

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники

УДК 612.741.1: 615.841

Атрашкова
Галина Викторовна

Программные и технические средства контроля утомляемости мышц
спортсменов на основе анализа частотно-временных параметров
поверхностных биопотенциалов

АВТОРЕФЕРАТ

магистерской диссертации на соискание степени
магистра технических наук
по специальности 1 - 41 80 02 «Технология и оборудование для производства
полупроводников, материалов и приборов электронной техники»

Научный руководитель
Осипов Анатолий Николаевич
к.т.н., доцент

Минск, 2015

ВВЕДЕНИЕ

Занятия физической культурой и спортом могут привести к развитию переутомления, перенапряжения, значительному снижению работоспособности и в дальнейшем – к возникновению заболеваний и травм. Спортивный травматизм составляет 2-5% от общего травматизма (бытового, уличного, производственного и др.). Данное понятие включает в себя также и травмы, полученные в связи с потерей внимания, перенапряжением, снижением качества исполнения упражнений, переутомлением и некомпенсированной усталостью.

Решением данной проблемы является качественное планирование тренировочного процесса на основе контроля физической подготовки тренируемого. При занятиях оздоровительным спортом перед выполнением упражнений необходимо проводить тестирование функционального состояния организма для определения оптимального объема нагрузки, после – проверять, как эта нагрузка была перенесена. Зная закономерности функционирования физиологических систем организма, можно различными средствами двигательной активности эффективно влиять на отдельные их звенья, ускоряя приспособление к физическим нагрузкам и повышая тренированность. В связи с этим все большую актуальность приобретают вопросы прогнозирования функциональных возможностей организма, позволяющие решать задачи отбора спортсменов, допуска к оздоровительным занятиям, планирования объема двигательной нагрузки.

Все эти задачи наиболее эффективно решаются с использованием автоматизированных физиологических методик, позволяющих контролировать состояние основных систем организма до, во время и после физических нагрузок. Одной из перспективных методик контроля состояния скелетных мышц является электромиографическая методика, которая характеризуется простотой, безболезненностью, безопасностью и не требует сложного и дорогостоящего оборудования. Применение данной методики для контроля утомляемости мышц требует разработки специальных программно-технических средств и проведения дополнительных исследований. В связи с этим данная работа посвящена разработке программных и технических средств контроля утомляемости мышц на основе анализа частотно-временных параметров сигналов электромиограмм.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами

Тема диссертационной работы утверждена Советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». Диссертационная работа выполнялась на кафедре «Электронной техники и технологии» в рамках следующей научной программы:

1. ГБ № 11-2020 «Материалы, технологические процессы и устройства радиоэлектронной, электротехнической и медицинской техники».

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является разработать программно-технические средства и методику на основе частотно-временных параметров сигналов электромиограмм, позволяющие контролировать утомляемость мышц спортсменов.

Положения, выносимые на защиту

Методика частотно-временного анализа суммарной электромиограммы нервно-мышечного аппарата человека на базе быстрого оконного преобразования Фурье, реализующая функции построения спектрограммы и расчета параметров частотно-временного представления ЭМГ-сигнала.

Методики проведения электромиографических исследований усталости мышц при циклической и статической нагрузках.

Исследование частотно-временных параметров электромиограмм в процессе утомления мышц.

Методика контроля утомляемости мышц на основе частотно-временных (медианная частота $f_{m_{cp}}$, спектрограмма, эффективная ширина спектра) и амплитудных (средняя амплитуда A_{cp}) параметров сигналов электромиограмм.

Личный вклад соискателя

Все основные научные результаты, представленные в работе, получены соискателем самостоятельно. В диссертации изложены результаты научно-

исследовательских работ, выполненных автором лично и в соавторстве (4 публикации). В публикациях с соавторами личный вклад соискателя заключается в разработке методик исследований, постановке основных экспериментов, проведении теоретических и экспериментальных исследований.

Участие научного руководителя: кандидата технических наук, доцента, первого проректора БГУИР Осипова А.Н. заключалось в обсуждении структуры, целей и задач исследований, обсуждении и обобщении результатов теоретических и практических исследований, проведенных автором самостоятельно.

Апробация результатов диссертации

Основные теоретические и практические результаты диссертационной работы были представлены в следующих научных конференциях: Международной научной конференции «Молодежь в науке – 2014», VIII Международной научно-технической конференции «Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии» («Медэлектроника-2014»), 51 научно-технической конференции студентов и магистрантов БГУИР и публикациях: в приложении к журналу "Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі".

Опубликованность результатов диссертации

По материалам диссертации опубликовано 4 печатных работ, из них 3 статьи в материалах научных конференций, 1 статья в периодическом научном журнале.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации составляет 102 страницы, 43 иллюстрации, 4 таблицы, 52 наименования в библиографическом списке, 2 приложения.

Во Введении приводится обоснование актуальности работы.

Первая глава носит обзорный характер. В ней приводятся основные сведения об утомляемости скелетных мышц человека, принципах работы мышц, электромиографии, применяемой аппаратуре, анализе электромиограмм. Кратко описаны основные научные проблемы, связанные с оценкой результатов электромиограмм. Дается обзор существующих исследований, способов и методов контроля и диагностирования утомляемости.

Вторая глава посвящена разработке программно-технических средств контроля утомляемости спортсменов на программной платформе MATLAB. Приведена предварительная классификация данных и выбор оптимального способа анализа. Разработана программа частотно-временного анализа ЭМГ-сигналов и описаны технические средства, применяемые в электромиографическом исследовании.

В третьей главе разработана методика исследования утомляемости мышц для циклической и статической нагрузки.

Четвертая глава посвящена анализу данных, полученных при статической и циклической нагрузке, и включает в себя рекомендации по их использованию.

В Заключении сформулированы основные результаты диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной работы был разработан программно-аппаратный комплекс контроля утомляемости мышц спортсменов на основе анализа частотно-временных параметров сигналов электромиограмм.

В ходе выполнения диссертации были рассмотрены теоретические аспекты, касающиеся явления утомляемости мышц и существующих способов исследования и контроля. Проведенный анализ научных источников показал, что электромиографический метод исследования является перспективным в части контроля утомляемости спортсменов.

Кроме того, в данной работе предложены методики проведения электромиографических исследований усталости мышц при циклической и статической нагрузке, позволяющие эффективно оценивать физиологическое состояние скелетных мышц в процессе выполнения упражнений. По разработанному алгоритму проведения эксперимента выполнены электромиографические исследования утомляемости мышц у двух групп испытуемых: тренированных и средней физической подготовки.

В ходе анализа полученных данных было выявлено, что, в среднем, 75% времени при выполнении упражнения соответствуют нормальной работе мышц. В это период медианная частота и амплитуда колеблется относительно линии медианных значений в пределах 20 %. На оставшиеся 25 % времени приходится переутомление мышц. Об этом свидетельствует возрастание медианной частоты и понижение амплитуды после подключения дополнительных двигательных единиц. Длительность указанных участков сигнала может выступать в роли диагностического показателя. Ее изменение может свидетельствовать о повышении или снижении физической подготовки.

Анализ сигналов электромиограмм позволил разработать методику контроля утомляемости мышц на основе частотно-временных (медианная частота f_{mcp} , спектрограмма, эффективная ширина спектра) и амплитудных (средняя амплитуда A_{cp}) параметров сигналов электромиограмм: наступление усталости сопровождается включением в работу дополнительных двигательных единиц, что характеризуется уменьшением средней амплитуды, увеличением медианной частоты и уменьшением эффективной ширины спектра (в среднем, на 5–15%) ЭМГ-сигнала. Для реализации разработанной методики предложены алгоритмы диагностики наступления усталости мышц на основе частотно-временного и амплитудного анализа суммарной электромиограммы. Результатами обработки собранных ЭМГ-сигналов являются спектрограмма и значения средней амплитуды и

медианной частоты. Преимуществами разработанной методики контроля утомляемости мышц являются простота, дешевизна и полная безопасность.

Методика контроля утомляемости мышц на основе частотно-временных и амплитудных параметров сигналов электромиограмм может быть использована в реабилитационной медицине и спорте для подбора нагрузки при заданном необходимом времени выполнения упражнения, для подбора времени выполнения упражнения при заданной нагрузке, для наблюдения динамики физического развития как у спортсменов, так и прохождении реабилитационных курсов, для усовершенствования существующей адаптивной программной модели электромиографического сигнала мышцы, адекватной естественному механизму формирования электромиограммы.

Библиотека БГУИР

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

[1.] Г.В. Атрашкова, Аппаратно-программный комплекс для оценки утомляемости мышц на основе анализа частотно-временных параметров электромиографических сигналов / Атрашкова Г.В., Осипов А.Н., Кузнецов Д.Ф., Давыдов М.В., Меженная М.М. //Медэлектроника -2014. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии: сб.науч.ст. 8 Междунар.науч.-техн. конф. Минск: БГУИР, 2014. - 424с.

[2.] Г.В. Атрашкова, Программно-аппаратный комплекс контроля утомляемости спортсменов на основе сигналов электромиограмм/ Атрашкова Г.В., Протасеня Н.И., Давыдов М.В., Осипов А.Н.,// Молодежь в науке - 2014 : приложение к журналу "Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі" : в 5 ч. / Национальная академия наук Беларуси, Совет молодых ученых НАН Беларуси. — Ч.2 Серия физико-технических наук. Минск: Беларуская навука, 2015. – 111с.

[3.] Г.В. Атрашкова, Исследование и анализ сигналов электромиограмм при утомлении скелетных мышц/ Атрашкова Г.В., Протасеня Н.И., Осипов А.Н., Кузнецов Д.Ф., Давыдов М.В.// Медэлектроника - 2014. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии: сб.науч.ст. 8 Междунар.науч.-техн. конф. Минск: БГУИР, 2014. - 424с.

[4.] Г.В. Атрашкова, Методика контроля утомляемости мышц при статической нагрузке на основе частотно-временных и спектральных параметров сигналов электромиограмм/ Атрашкова Г.В. Балюк Д. А., Шевцов Н. А., // Сборник материалов 51-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» – БГУИР 2015.