

ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Н.С. Давыдова, А.Н. Осипов, М.В. Давыдов, М.М. Меженная

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, БГУИР, каф. ЭТТ, 220013, Минск, Беларусь, E-mail: Amalteay@rambler.ru*

Abstract. The new approach and technical system for quantitative evaluation of physical fitness person have been presented. Their specific feature is the analysis of the reproducibility of the human motor skills based on statistical processing of informative electrophysiological and biomechanical parameters of the repeating movements.

Введение

Задача быстрой и точной оценки физической подготовленности человека актуальна как для спорта при подборе режима силового нагружения спортсмена и контроле результатов тренировок, так и для профессионально-трудовой деятельности при оценке эффективности обучения специализированным навыкам и профессиональном отборе [1].

На сегодняшний день оценка уровня физической подготовленности человека осуществляется с помощью специальных контрольных упражнений (двигательных тестов на силу, выносливость и пр.), антропометрических измерений, а также методом расспроса и наружного осмотра. Однако современный этап развития системы физической подготовки характеризуется поиском новых форм, методов и технических средств контроля физических подготовленности человека [2].

С целью повышения точности мониторинга двигательных способностей человека и расширения арсенала способов контроля его физических качеств в работе предлагается новый подход к анализу двигательных навыков человека при выполнении специальных контрольных упражнений, а также соответствующая техническая система количественной оценки физической подготовленности человека.

Основная часть

Проведенные в работах исследования [3-4] показали эффективность контроля физической подготовленности человека на основе анализа воспроизводимости его двигательных навыков. Предложенный авторами подход заключается в статистической обработке значимых электрофизиологических и биомеханических параметров неоднократно повторяемого тестового движения [5]. В качестве метода исследования электрофизиологических параметров движения используется метод многоканальной интерференционной электромиографии [3-4]. Для исследования биомеханических параметров движения может быть выбран любой метод, позволяющий разбивать двигательную деятельность на отдельные фазы.

Алгоритм количественной оценки физической подготовленности человека представлен на рисунке 1. Согласно разработанному алгоритму процедура количественной оценки физической подготовленности человека происходит в три этапа: 1) этап задания исходных параметров; 2) этап структурно-функциональной диагностики движения; 3) этап непосредственной оценки физической подготовленности человека.

На этапе задания исходных параметров пользователь вносит в базу данных необходимую информацию о пациенте (рост, вес, спортивная подготовка и т.д.), выбирает необходимое количество каналов электромиограммы (ЭМГ) и производит назначение исследуемых мышц, выбирает биомеханические датчики для построения пространственно-временной структуры движения, а также указывает тип движения. Кроме того, указывается количество попыток выполнения движения. Для корректной статистической обработки электрофизиологических и биомеханических данных количество попыток выполнения исследуемого движения должно быть не менее трех.

На этапе структурно-функциональной диагностики движения осуществляется регистрация электрофизиологических и биомеханических сигналов в режиме реального времени и последующий структурно-функциональный анализ тестового движения, который сводится к рассмотрению энергетического вклада каждой мышцы в формирование движения, оценке характера распределения усилий работающих мышц по фазам движения, а также вычислении общих динамических характеристик движения [3-4]. Данный этап циклично повторяется несколько раз в соответствии с заданным пользователем количеством попыток движения.

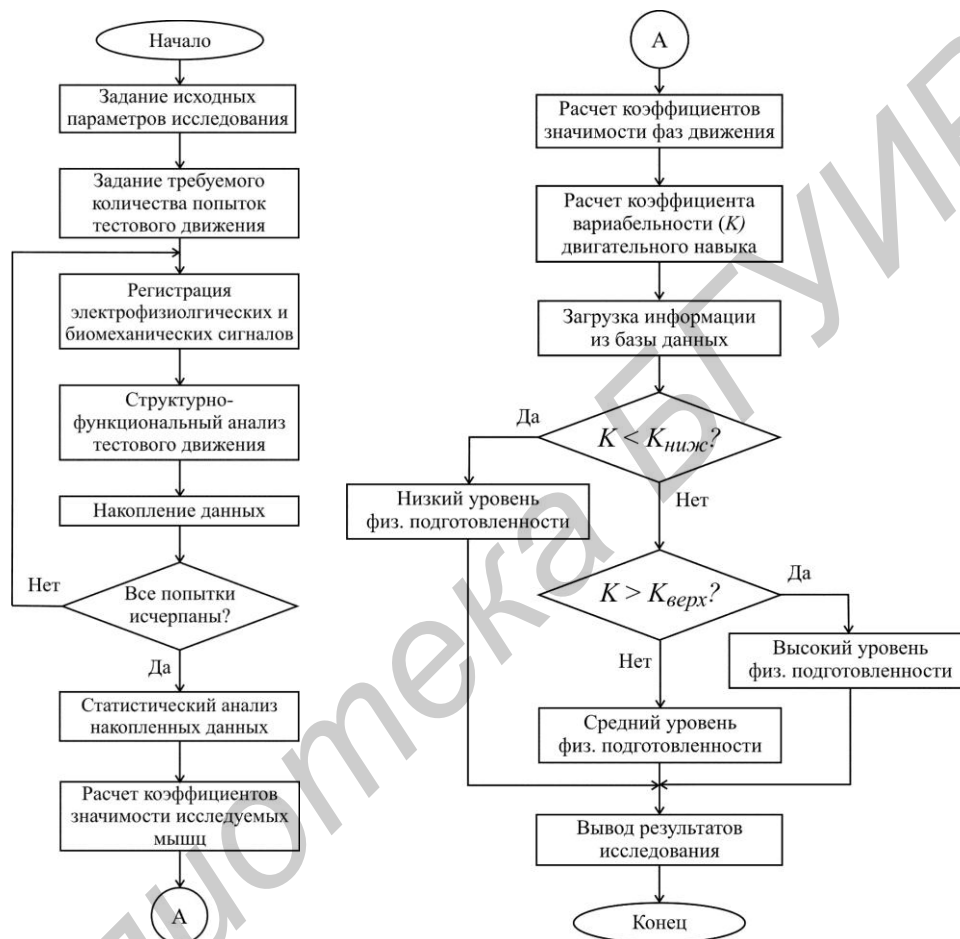


Рисунок 1 – Алгоритм количественной оценки физической подготовленности человека

Оценка воспроизводимости двигательного навыка человека основывается на анализе распределения энергии сигнала ЭМГ исследуемых мышц по фазам неоднократно повторяемого движения. Для поставленной цели важны не столько абсолютные значения энергии сигнала ЭМГ, которые отражают реальное усилие развиваемое мышцами, а долевое распределение энергии сигнала ЭМГ, которое отражает локализацию усилия мышц в различные фазы движения. Такой подход позволяет оценить воспроизводимость двигательного навыка человека вне зависимости от силы выполнения движения.

После выполнения человеком необходимого количества попыток движения наступает этап оценки физической подготовленности по следующему алгоритму:

1. Статистический анализ накопленных данных для определения вариальности распределения мышечных усилий по фазам движения. Для каждой мышцы во всех фазах движения находится среднее значение и среднеквадратичное отклонение доли энергии сигнала ЭМГ, сосредоточенной в рассматриваемой фазе, в процентах от общей энергии сигнала. Среднеквадратичное отклонение доли энергии сигнала ЭМГ исследуемых мышц

во всех фазах движения характеризует степень варибельности распределения мышечных усилий по фазам движения.

2. Расчет коэффициентов значимости исследуемых мышц. В связи с тем, что участие исследуемых мышц в выполнении движения не всегда равнозначно, необходимо учитывать степени вклада каждой мышцы в формирование исследуемого движения. При этом для каждой мышцы рассчитывается коэффициент значимости как доля средней энергии сигнала ЭМГ мышцы от суммарной энергии ЭМГ портрета движения.

3. Расчет коэффициентов значимости фаз движения. В связи с тем, что распределение мышечных усилий по фазам исследуемого движения не всегда равномерно, необходимо учитывать степени значимости каждой фазы движения. При этом для каждой фазы движения определяется коэффициент значимости как доля средней энергии сигналов ЭМГ мышц в фазе движения от суммарной энергии ЭМГ портрета движения.

4. Расчет коэффициента варибельности двигательного навыка человека при выполнении исследуемого движения. Коэффициент варибельности двигательного навыка рассчитывается как сумма взвешенных (с учетом коэффициентов значимости исследуемых мышц и фаз движения) средних отклонений доли энергии сигнала ЭМГ исследуемых мышц во всех фазах движения.

5. Оценка физической подготовленности человека на основании рассчитанного значения коэффициента варибельности двигательного навыка. Окончательное определение физической подготовленности осуществляется путем сравнения рассчитанного коэффициента варибельности двигательного навыка K с граничными значениями ($K_{ниж}$, $K_{верх}$) диапазонов уровней физической подготовленности. В зависимости от типа движения из базы данных загружается информация о диапазонах значений коэффициента варибельности для выделенных уровней физической подготовленности. Далее в зависимости от того, в какой диапазон попадает коэффициент варибельности, принимается решение о физической подготовленности человека.

В соответствии с разработанным алгоритмом предложена структурная схема технической системы количественной оценки физической подготовленности (рисунок 2).

Согласно разработанной схеме, техническая система для количественной оценки физической подготовленности человека работает следующим образом. При выполнении человеком какого-либо двигательного действия производится регистрация электрофизиологических и биомеханических параметров движения с помощью блока регистрации данных. Конструктивно блок регистрации данных в целом и каждый измерительный датчик в отдельности должны быть выполнены с минимальными размерами и весом, а крепление последних не должно мешать естественному выполнению человеком заданного движения.

Блок регистрации данных осуществляет передачу оцифрованных электрофизиологических и биомеханических сигналов в блок анализа данных в реальном масштабе времени по беспроводному интерфейсу. Стандарт беспроводного интерфейса необходимо выбирать с позиции обеспечения максимального расстояния и максимальной скорости передачи данных при минимальном энергопотреблении.

Последующий анализ сигналов многоканальных электромиограмм и биомеханических параметров двигательного действия осуществляется в блоке структурно-функциональной диагностики движений в диалоге с пользователем и с привлечением информации из базы данных посредством устройства управления. База данных содержит не только внесенную пользователем информацию о пациенте, выбранные для исследования мышцы и вид движения, но и расчетные соотношения энергетических характеристик для различных движений.

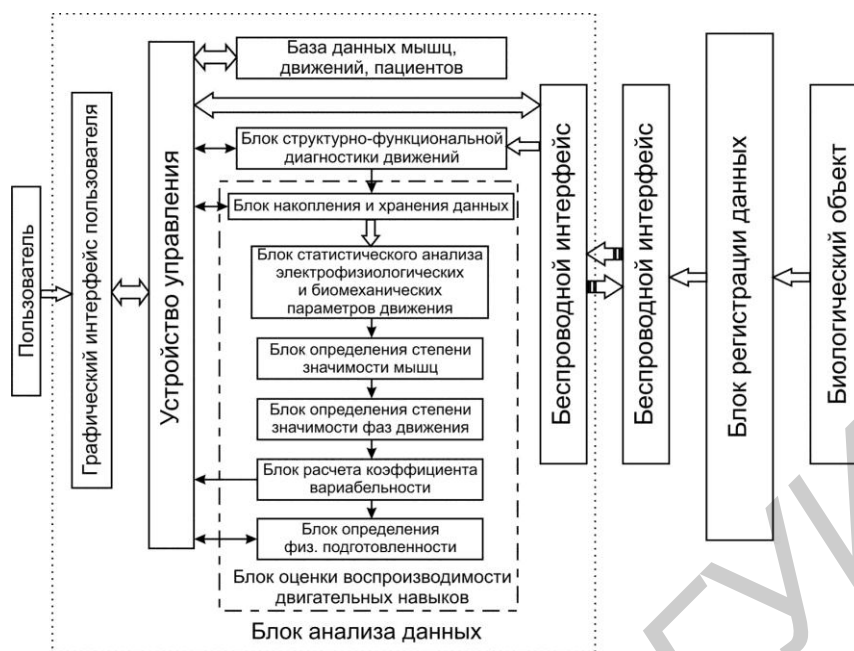


Рисунок 2 – Структурная схема технической системы для количественной оценки физической подготовленности человека

В свою очередь, блок оценки воспроизводимости двигательных навыков человека осуществляет накопление данных и последующий статистический анализ параметров электромиографических портретов неоднократно повторяемого движения в соответствии с алгоритмом, описанным выше. Каждая процедура этапа оценки воспроизводимости двигательных навыков человека сопровождается выводом результата на дисплей посредством графического интерфейса пользователя с целью контроля корректности выполнения программной операции.

Заключение

Предложенная техническая система предназначена для изучения двигательных способностей человека в клинической и спортивной медицине (двигательная реабилитация, клиническая и спортивная биомеханика, протезирование), тренировочном процессе (контроль двигательного стереотипа спортсмена, прогнозирование двигательной одаренности у детей) и профессионально-трудовой деятельности (эффективное обучение профессиональным навыкам, профотбор).

Литература

1. Уилмор, Д. Х. Физиология спорта и двигательной активности / Джек Джо Уайдер. М. Уилмор, Дэвид Костилл. - Киев, Олимпийская литература, 1997. - 504 с.
2. Бондаревский, Е.Я. [и др.] Информативность тестов, используемых для характеристики физической подготовленности человека / Е.Я. Бондаревский // Теор. и практ. физ. культ. - №1. - С.23-25.
3. Давыдова, Н.С. [и др.] Оценка вариабельности двигательного навыка человека на основе электрофизиологических и биомеханических параметров движения / Н.С. Давыдова, А.Н. Осипов, В.А. Кульчицкий, М.В. Давыдов, М.М. Меженная // Доклады БГУИР. – 2012. – № 1 (63). – С. 40–46.
4. Давыдова, Н.С. Структурно-функциональная диагностика двигательных навыков человека на основе построения и анализа электромиографического портрета движения / Н.С. Давыдова // Новости медико-биологических наук. – 2011. – Т. 4. – № 4. – С. 178–186.
5. Санадзе, А.Г. Клиническая электромиография для практических неврологов / А.Г. Санадзе, Л. Ф. Касаткина. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. - 64с.