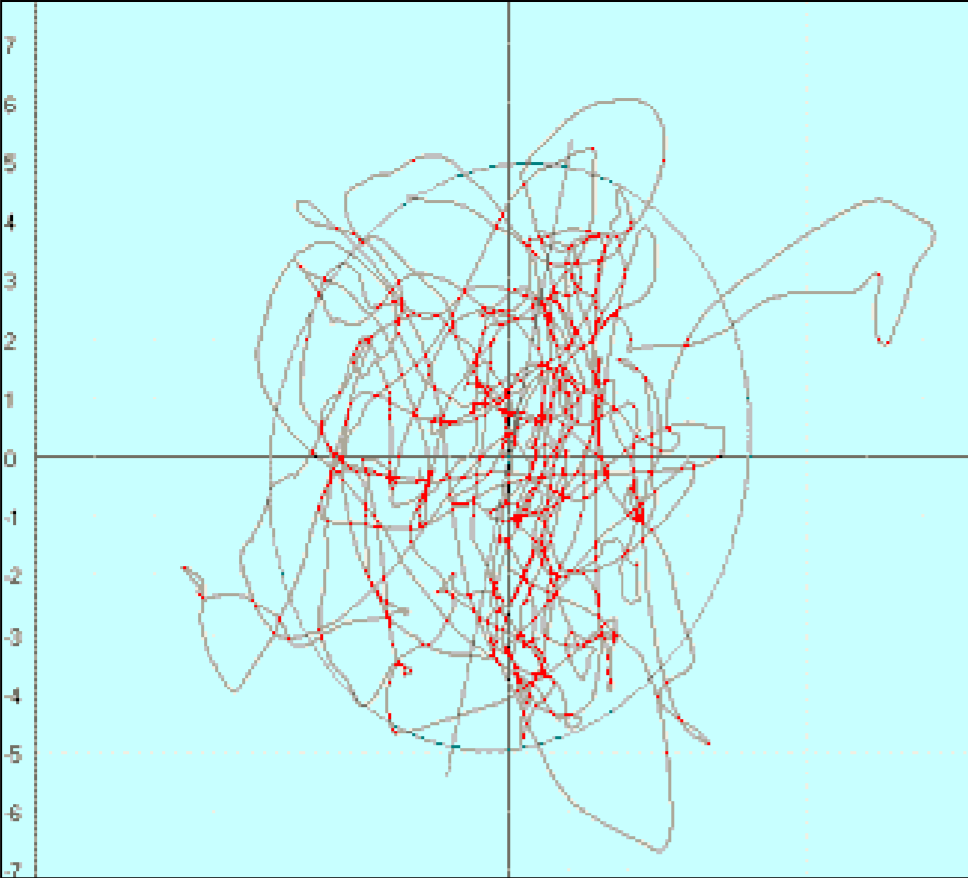


Рис. 2. Статокинезеграмма.

Стабилометрические показатели принято классифицировать на прямые и расчетные. К первым относят [2] координаты центра давления по фронтали и саггитали, а также массу. Расчетными показателями называют показатели, вычисленные на основе прямых. Прежде всего это:

- L – длина статокинезеграммы в миллиметрах;

- V – скорость перемещения ЦД в миллиметрах в секунду;

- Fx – частота колебаний ЦД по фронтали в герцах;

- Fy – частота колебаний ЦД по саггитали в герцах;

- S – площадь статокинезеграммы в миллиметрах квадратных;

- A – механическая работа, совершенная в результате перемещения, в джоулях.

Основным инструментом для осуществления стабилометрических измерений является стабилограф (стабилометрическая платформа или стабилоплатформа) – устройство, обычно представляющее собой очувствленную при помощи датчиков поверхность, позволяющую фиксировать координаты ЦД в отдельный момент времени. Типичная стабилоплатформа представлена на рисунке 3.

Принцип работы стабилоплатформы заключается в следующем: пациент каким-либо образом соприкасается с рабочей (очувствленной) поверхностью стабилографа (большинство методик подразумевает стояние человека на платформе обеими ногами); датчики, в большом количестве вмонтированные в платформу, реагируют на вес человека, посылая на встроенную микропроцессорную систему соответствующие сигналы. МПС, обработав поступившие сигналы, преобразует их, отправляя на дальнейшую обработку в персональный компьютер. На ПК специализированная программа интерпретирует полученный сигнал, вычисляя центр давления и траекторию его перемещений, отрисовывает ее и рассчитывает другие необходимые параметры.

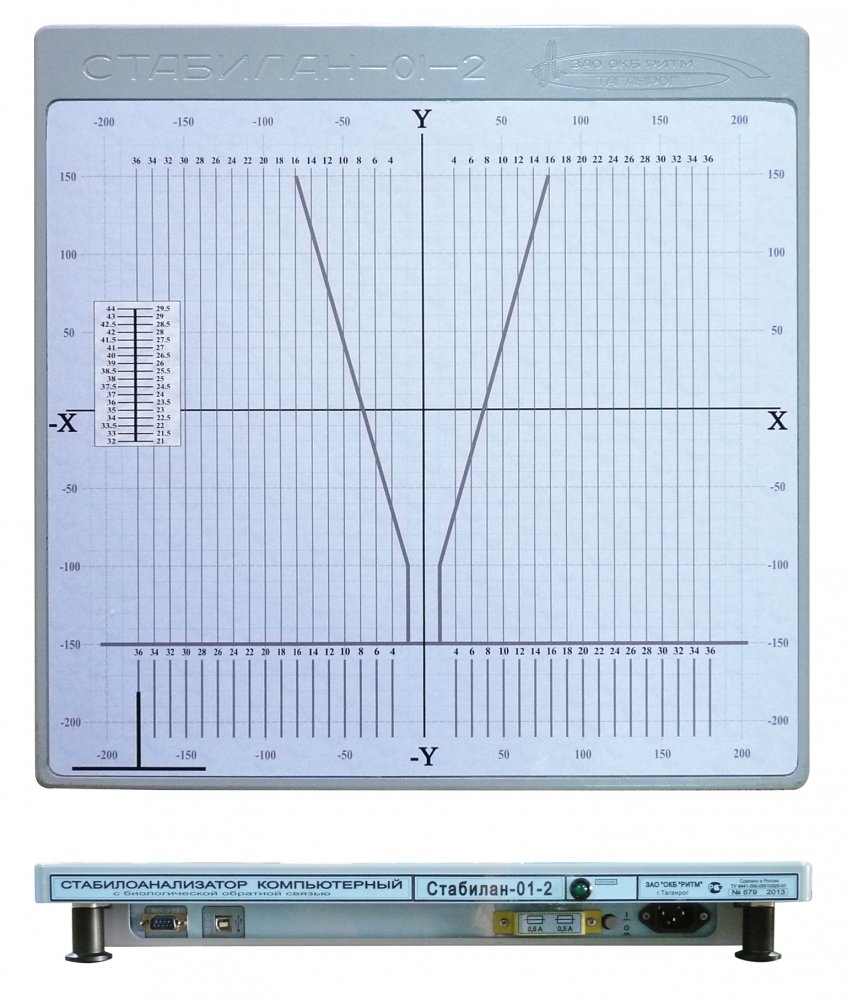


Рис. 3. Стабилоплатформа «Стабилан-01-2»

Разработанный в МПГУ совместно с ЗАО «ОКБ «РИТМ» аппаратно-программный комплекс «Многофункциональное кресло» имеет аналогичный принцип работы. Главным отличием от традиционных стабилоплатформ является возможность производить измерения для нескольких мышечных групп по отдельности. Такую возможность обеспечивает специфическая конструкция «кресла» (рис. 4). АПК состоит из одной трехкомпонентной силомоментной платформы D0(3k), которая служит опорой всего «кресла», и семи шестикомпонентных силомоментных платформ D1-D4(6k): 2 подлокотника, 2 сиденья, спинка и 2 опоры под ноги. Датчики в каждой платформе (кроме платформы D0) имеют по 6 осей чувствительности (рис. 5), что позволяет оценивать мышечный тремор соответственно по 6 сигналам: трем сигналам, отражающим изменение координат вдоль осей X, Y и Z во времени, и трем сигналам моментов сил, порождаемых колебаниями мышц.

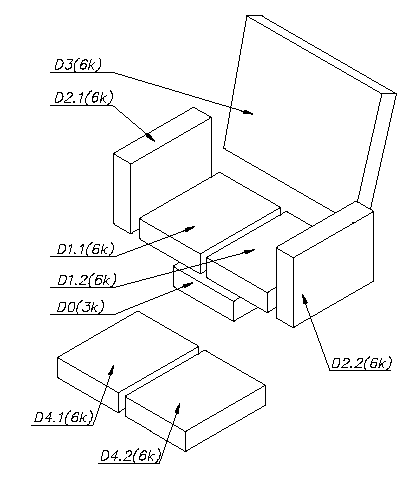


Рис. 4. Структурная схема «Многофункционального кресла».

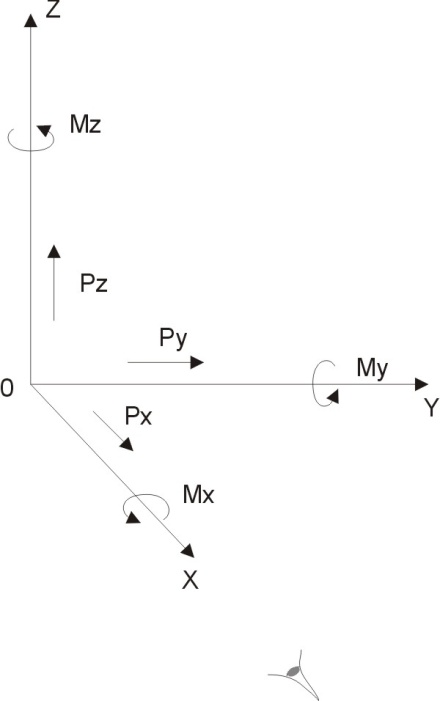


Рис. 5. Расположение осей чувствительности многокомпонентного датчика.

Таким образом, данный аппаратно-программный комплекс служит инструментом для снятия показаний, характеризующих физиологический тремор и тремор покоя. Это позволяет использовать «Многофункциональное кресло» для оценки психоэмоционального состояния пациента, а также ранней диагностики заболеваний нервной системы, связанных с наличием выраженного тремора покоя – например, болезнью Паркинсона [5].

Однако это связано с рядом проблем, главная из которых – интегративный характер фиксируемых устройством колебаний. Помимо мышечного тремора, зависимость которого от времени сама по себе носит сложный характер, вклад в фиксируемый устройством колебательный сигнал вносят также дыхание и сердцебиение [5]. То есть на выходе из АПК мы имеем сигнал, являющийся композицией квазипериодических и непериодических колебаний различных частот. Следовательно, основной задачей при обработке получаемых с «Многофункционального кресла» данных является анализ сигналов.

Анализ существующих ПО и ТС

Обзор возможностей ПО «StabMed»

Управление аппаратно-программным комплексом «Многофункциональное кресло» осуществляется при помощи программного обеспечения «StabMed», разработанного ЗАО «ОКБ «РИТМ» (рис. 6). Данная программа представляет собой систему для управления стабилометрическим оборудованием, прежде всего произведенного данным предприятием, снятия и визуализации стабилографических данных, а именно построения стабилограмм и статокинезеграмм, ведения базы пациентов и ряд других функций (рис. 6).

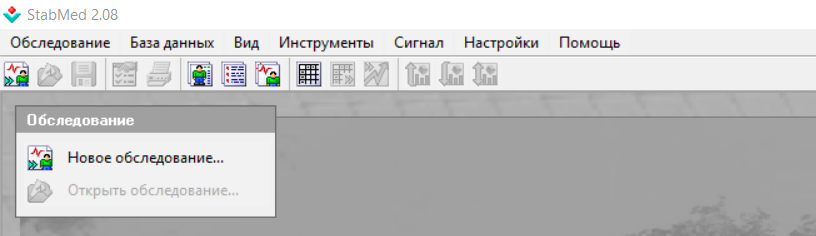


Рис. 6. Меню в главном окне программы «StabMed».

Следует отметить, что данное программное обеспечение поддерживает технологический стандарт Microsoft Component Object Model. Программа StabMed в рамках интерфейса COM выступает в роли сервера COM, то есть приложения, поставляющего данные, а приложение пользователя – в роли клиента COM, то есть приложения, использующего эти данные.

При запуске StabMed автоматически регистрируется в качестве сервера COM, и последующие обращения к нему идут через этот зарегистрированный сервер COM.

Если при обращении приложения пользователя к серверу COM StabMed не загружен, то он автоматически загружается, а после использования автоматически выгружается. Если же при обращении приложения пользователя к серверу COM StabMed загружен, то статус StabMed не меняется.

СОКРАЩЕНИЯ

ЦНС – центральная нервная система

ЗАО – закрытое акционерное общество

АПК – аппаратно-программный комплекс

ПО – программное обеспечение

ТС – техническое средство

ЦД – центр давления

МПС – микропроцессорная система

ПК – персональный компьютер

МПГУ – Московский педагогический государственный университет

COM – Component object model

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Приказ Минздрава России от 28.12.2012 N 1583н "Об утверждении стандарта специализированной медицинском помощи при болезни Паркинсона, требующей стационарного лечения в связи с нестабильной реакцией на противопаркинсонические средства" (Зарегистрировано в Минюсте России 11.02.2013 N 26971)
2. Московский консенсус по применению стабилометрии и биоуправления по опорной реакции в практическом здравоохранении и исследованиях / НИИ нормальной физиологии имени П.К. Анохина. – М., 2017 – 10 с.
3. Миловзорова М.С. Анатомия и физиология человека / Миловзорова М.С. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 215 с.
4. Штульман Д. Р., Левин О. С. Нервные болезни: Учебник. – М.: Медицина, 2000. – 464 с.: ил. – (Учеб. лит. Для учащихся мед. училищ и колледжей). – ISBN 5-225-04587-1
5. *Кручинин П. А., Лебедев А. В., Холмогорова Н. В.* ОСОБЕННОСТИ ЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА СИГНАЛОВ СИЛОМОМЕНТНЫХ ДАТЧИКОВ В ЗАДАЧЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ТРЕМОРА // *Российский журнал биомеханики*. — 2013. — Т. 17, № 1. — С. 64–77. Силомоментные датчики используют для оценки функционального состояния, неврологических и ортопедических патологий человека. Сигнал, измеренный силомоментным датчиком, взаимодействующим с телом человека или его сегментами, является интегративным. Он включает механические составляющие, обусловленные системой управления движением, а также, дыханием, кардиоритмом и т.п., что находит свое отражение в его частотном спектре. В работе обсуждается задача выделения треморных составляющих, порожденных последовательным сокращением скелетных мышц.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Доступ к данным StabMed. Техническое описание.