УДК 004.03:612:796

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА

Нопин С.В., Копанев А.Н., Абуталимова С.М.
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», Ессентуки, Россия

Ключевые слова: тестирование в спорте, системы тестирования, анализ движений, биомеханика.

Аннотация. В настоящее время современные системы тестирования и анализа движения представлены широким спектром используемых технологий и показателей для последующего анализа.

В число систем со встроенными датчиками-акселерометрами входят Xsens MVN Analyze, Wimu, Myotest. Dartfish – система видеоанализа в спорте. ForceDecks – тензоплатформы для автоматического анализа прыжковых тестов. NordBord и ForceFrame – системы тестирования различных групп мышц. Системы, использующие комплекс технологий тестирования спортсменов – HumanTrak, Траст-М, BTS Smart. HumanTrak использует 3D-камеру с носимыми инерционными датчиками, с помощью чего происходит 3D захват движения и анализ биомеханики. Биомеханика "Траст-М" - система для комплексной объективной оценки двигательных функций, регистрации биомеханики движений и ЭМГ. BTS Smart – система видеоанализа всех типов движения с интеграцией с силовыми платформами, ЭМГ, сенсорной беговой дорожкой.

MODERN SYSTEMS FOR TESTING AND ANALYSIS OF HUMAN MOVEMENT

Nopin S.V., Kopanev A.N., Abutalimova S.M.
FSBI "North Caucasus Federal research and clinical center of the FMBA", Essentuki, Russia

Keywords: testing of athletes, testing systems, biomechanical indicators.

Annotation. Currently, modern motion testing and analysis systems are represented by a wide range of technologies and indicators used for subsequent analysis.

Systems with built-in accelerometer sensors include Xsens MVN Analyze, WIMU and Myotest. Dartfish is a video analysis system in sports. ForceDecks testplatform for automatic analysis of the hopping tests. NordBord and ForceFrame

are testing systems for different muscle groups. Systems that use a set of technologies for testing athletes - HumanTrak, Trust-M, BTS Smart. Human Trap uses a 3D camera with wearable inertial sensors, which allows 3D motion capture and biomechanics analysis. Biomechanics "Trust-M" is a system for complex objective assessment of motor functions, registration of biomechanics of movements and electromyography. BTS Smart is a video analysis system for all types of movement with integration with power platforms, electromyography, and a touch treadmill.

Введение. Информационные технологии имеют высокую значимость для спортивной подготовки и роста спортивных достижений [1]. В настоящее время учеными уделяется существенное внимание созданию новых систем тестирования двигательной деятельности спортсменов с последующим анализом данных в онлайн режиме – в приложении, облачном ресурсе, сайте. Однако большинство систем тестирования используют оффлайн-режим обработки и анализ данных непосредственно с помощью установки программного обеспечения и работы в нем без использования сети Интернет.

Цель исследования: анализ систем тестирования и анализа движений спортсменов с оффлайн-режимом обработки и анализа данных.

Методы и организация исследования. Метод исследования: контент-анализ и синтез.

Результаты и их обсуждение. По результатам анализа существующих систем тестирования и анализа движений спортсменов были выявлены следующие их виды: системы со встроенными датчиками-акселерометрами; системы, использующие видеоанализ или тензоплатформы; системы тестирования различных групп мышц спортсменов, а также системы с использованием комплекса технологий.

Отметим наиболее популярные системы со встроенными датчиками-акселерометрами. Так, компания Xsens, предлагает своим клиентам Xsens MVN Analyze - систему измерения показателей человеческого тела, основанную на инерционных датчиках, биомеханической модели человека и анализе данных. Трекеры движения регистрируют сигнал и передают данные в систему. Биомеханическая модель, а также алгоритмы сбора и обработки данных с датчиков обеспечивают анализ движения. Захват движений осуществляется с помощью костюмов Xsens Link и Xsens Awinda. Система дает возможность анализировать показатели биомеханики 23 частей тела и 22 суставов (углы, позиции, ускорения) [2].

Система контроля физической активности WIMU использует датчик, который контролирует физическую активность спортсмена и предоставляет точные данные в режиме реального времени. В системе возможен анализ таких

кинематических переменных, как ускорение, скорость, пройденная дистанция, и физиологических – частота сердечных сокращений, которые измеряются сенсором и затем анализируются в специальном программном обеспечении, поставляемом с WIMU [3].

Отметим также систему Myotest, позволяющую осуществлять комплексный мониторинг физических показателей спортсменов, проводить сбор и анализ биомеханических данных. Система использует Myotest PRO - прибор для мобильного тестирования и экспертной оценки биомеханики спортсменов. Прибор закрепляется на талии спортсмена или на грифе штанги и собирает всю информацию, необходимую для оптимизации тренировочного процесса [4].

Особую популярность в последние годы приобретают информационные продукты, ориентированные на проведение видеоанализа в спорте [5]. Так, в системе Dartfish применяется программное обеспечение с цифровой видеографикой с целью использования обратной визуальной связи. Возможен анализ тактики, техники, статистики, игровых действий [6].

Привлекает внимание в контексте тестирования спортсменов использование высокоточных тензоплатформ, которые с заданной программой расчета важнейших параметров позволяют в числовой форме автоматически записывать следующие данные: вес спортсмена, максимальную силу отталкивания, импульс силы и время нахождения в воздухе и др. Так, система ForceDecks представляет собой двойные высокоточные тензоплатформы и программное обеспечение для автоматического анализа прыжковых и других тестов. В системе возможен анализ силы мышц, нейромышечной производительности, асимметрии левой и правой ноги, профиля движения [7].

Отметим системы тестированием различных групп мышц спортсменов NordBord и ForceFrame от VALD Performance.

NordBord – система тестирования группы мышц задней поверхности бедра. Система дает возможность измерять, контролировать и тренировать силу и дисбаланс подколенного сухожилия и является методом для эксцентрической и изометрической тренировки подколенных сухожилий. Все результаты тестирования после завершения теста загружаются в аналитическую платформу и централизованное облачное хранилище. В системе возможен анализ силы подколенного сухожилия в Ньютонах для левой и правой ноги [8].

ForceFrame – модульная портативная система, используемая для изометрических тренировок, а также для измерения дисбаланса и силы в группах мышц колена, бедра, плеч, лодыжки и шеи. Система дает возможность

тестировать и тренировать изометрические силы в 30 положениях для различных групп мышц, а также контролировать нагрузку, модуляцию боли и осуществлять объективную количественную оценку прогресса реабилитации [9].

В настоящее время существуют системы, использующие комплекс технологий тестирования спортсменов. В их число входят: HumanTrak от VALD Performance, Биомеханика "Траст-М" от «Неврокор», BTS Smart от BTS Bioengineering. Так, система HumanTrak компании VALD Performance использует 3D-камеру с носимыми инерционными датчиками, с помощью чего происходит 3D захват движения и анализ биомеханики. В системе используется уникальная комбинация IMU сенсоров и камеры с целью записи и анализа движений, тестов и упражнений. 3D-камера с носимыми инерционными датчиками создает динамическую 3D-модель тела спортсмена. Система оценивает динамические движения верхней и нижней частей тела. Каждая оценка предоставляет информацию о амплитуде движений и дисбалансе конечностей. Технология SwayTrak отслеживает центр массы, сообщая о колебании, которое происходит на 360° во время оценки баланса [10].

В число систем с комплексными технологиями также входит комплекс Биомеханика "Траст-М" научно-производственной компании «Неврокор» - система для комплексной объективной оценки двигательных функций, регистрации биомеханики движений и ЭМГ.

Комплекс предназначен для осуществления полного цикла диагностики опорно-двигательной системы. Он дает возможность регистрировать и анализировать кинематику движений, ротации в суставах, функционирование мышечного каркаса, треморы, асимметрии, биоэлектрическую активность мышц, исследовать постуральную функцию. Объективная оценка движений осуществляется по параметрам подометрии, суммарной ЭМГ, гониограмм, амплитудам, стабилометрии, скоростям и фазам двигательных локомоций. Главными составляющими комплекса являются миниатюрные биомеханические сенсоры «Траст-М» с телеметрическим управлением по радиоканалу [11].

BTS Smart от BTS Bioengineering – система видеоанализа всех типов движения. Система предоставляет широкие возможности, гибкость и точность при многофакторном анализе движения. В свою очередь, многофакторный анализ движения дает возможность интегрировать кинематические данные с данными, которые были получены с различных устройств, таких, как силовые платформы, ЭМГ, сенсорная беговая дорожка [12]. В системе имеется возможность создания встроенных программ-протоколов для исследования

кинематических, динамических и электромиографических характеристик движения при выполнении различных спортивных упражнений [13,14], в том числе и специализированных программ оценки техники соревновательных упражнений [15,16].

Анализ систем тестирования и анализа движения позволяет сделать вывод о том, что системы, использующие комплексные технологии, предоставляют больше возможностей для контроля за состоянием основных систем организма спортсмена, что является основой управления динамикой различных сторон готовности спортсменов [1]. При этом, необходимо учитывать размеры и мобильность оборудования систем тестирования.

Заключение. В настоящее время современные системы тестирования и анализа движения спортсменов представлены широким спектром используемых технологий и показателей для анализа.

В число систем со встроенными датчиками-акселерометрами входят Xsens MVN Analyze, Wimu, Myotest. Xsens MVN Analyze дает возможность анализировать значения углов, позиций, ускорений частей тела и суставов. В системе контроля физической активности Wimu возможен анализ таких кинематических переменных, как ускорение, скорость, пройденная дистанция, и физиологической переменной – частоты сердечных сокращений. Система Myotest использует Myotest PRO - прибор для мобильного тестирования и экспертной оценки биомеханики спортсменов. Особую популярность в последние годы приобретают информационные продукты, ориентированные на проведение видеоанализа в спорте. К числу таких систем относится система Dartfish, позволяющая анализировать тактику, технику, статистику, игровые действия спортсменов с помощью обратной визуальной связи. Тензоплатформы ForceDecks анализируют силу мышц, нейромышечную производительность, асимметрию левой и правой ноги, профиль движения. Системы тестирования групп мышц спортсменов – NordBord и ForceFrame позволяют измерять, контролировать и тренировать силу и дисбаланс групп мышц колена, бедра, плеч, лодыжки, шеи и являются методом для их эксцентрической и изометрической тренировки. Существуют системы, использующие комплекс технологий тестирования спортсменов. В системе HumanTrak используется уникальная комбинация IMU сенсоров и камеры с целью записи и анализа движений, тестов и упражнений. "Траст-М" регистрирует и анализирует кинематику движений, ротации в суставах, функционирование мышечного каркаса, треморы, асимметрии, биоэлектрическую активность мышц, исследует постуральную функцию. В BTS Smart от BTS Bioengineering возможна интеграция кинематических данных с данными, которые были получены с различных устройств, таких, как

силовые платформы, ЭМГ, сенсорная беговая дорожка.

Список литературы

1. Нопин С.В. Разработка технологических систем для научно-методического обеспечения спортивной подготовки (на примере спортивных игр) / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, В.А. Блинов // Омск: Изд-во СибГУФК. – 132 с.

2. Xsens MVN Analyze. Биомеханика и кинематика 3D в любых условиях сайт компании Mocap Tech. – URL: https://mocap-tech.ru/analyze/ (дата обращения 16.12.2020).

3. Wimu. Система контроля физической активности. – URL: http://sportinsight-evolution. ru/st4/wimu.html (дата обращения 16.12.2020).

4. Myotest. Запись и анализ биомеханики спортсмена. – URL: https://www.myotest. com (дата обращения 16.12.2020).

5. Фаткуллов И.Р. Обзор возможностей программ видеоанализа в спорте / И.Р. Фаткуллов, Л.А. Фаткуллова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – С. 280-283.

6. Dartfish. Программное обеспечение для видео анализа. – URL: https://innosport.ru/dartfish (дата обращения 16.12.2020).

7. ForceDecks - двойные высокоточные тензоплатформы и программное обеспечение для автоматического анализа прыжковых и других тестов. Inno Sport – технологии для профессионального спорта. – URL: https://innosport.ru/forcedecks (дата обращения 16.12.2020).

8. NordBord. Система тестирования подколенных сухожилий. Inno Sport – технологии для профессионального спорта. – URL: https://innosport.ru/nordbord (дата обращения 16.12.2020).

9. ForceFrame. Модульная портативная система для изометрических тренировок, а также для измерения силы и дисбаланса в группах мышц бедра, колена, плеч, лодыжки и шеи. Inno Sport – технологии для профессионального спорта. – URL: https://innosport.ru/forceframe (дата обращения 16.12.2020).

10. HumanTrak. Система 3D захвата движения и анализа биомеханики. Inno Sport – технологии для профессионального спорта. – URL: https://innosport.ru/humantrak (дата обращения 16.12.2020).

11. Биомеханика "Траст-М". Система для комплексной объективной оценки двигательных функций, регистрации биомеханики движений и ЭМГ. – URL: http://www.neurocor. ru/product/biomehanika-trast-m?yclid=723634 0305492468336 (дата обращения 16.12.2020).

12. BTS Smart. Новейшая цифровая оптикоэлектронной система

высокого разрешения для анализа всех типов движения. – URL: https://www.btsbioengineering.com/products/smart-dx-motion-capture/ (дата обращения 16.12.2020).

13. Нопин С.В. Тестирование функционального состояния опорно-двигательного аппарата спортсменов циклических и ситуационных видов спорта / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов // Теория и практика физической культуры. 2020. № 4. С. 25-27.

14. Нопин С.В. Методика экспресс-контроля за техникой выполнения тяжелоатлетических упражнений в условиях тренировочной деятельности / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов, С.М. Абуталимова // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. 2020. № 6. С. 14-16.

15. Нопин С.В. Биомеханическая и электромиографическая экспресс оценка тяжелоатлетического толчка / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020660143, 28.08.2020. Заявка № 2020619201/69 от 20.08.2020.

16. Нопин С.В. Биомеханическая и электромиографическая экспресс оценка тяжелоатлетического рывка / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020660142, 28.08.2020. Заявка № 2020619210/69 от 20.08.2020.

References

1. Nopin S.V. Development of technological systems for scientific and methodological support of sports training (On the example of sports games) / S.V. Nopin, Yu.V. Koryagina, V.A. Blinov // Omsk: Publishing house of SibGUFK. - 132 p.

2. Xsens MVN Analyze. Biomechanics and 3D kinematics in all conditions Mocap Tech company website. – URL: https://mocap-tech.ru/analyze/ (accessed 16.12.2020).

3. Wimu. Physical activity monitoring system. – URL: http://sportinsight-evolution. ru/st4/wimu.html (accessed 16.12.2020).

4. Myotest. The recording and analysis of the biomechanics of the athlete. – URL: https://www.myotest. com (accessed 16.12.2020).

5. Fetkullov I.R. review of the programs of video analysis in sport / I.R. Fetkullov, L.A. Fedulova // scientific notes University. P. F. Lesgaft. - 2018. - pp. 280-283.

6. Dartfish. Software for video analysis. - URL: https://innosport.ru/dartfish (accessed 16.12.2020).

7. Forcedecks. Dual high-precision strain platforms and software for automatic analysis of jump and other tests. inno sport-technologies for professional sports. – URL: https://innosport.ru/forcedecks (accessed 16.12.2020).

8. Nordbord. System testing of the hamstrings. Inno Sport-technologies for professional sports. – URL: https://innosport.ru/nordbord (accessed 16.12.2020).

9. ForceFrame. Modular portable system for isometric training, as well as for measuring strength and imbalance in the thigh, knee, shoulder, ankle and neck muscle groups. Inno Sport-technologies for professional sports. – URL: https://innosport.ru/forceframe (accessed 16.12.2020).

10. Humantrak. 3D motion capture and biomechanics analysis system. Inno Sport-technologies for professional sports. – URL: https://innosport.ru/humantrak (accessed 16.12.2020).

11. Biomechanics "Trust-M". System for complex objective assessment of motor functions, registration of biomechanics of movements and EMG. – URL: http://www.neurocor. ru/product/biomehanika-trast-m?yclid=723634 0305492468336 (accessed 16.12.2020).

12. BTS Smart. The latest high-resolution digital optoelectronic system for analyzing all types of motion. - URL: https://www.btsbioengineering. com/products/smart-dx-motion-capture/ (accessed 16.12.2020).

13. Nopin S.V. Testing of the functional state of the musculoskeletal system of athletes of cyclic and situational sports / S.V. Nopin, Yu.V. Koryagina, G.N. Ter-Akopov // Theory and practice of physical culture. - 2020. - N.4. - P. 25-27.

14. Nopin S.V. Method of express-control over the technique of weightlifting exercises in terms of training activities / S.V. Nopin, Yu.V. Koryagina, G.N. Ter-Akopov, S.M. Abutalibova // Physical culture: upbringing, education, training. - 2020. - N.6. - P. 14-16.

15. Nopin S.V. Biomechanical and electromyographic express assessment of weightlifting push / S.V. Nopin, Yu.V. Koryagina, G.N. Ter-Akopov. Certificate of registration of the computer program RU 2020660143, 28.08.2020. Application №. 2020619201/69 dated 20.08.2020.

16. Nopin S.V. Biomechanical and electromyographic express assessment of weightlifting jerk / S.V. Nopin, Yu.V. Koryagina, G.N. Ter-Akopov. Certificate of registration of the computer program RU 2020660142, 28.08.2020. Application №. 2020619210/69 dated 20.08.2020.

Сведения об авторах: Сергей Викторович Нопин – к-т тех. наук, ведущий научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, work800@yandex.ru; **Андрей Николаевич Копанев** – младший научный сотрудник центра медико-биологических

технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, kopanev.andrey@bk.ru; **Сабина Маликовна Абуталимова** – научный сотрудник ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, sabina190989@yandex.ru.

Information about the authors: Sergei Viktorovich Nopin – candidate of technical sciences, leading researcher of the biomedical technology center of the FSBI NCFRCC of the FMBA of Russia, work800@yandex.ru; **Andrey Nikolaevich Kopanev** – junior researcher of the FSBI NCFRCC of the FMBA of Russia, kopanev.andrey@bk.ru; **Sabina Malikovna Abutalimova** – researcher of the FSBI NCFRCC of the FMBA of Russia, sabina190989@yandex.ru.