

[Текст] / Взамен СНУ-93. Сборник 15, введ. 2000 -01-01. – К.: Госстрой Украины, 2000. – 107 с.

4. ДСТУ Б Д. 2.2-6:2008. Ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы. Отделочные работы [Текст] / Сборник 15, введ. 2008 -08-01. – К.: Минрегионстрой Украины, 2008. – 28 с.

5. МДС 81-39.2005. «Индивидуальные элементные сметные нормы расхода материалов и затрат труда на устройство перегородок, облицовок стен и подвесных потолков с использованием гипсокартонных и гипсоволокнистых листов» [Текст] / М., 2005. – 143 с.

6. Методичних рекомендацій з проектування та перегляду норм часу на будівельно-монтажні роботи [Текст] / Держбуд України. – Офіц. Вид. – К.: Укрархбудінформ, 2004. – 40 с.

References

1. Wiechel, L. (2012). Tendenzen im Trockenbau Freiformen mit Leichtbausystemen. SCHMIDHUBER. aktuelle Projekte. Dry construction: merchandising aspects of the field development, 260–264.

2. Gorohov, E. V., Gavrik, A. M., Starchenko, A. U. (2012). Konstruktivnye I tehnologicheskie resheniya ustrojstva

gipsokrtonnyh krivolinejnyh oboloček [Construction and technological solutions of the arrangements for the plasterboard curved shells]. Dry construction: merchandising aspects of the field development, 16–26.

3. DBN D.2.2-15-99. Resource elements cost estimates for construction works. Finishing works (2000). Instead of SNU-93. Collection 15, Introduction 2000 -01-01. State Construction Development Ukraine, 107.

4. DSTU B D. 2.2-6:2008. Cost estimates of the resource elements for construction works. Finishing works (2008). Collection 15, Introduction 2008-08-01. Ministry of Regional Construction and Development Ukraine, 28.

5. MDS 81-39.2005. « Cost estimates of the material and labor use for selected elements of the arrangement of partitions, revetments of walls and false ceilings with the use of plasterboard and gypsum plate» (2005). Moscow, 143.

6. Methodical recommendations on designing and revising time norms for construction-mounting works (2004). State Construction Ukraine. Official Edition. Ukrarchbudinform, 40.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Кравець В. А.
Дата надходження рукопису 20.05.2015*

Хохрякова Дарья Александровна, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Строительные конструкции, здания и сооружения», Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ул. Лазо, 14, г. Краматорск, Донецкая обл., Украина, 84333
E-mail: hohryakovad@mail.ru

УДК 654.937

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.44602

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ УРОВНЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕАКЦИИ СПОРТСМЕНА НА НОРМИРОВАННУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

© В. И. Галица, П. А. Качанов, А. И. Любиев

В статье представлены инструментальные средства и способы их применения, позволяющие выполнять экспресс-диагностику движений атлета в процессе выполнения спортивного упражнения. Описана возможность оперативно оценивать состояние регуляторных систем атлета для контроля адекватности функциональной реакции на нормированную нагрузку для оптимизации тренировочного процесса

Ключевые слова: динамическая модель, акселерометр, координационная и кинематическая структура, вариативный размах, функциональный статус

This article presents instrumental means and methods to their use for rapid diagnosis the movement of the athlete during sports exercises. This article describes the ability of means and methods to quickly assess the status of the regulatory systems for monitoring the adequacy of athlete's functional response on normed load in order to optimize the training process

Keywords: dynamic model, accelerometer, coordinating and kinematic structure, variability range, functional status

1. Введение

Организм человека – самовосстанавливающаяся система. Если организм получил физическую нагрузку, то в нем начинаются процессы, ведущие к восстановлению исходного состояния. При этом восстанавливаются сниженные во время мышечной работы энергетические ресурсы и разрушенные структуры клеток. Данный процесс является базовым в жизнедеятельности человека, в том числе и при подготовке спортсменов. Данный

процесс есть суперкомпенсация, когда после выполнения тренировочной нагрузки, тренируемые функции организма атлета имеют более высокие показатели по сравнению с исходным уровнем.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Существуют три фазы восстановления после нагрузки:

– компенсация (восстановление), в течение которой функции мышц и других систем организма восстанавливаются до исходного уровня;

– суперкомпенсация, во время которой происходит превышение исходного уровня на 10–20 % и наблюдается повышенная работоспособность;

– гомеостаз, когда происходит постепенное возвращение к прежним показателям.

Важно определить степень нагрузки спортсмена, т.к. при малых нагрузках тренировочный эффект минимальный, а при повышенных – возрастает вероятность перетренированности, что ведет к травмам, заболеваниям и долгому периоду реабилитации [1–3]. Талант тренера – подобрать такой режим тренировки атлета, чтобы его период суперкомпенсации максимально совпадал со следующей тренировкой в рамках установленного микроцикла и таким образом функционал атлета постоянно повышался и достиг пика к ответственным соревнованиям. Однако надежда только на талант тренера и везение имеет большие риски.

3. Цель и задачи исследования

Создание измерительной аппаратуры, позволяющей выполнять экспресс-диагностику не только биомеханических параметров движений атлета, непосредственно в процессе выполнения им спортивного упражнения, но и оперативно оценивать состояние его регуляторных систем. Это обеспечить ответную реакцию его организма на выполняемую нагрузку, что позволяет ее дозировать, контролировать адекватность функциональной реакции атлета на эту нагрузку и как результат оптимизировать тренировочный процесс с учетом адаптации периода суперкомпенсации тренируемой функции под тренировочный микроцикл.

Все действия спортсмена подчинены достижению максимально возможного спортивного результата. Они включают в себя несколько фаз, каждая из которых характеризуется определенным набором физических параметров (время выполнения, интенсивность и др.). Именно они определяют рациональность данного спортивного действия. Для получения информации могут эффективно использоваться трехосевые акселерометрические датчики, о чем будет сказано ниже [2, 4]. Измерение физических параметров и оперативное их сопоставление с результатами предыдущих исследований (кривая изменения скорости бега, динамические параметры прыжка, характеристики ударов, их частота и количество в серии и др.) с комментариями специалистов определяют режим физической нагрузки спортсмена и степень соответствия запланированной модели подготовки [2, 4].

Однако использование обратной связи в виде динамических параметров выполняемой нагрузки без учета функциональной реакции спортсмена на запланированную нагрузку может негативно отразиться на качестве последующей подготовки и даже привести к травмам. В силу различных объективных и субъективных факторов способность атлета выполнять запланированное задание может меняться

даже в процессе его выполнения. Опыт работы с Олимпийской командой легкоатлетов – бегунов на длинные дистанции подтвердил высокую достоверность диагностирования функционального состояния спортсмена при измерении и анализе вариабельности его сердечного ритма в процессе выполнения беговой нагрузки.

Примером может служить подготовка бегуни на длинные дистанции Елены Жупиевой к олимпийским играм 1988 года, проходившим в Сеуле, Южная Корея. Результатом этой подготовки стала бронзовая медаль на дистанции 10 км. За 3–6 месяцев до главного старта в соответствии с тренерским планом подготовки она получала ударную беговую нагрузку, в процессе которой дистанционно производился текущий контроль функционального состояния ее сердечно-сосудистой системы. С грудных электродов снимался кардиопотенциал и, посредством закрепленного на поясе компактного радиопередатчика, непрерывно передавалась кардиограмма на приемник, установленный в пределах стадиона. Измерялось время кардиоинтервалов между зубцами R и вычислялся вариативный размах (ВСР) спектра в диапазоне 100 ударов сердечных сокращений в виде индекса напряжения [5]. По мере утомления спортсменки сужался вариативный размах ее сердечного ритма, а значение индекса напряжения постепенно возрастало. Как только значение превышало заданный предел, тренировка прекращалась. Такой подход позволил спортсменке выполнить максимально возможный тренировочный объем и при этом избежать перегрузки.

Регуляторная функция – одна из наиболее динамичных систем нашего организма и охватывает его в целом. Для контроля состояния регуляторных функций организма спортсмена во время выполнения спортивной нагрузки выбрана наиболее информативная технология – вариативный анализ сердечного ритма (ВСР). Эта неинвазивная технология позволяет в реальном масштабе времени оценивать состояние регуляторных систем испытуемого для решения многих прогностических и диагностических задач [5].

Достижение цели исследований предполагает решение следующих задач:

– выполнение исследований различных спортивных нагрузок бегового или прыжкового характера с непрерывным измерением и учетом ускорений центра тяжести (ЦТ) атлета;

– расчет энергозатрат на выполнение данного фрагмента тренировочной нагрузки и учет ее интенсивности по данным измерения ускорений ЦТ, пройденного расстояния и хронометрирования;

– измерение кардиопотенциала атлета в процессе выполнения им спортивной нагрузки, учет кардиоинтервалов его сердечных сокращений и в последующем расчет вариабельности сердечного ритма (ВСР).

– сравнение показателей ВСР с базой данных для аналогичных видов нагрузок такой же интенсивности и энергозатрат в предыдущие периоды подготовки, выдача вердикта касательно состояния регуляторных функций организма спортсмена в данный момент.

4. Описание создаваемого оборудования, методы и области применения

В рамках решения поставленных задач был разработан прибор измерения ускорений (рис. 1), использующий принцип периодического (порядка 100 изм./сек.) измерения ускорения в трех координатах ЦТ тела атлета посредством закрепленного акселерометрического датчика, предварительной обработки и передачи информации на компьютер по радиоканалу.



Рис. 1. Внешний вид прибора измерения ускорений с выносными датчиками

Одновременно посредством нагрудного пояса SigmaSport производился сбор информации о вариа-

тивном размахе сердечного ритма. Предварительно проведенное сравнительное исследование получаемых данных с использованием пояса и непосредственно с кардиоэлектродов подтвердили высокую степень достоверности и допустимую погрешность измерения кардиоинтервалов.



Рис. 2. Пример размещения пояса кардиомониторинга на спортсмене

Был использован измерительный пояс Sigma Sport, который размещался на груди в непосредственной близости от кардиосушителя (рис. 2). При сердечном сокращении в момент формирования зубца R пояс генерировал электромагнитные импульсы с частотой модуляции 5 кГц. Этот сигнал выделялся резонансным фильтром и передавался на второй канал осциллографа. Синхронность работы кардиосушителя и измерительного пояса удалось определить при использовании в осциллографе режима триггера при различных временных развертках (рис. 3). Максимальное значение расхождения формирования зубца R составило 8 мС при средней длительности кардиоинтервала в рамках данного эксперимента 850 мС, что составило ошибку измерения менее 1 %.

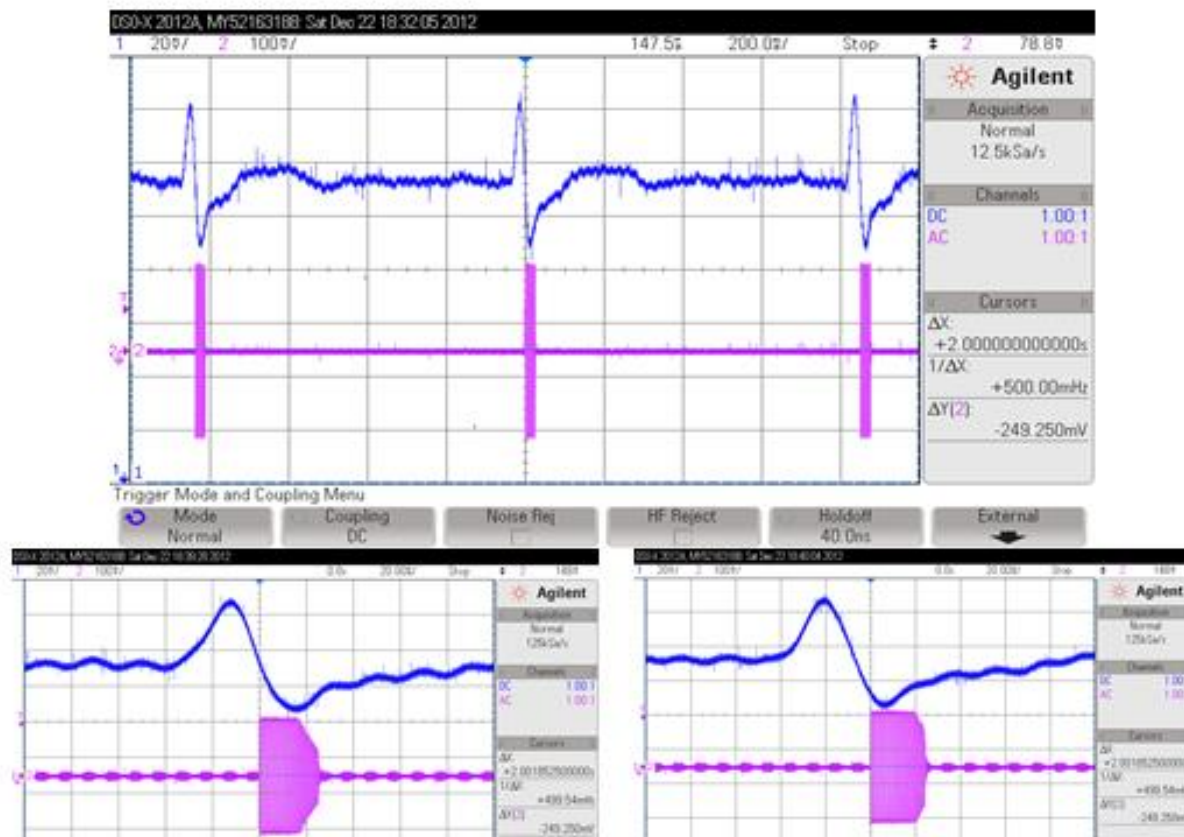


Рис. 3. Скриншоты сравнения принимаемой информации от пояса кардиомониторинга и непосредственно с грудных кардиоэлектродов

5. Результаты исследований

Представленная аппаратура позволяет измерять на каждом этапе выполняемой нагрузки как значение энергозатрат, включая уровень их интенсивности, так и значение уровня регуляторной функции спортсмена. При известной массе тела атлета измеренные значения ускорений ОЦТ в продольной и вертикальной плоскостях представляют достаточную информацию для вычисления энергозатрат атлета на выполнение отдельных движений с приемлемой достоверностью [6]. При сравнении информации в виде динамического образа выполняемого движения с базой данных эталонных динамических моделей становится возможным не только оповещать атлета о правильности выполнения им тренировочного задания и уровне его интенсивности, но и оценивать состояние функциональной кондиции испытуемого в данный период времени в виде изменения параметров вариативного размаха ЧСС. Ниже приведен вариант представления динамических образов, которые характеризуют отдельные спортивные движения, такие как подтягивание на перекладине (рис. 4) или приседания со штангой (рис. 5).

На графике представлена кривая изменения ускорения центра тяжести испытуемого на протяжении времени подтягивания. Кривая ускорения строится на основании записанных данных в виде числовых значений ускорения с интервалом 10mS на протяжении времени выполнения упражнения. В соответствии с полученными данными могут быть вычислены такие параметры:

- средний уровень ускорения, что есть показатель уровня интенсивности выполнения нагрузки;
- время выполнения упражнения, включая средний уровень ускорения, – есть показатель амплитуды движения;

– учитывая вес испытуемого, становится возможным вычисление мощности и энергозатрат испытуемого на выполнение упражнения.

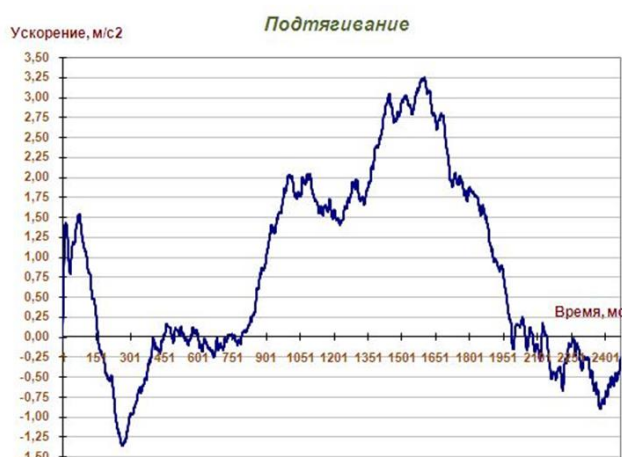


Рис. 4. Кривая ускорений ОЦТ испытуемого при подтягивании на перекладине

Как пример представлена табл. 1 исходных параметров упражнения и результатов вычисления.

Такие же вычисления могут выполняться и для упражнений, что приведены ниже. Однако для каждого упражнения существует своя особенность вычислений, определяемая кинематической структурой движения.

Необходимо учитывать, что интерес представляет только рабочая фаза движения, а вспомогательные фазы следует исключать.

В зависимости от решаемой задачи датчик ускорения может быть установлен как на спортивном снаряде, так и на ступнях ног или кисти руки атлета. Для выполнения измерений требуется устанавливать датчики в строго однозначном положении [7].

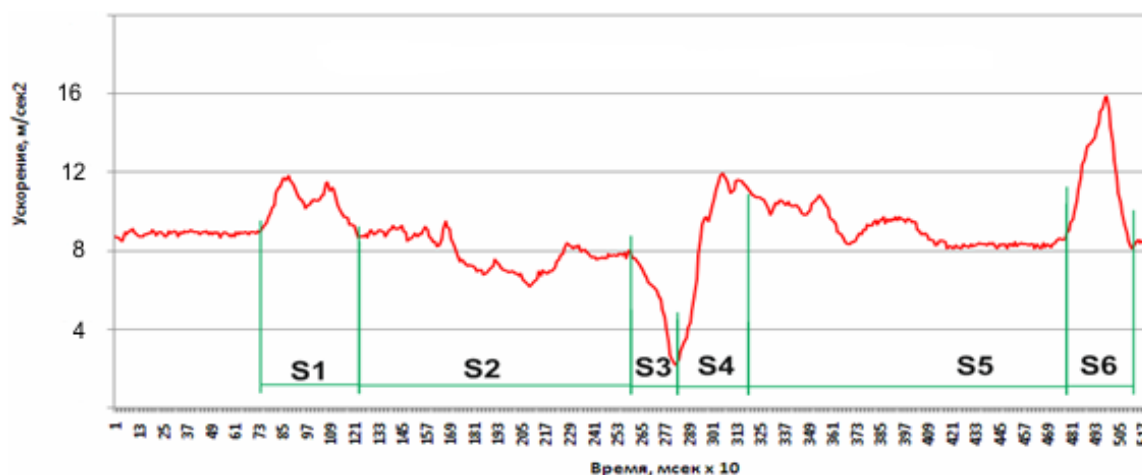


Рис. 6. График ускорений при поднятии – опускании штанги

Таблица 1

Представление исходных данных и расчет параметров нагрузки при подтягивании на перекладине

Начало подтягивания	Окончание	Длительность, мС	Вес атлета, кг	Среднее ускорение, м/С²	Среднее усилие, N	Мощность, Вт
0,795	1,988	1,193	75	1,92	879,8	1049

6. Выводы

Описанные в статье инструментальные средства для экспресс-диагностики функциональных состояний спортсмена предоставляют как информацию о биомеханических параметрах движений атлета непосредственно в процессе выполнения им спортивного упражнения, так и предоставляют возможность оперативно оценивать состояние его регуляторных систем в виде ответной реакции его организма на детерминированную физическую нагрузку. В результате проведенных исследований применения акселерометрической аппаратуры описан способ определения физической нагрузки и особенности выполнения упражнения атлетом, как по уровню интенсивности, так и амплитуды. Представленные инструментальные методы могут эффективно применяться для сравнения не только информационной составляющей для анализа интенсивности и объема различных тренировочных заданий, но и дают возможность представить, какое действие привело к тому или иному динамическому образу. На графиках можно видеть, что каждое спортивное движение имеет свой неповторимый динамический рисунок. Но при этом существуют общие закономерности, по которым становится возможной идентификация координационной структуры каждого спортивного движения.

Применение описанных инструментальных методов могут решать важную задачу предоставления обратной связи спортсмену и его тренеру об адекватности выполнения тренировочного задания в соответствующий период подготовки, а также своевременно сигнализировать о наступлении пограничных состояний, могущих привести к перетренированности и травмам.

Литература

Литература

1. Борисов, Д. Как поймать за хвост суперкомпенсацию? [Электронный ресурс] / Д. Борисов. – Режим доступа: <http://www.fit4life.ru>
2. Галица, В. И. Технические средства и системы экспресс диагностики для использования в технологиях управления подготовкой спортсменов [Текст] / В. И. Галица, П. А. Качанов, А. С. Горлов, Э. А. Карецкий // Вісник НТУ «ХПІ». – 2012. – № 37. – С. 42–50.

ца, П. А. Качанов, А. С. Горлов, Э. А. Карецкий // Вісник НТУ «ХПІ». – 2012. – № 37. – С. 42–50.

3. Иванов, В. В. Комплексный контроль в подготовке спортсменов [Текст] / В. В. Иванов. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 256 с.

4. Архипов, А. М. Датчики Freescale Semiconductor [Текст] / А. М. Архипов, Д. М. Панфилов, В. С. Иванов. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. – 184 с.

5. Баевский, Р. М. Концепция физиологической нормы и критерии здоровья [Текст] / Р. М. Баевский // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2003. – Т. 89, № 4. – С. 473–487.

6. Александров, А. В. Биомеханическая модель тела человека для описания многосуставных движений в трехмерном пространстве [Текст] / А. В. Александров, А. А. Фролов // Биомеханика-2006: 8 Всерос. конф. по биомеханике. – Н. Новгород, 2006. – С. 73.

7. Галица, В. И. Динамические модели биокинематических параметров движений атлетов [Текст]: тезисы / В. И. Галица, П. А. Качанов // Международной школы-семинара «Биомедична інженерія: проблеми і перспективи розвитку». – НТУ «ХПІ», Одеса, 2014.

References

1. Borisov, D. How to catch the tail Supercompensation? Available at: <http://www.fit4life.ru>
2. Galitsa, V. I., Kachanov, P. A., Gorlov, A. S. et. al. (2012). Technical means and systems express diagnostics for use in control technology for training athletes. Bulletin of NTU «KhPI», Series: Automation and Instrumentation, 37, 42–50.
3. Ivanov, V. V. (1987). Comprehensive monitoring in training athletes. Moscow: Physical Education and Sports, 256.
4. Arkhipov, M., Panfilov, D. M., Ivanov, V. S. (2008). Sensors Freescale Semiconductor. Moscow: Publishing House "Dodeka-XXI", 184.
5. Baevsky, R. M. (2003). The concept of physiological norm and criteria for health. Rus. Physiological mag. named Sechenov, 89 (4), 473–487.
6. Alexandrov, A. V., Frolov, A. A. (2006). Biomechanical model of the human body to describe polyarticular movements in three-dimensional space. Biomechanics 2006 All-Russia. Conf. biomechanics, Nizhny Novgorod, 73.
7. Galitsa, V. I., Kachanov, P. A. (2014). Dynamic models of biokinematic motion parameters athletes. Theses of the International school-seminar "Biomedichna inzheneriya: Problems and perspectives rozvitku. Odessa.

Дата надходження рукопису 22.05.2015

Галица Виталий Иванович, інженер, кафедра фізвоспитання, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», ул. Фрунзе, 21, г. Харків, Україна, 61002
E-mail: vitaliy.galitsa@gmail.com

Качанов Петр Алексеевич, доктор технічних наук, професор, завідує кафедрою, кафедра автоматики і управління в технічних системах, доктор технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». ул. Фрунзе, 21, г. Харків, Україна, 61002
E-mail: kpa@kpi.kharkov.ua

Любнев Альберт Игнатьевич, заслуженний працівник фізичної культури і спорту України, лауреат державної премії України, професор, керівник навчально-спортивного комплексу НТУ "ХПІ", Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», ул. Фрунзе, 21, г. Харків, Україна, 61002