

Розділ 1. Історичні, філософські, правові та організаційні проблеми фізичної культури

УДК 796.015.134

*Виталий Кашуба, Юрий Литвиненко,
Юрий Юхно, Владислав Зарудный,
Светлана Беленко*

Теоретико-практические аспекты использования оптико-электронных систем регистрации движений при биомеханическом анализе спортивной техники

Национальный университет физического воспитания и спорта Украины (г. Киев)

Постановка научной проблемы и её значение. Вопрос повышения эффективности спортивно-технического мастерства на современном этапе развития спорта высших достижений является одним из наиболее актуальных. Свидетельством этому может служить повышенное внимание научных работников и практикующих тренеров, выраженное как многочисленными научно-практическими разработками, которые представлены в специальной литературе [1–5], так и непосредственным поиском и реализацией на практике самых различных методических подходов к совершенствованию спортивной техники.

Одним из наиболее важных аспектов в данном вопросе всегда был и остаётся на сегодняшний момент организация процесса познания закономерностей двигательных действий.

Изначально данная проблема решалась эмпирическим путём. Посредством проб и ошибок, подвергая порой риску карьеру спортсмена, тренер подбирал различные способы выполнения одного и того же упражнения с целью достижения лучшего результата с максимально эффективной реализацией внешних и внутренних сил по отношению к телу занимающегося. Безусловно, многое делалось на основании чувственного восприятия, а также имеющегося опыта, но, как правило, без количественного подтверждения о правильности выбранного пути. В некоторых случаях для получения объективной оценки и осуществления определенного прогноза о возможности или невозможности выполнения того или иного варианта движения, специалисты обращались к применению сложных математических расчётов. В такой способ математическое моделирование заняло свое достойное место в сфере познания спортивных движений. Вместе с тем, именно благодаря практической деятельности тренера, созданы многие рациональные образцы спортивной техники в различных видах спорта.

Ещё чуть более столетия тому назад наиболее серьёзным лимитирующим фактором при изучении движений тела человека являлось отсутствие специального научного оборудования, позволяющего производить регистрацию с возможностью последующего анализа перемещений различных биоэлемента и всего тела спортсмена в целом.

С появлением кинематографии и привнесением киносъёмки в сферу изучения возможностей движения тела человека как научного метода представление о данных процессах значительно расширились.

В настоящее время в практике спорта высших достижений анализ спортивной техники немислим без применения высокоточного измерительного оборудования, позволяющего специалисту оценить, как внутреннюю, так и внешнюю стороны движения.

Наиболее распространёнными в этом отношении следует считать методы видеорегистрации (оптические и оптико-электронные). Необходимо также отметить, что в силу разных причин (поставленных задач; назначения методики; её технические возможности, мобильности, оперативности предоставления информации, стоимости и др.) важно избирательно подходить к выбору конкретной методики для регистрации движений тела человека.

Спектр же последних настолько широк, что это зачастую приносит элемент сомнения при их подборе (Какая методика будет универсальной для решения определённого круга задач?). В отдельных случаях требуются специальные знания, позволяющие управлять и настраивать более сложные,

но одновременно и более информативные методы регистрации и анализа спортивной техники. Поэтому на практике тренер и спортсмен, в лучшем случае, используют уже известные им и, как правило, достаточно элементарные способы регистрации движения, тем самым ограничивая себя от получения более обширной и важной информации.

В этой связи систематизация, выделение назначений, преимуществ и недостатков среди существующих оптико-электронных методов как неотъемлемых при проведении биомеханического анализа с последующим синтезом и моделированием спортивной техники является актуальным вопросом не только для теоретической, но и для практической стороны дела.

Связь работы с научными планами, темами. Работа выполнена согласно Сводного плана НИР в области физического воспитания и спорта на 2010–2015 гг. по теме: 2.16 «Совершенствование средств и методов технической подготовки квалифицированных спортсменов», а также госбюджетной темы Министерства образования и науки, молодёжи и спорта Украины на 2011–2013 гг.: «Совершенствование средств технической и тактической подготовки квалифицированных спортсменов с использованием современных технологий измерения, анализа и моделирования движений».

Цель исследования – на основании анализа специальной литературы обобщить теоретико-практические основы использования оптико-электронных систем регистрации движений тела спортсмена.

Методы исследования. Для решения поставленной цели нами использовался метод анализа и обобщения данных специальной научно-методической литературы, а также опыта передовой практики.

Изложения основного материала и обоснование полученных результатов исследования. Анализируя современные системы регистрации техники двигательных действий тела человека и его отдельных биоэвентов, необходимо указать, что существующие разработки, хотя и работают по схожему принципу, имеют специфические конструкторские и технические особенности, которые определяют назначение, возможную сферу применения, их преимущества и недостатки, по сравнению с другими подобными системами.

Наиболее распространённым является метод видеосъёмки. В видеокамере оптическое изображение преобразуется в электрический сигнал, величина которого в каждый момент времени соответствует яркости отдельных элементов изображения.

Стандартная частота съёмки – 25 кадр. с⁻¹. В спортивной практике в зависимости от специфики вида спорта применяются видеокамеры, частота съёмки которых достигает до 1000 кадр. с⁻¹ и выше.

Современные камеры позволяют производить видеозапись на цифровой носитель. Одним из первых таких носителей стали кассеты формата mini DV. Его введение ознаменовалось новым этапом в развитии систем видеорегистрации, повысилось качество изображения, точность получаемой информации. Компактные формы и относительно невысокая стоимость сделали метод видеосъёмки общедоступным и незаменимым инструментом для тренера в педагогическом процессе.

Дальнейшее развитие уже связано с использованием видеокамер, производящих запись как на диски mini DVD-R\RW, так и на встроенные или съёмные карты памяти и жёсткие диски.

Вне зависимости от типа используемой видеокамеры для получения количественной информации видеозапись необходимо перенести на жёсткий диск персонального компьютера (ПК) для дальнейшей обработки.

Оцифрованные видеоматериалы следует преобразовать в серию кадров (так называемая раскадровка), для чего применяют специальные прикладные программные обеспечения.

Полученные видеорамок используются для качественного и количественного анализа спортивной техники.

Важным условием при проведении одноплоскостной видеосъёмки является соблюдение существующих метрологических норм, обеспечивающих получение объективной первичной информации об изучаемом объекте съёмки [3].

При выборе одноплоскостной съёмки в качестве основного метода регистрации двигательных действий тела человека необходимо учитывать, что непосредственный анализ спортивной техники возможен с одной из трёх сторон относительно испытуемого (сбоку, сзади или спереди, а также сверху). Опорно-двигательный аппарат тела человека устроен таким образом, что большинство движений имеют вращательный тип, а это не позволяет полноценно анализировать двигательное действие всех частей тела спортсмена в одной плоскости.

К примеру, при биомеханическом анализе техники ходьбы (камера установлена сбоку от спортсмена) вероятность допущения каких-либо неточностей в определении координат исследуемых точек тела высока. Так, в процессе ходьбы движение верхних конечностей, в частности в плечевых суста-

вах, крім поочередного сгибання і розгибання можуть виконувати пронацію і супінацію. В цьому випадку практично неможливо зберегти перпендикулярність оптичної осі об'єктива камери до площини руху цих біозвеньїв, що супроводжується спотворенням значень шуканих координат досліджуваної антропометричних точок тіла. В свою чергу, це тягне за собою внесення погрешностей в визначення пройденого шляху, швидкості, прискорення даної точки, кутових характеристик, де ця точка може бути задіяна. Аналогічна ситуація може скластися і з нижніми кінцівками (особливо зі стопою, де кількість ступенів свободи по відношенню до тазобедреного суглобу дозволяє також без ускладнень виконати відведення (приведення) або пронацію (супінацію) і тим самим змінити кут між лінією руху стопи і оптичною осью об'єктива камери.

При проведенні одноплоскостної зйомки спереду (ззаду) відносно об'єкта зйомки крім вказаних вимог необхідно, щоб простір, в якому переміщується досліджуваний, було максимально «часто масштабовано».

Перераховані вище вимоги вказують на явні обмеження в застосуванні даного методу для ряду видів спорту, а саме: всі види метань в легкої атлетикі, деякі види в спортивній гімнастикі, фігурне катання, спортивні танці, єдиноборства, ігрові види спорту і др.

Таким чином, аналіз спортивної техніки з допомогою одноплоскостної зйомки проводять переважно в циклічних видах спорту. В інших видах відеограми, отримані з допомогою одноплоскостної зйомки, можуть стати корисним матеріалом для тренера і спортсмена для якісного аналізу спортивної техніки, можливо також частинний біомеханічний аналіз (окремих поз, початкових або граничних положень, коротких фаз).

Вирішення даного питання заключається в використанні двох- або трьохплоскостної зйомки. Налаштування камер при цьому буде залежати суцільно від специфіки виду спорту.

Наприклад, для реєстрації техніки метання молота і диска і толкання ядра камери необхідно встановити з двох сторін таким чином, щоб оптичні осі їх об'єктивів розташувалися один до одного перпендикулярно. Третю камеру розміщують над сектором для метання. Оптична вісь цієї камери також повинна бути під кутом 90° до сектору і збігатися з його геометричним центром (зенітна зйомка). Найважливішою задачею є синхронізація всіх камер, що забезпечується за рахунок додаткових пристроїв.

Подібний підхід дозволяє отримати достатньо об'єктивну інформацію про техніку досліджуваної локомоції.

Ручна обробка відеограм – дуже тривалий і трудомісткий процес. Питання необхідності подачі швидкої інформації для тренера і спортсмена про спортивну техніку достатньо гостро було піднято ще в кінці минулого століття, на фоні чого і були розроблені перші комп'ютерні програми по обробці відеограм.

На кафедрі кінезіології Національного університету фізичного виховання і спорту України під керівництвом А. Н. Лапутина розроблена автоматизована система обробки відеограм (АСОВ) [2], яка внаслідок була взята за основу для розробки наступних подібних вітчизняних програмних продуктів, до яких відноситься і «Bio Video» [1].

В теперішній час отримання кількісної інформації про техніку рухових дій тісно пов'язано тільки з використанням спеціалізованих прикладних програм. До їх числа слід віднести «QVA», «Silicon Coach», «Simi Twinner Pro» «Dartfish» і др. [6, 8, 11, 15].

Подібні програми працюють, як правило, за схожим принципом. Основне відміння може полягати лише в тому, що не всі програмні продукти можуть обробляти відеограми з двох і більше камер, надаючи при цьому кількісну інформацію з двох або трьох площин простору.

Такі програми, як «Bio Video», «Silicon Couch», «Simi Twinner Pro», «Tracker», «DV Reference» і інші, дозволяють одночасно обробляти відеоматеріали тільки з однієї камери і визначати при цьому наступні кінематичні характеристики в одній площині:

1) *просторові* – координата досліджуваної точки, шлях і переміщення пройденої точки, її траєкторія, кути в суглобах;

2) *часові* – момент часу, тривалість руху, а також додатково визначити темп і ритм руху;

3) *просторово-часові* – лінійна швидкість досліджуваної точки тіла або ЦМ біозвена, лінійне прискорення досліджуваної точки тіла або ЦМ біозвена, кутова швидкість і прискорення біозвена.

В некоторых случаях разработчик предусматривает расчёт механической энергии для био-звеньев (кинетической при поступательном и вращательном движении, потенциальной и полной механической).

Существуют также программные обеспечения, предназначенные в большей степени проводить качественный биомеханический анализ. К одним из таких продуктов следует отнести «Dartfish».

Посредством этой программы можно производить не только многократный просмотр, осуществлять «стоп-кадр», замедленный показ, обратный показ, но и наложение одного видеоизображения на другое (попытки одного и того же испытуемого или разных), просматривать целостное движение тела человека или другого объекта (летающий мяч, ядро) в виде последовательных поз и положений на одном кадре (рис. 1).

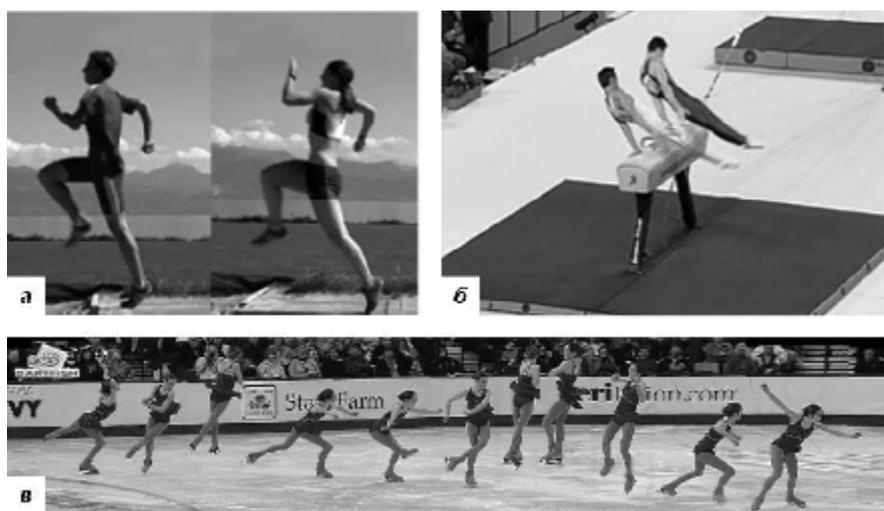


Рис. 1. Фрагменты видеоматериалов, полученных в программном обеспечении «Dartfish»: а – сопоставление двух спортсменов на разных кадрах; б – сопоставление двух спортсменов на одном кадре; в – представление целостного движения в виде последовательных поз на одном кадре

Кроме того, в программе предусмотрена возможность определения некоторых биокинематических характеристик, таких как путь пройденной точки, траектория, углы в суставах (рис. 2).



Рис. 2. Представление количественной информации в программном обеспечении «Dartfish»

Преимущество подобных программных обеспечений заключается, прежде всего, в простоте использования и оперативности предоставления информации. К основным недостаткам следует отнести ограниченное количество получаемых биомеханических характеристик, а также дороговизну.

Для получения достоверной информации о технике двигательных действий в спорте высших достижений профильные специалисты все реже и реже делают какие-либо заключения, исходя из данных одноплоскостной съёмки.

Некоторые производители, такие как «APAS», «VALI», «Contemplas», «Sports-motion», «Mikromak», «SIMI Motion» [8,11,14], при решении данной проблемы предложили системы

биомеханического анализа, включающие в себя высокочастотные видеокамеры (от двух и более), а также специализированные программные обеспечения со всеми необходимыми модулями для обработки видеоизображения и получения количественной информации.

Биомеханические требования к проведению видеосъёмки (с использованием названных систем) несколько отличаются от описанных ранее [3].

Системы видеонализа позволяют определять трёхмерные координаты исследуемых точек тела (x ; y ; z).

После проведения экспериментальной части исследования все видеозаписи подлежат копированию на жёсткий диск компьютера и разбишке каждой видеозаписи на серию кадров.

Для определения координат исследуемых точек тела необходимо отметить все точки в нужной последовательности на каждом кадре. Эта процедура выполняется для видеограмм, полученных на всех видеокамерах. Следовательно, чем больше камер, чем выше частота съёмки, тем длительней процесс обработки.

Учитывая этот факт, разработчики таких программных обеспечений предусмотрели возможность полуавтоматического определения координат исследуемых точек тела.

Безусловно, большее количество камер с максимальной частотой съёмки даёт наилучший результат в плане достоверности получаемой информации. Продолжительность обработки может при этом значительно возрастать, что следует признать большим недостатком.

К недостаткам можно отнести и то, что пользователь в ручном режиме расставляет точки на кадре с изображением тела испытуемого, что приносит некоторые неточности в определение координат.

Вместе с тем, наиболее значимым преимуществом подобных систем видеонализа является возможность их использования в соревновательной практике, где создаются все необходимые условия для реализации двигательного потенциала спортсмена и демонстрируются уникальные образцы спортивной техники.

Одними из последних новшеств в сфере разработок систем видеонализа являются камеры, работающие по принципу инфракрасного излучения (рис. 3).



Рис. 3. Камеры инфракрасного излучения системы «Vicon Peak»

Перечень производителей достаточно широк. К основным следует отнести «Vicon Peak», «Qualisys», «Elite», «Primas», «OptiTrack», «BTS», «Raptor» и др. [3,6,7,11].

Принципиальным отличием является то, что камеры регистрируют положение светоотражающего маркера (как точку) в пространстве, а не привычное видеоизображение. В этом и заключаются основные преимущества и одновременно недостатки использования таких систем.

Маркеры принято разделять на пассивные (только воспринимающие и отражающие луч света) и активные (самостоятельно излучающие луч в инфракрасном спектре).

Поскольку наличие специального маркера на теле испытуемого является необходимым условием, то исключается возможность использования данных систем в соревновательной практике.

В остальном такие системы признаны наиболее точными, так как определение координат в трёх плоскостях происходит в полностью автоматическом режиме в реальном масштабе времени без какого-либо участия оператора. Основной задачей последнего является правильное нанесение маркеров на тело спортсмена и корректное проведение калибровки оборудования. Заявляемая производителем погрешность при измерениях не превышает 0,01 мм на 1 м.

Измерительная система представляет собой совокупность аппаратного и программного обеспечений. Система камер подключается к персональному компьютеру либо через сетевой кабель, либо по беспроводному каналу связи (WiFi).

Індивідуально кожна камера виробляє двохмерну зйомку. Результат одночасної роботи декількох камер дозволяє отримати трьохмерне зображення (3D) (рис. 4).



Рис. 4. Демонстрація трьохмерного зображення в окнах програмного забезпечення «Arena» фірми виробителя «OptiTrack»

Між собою камери з'єднуються одним інформаційним кабелем, тому дані, поступаючі на комп'ютер користувача, представляються одним файлом як результат синхронної роботи всіх камер (незалежно від кількості камер в системі). Для отримання трьохмерної координати досліджуваної точки тіла (маркера на тілі спортсмена) виробитель рекомендує використовувати не менше трьох камер. Приклад розташування камер представлений на рисунку 5.

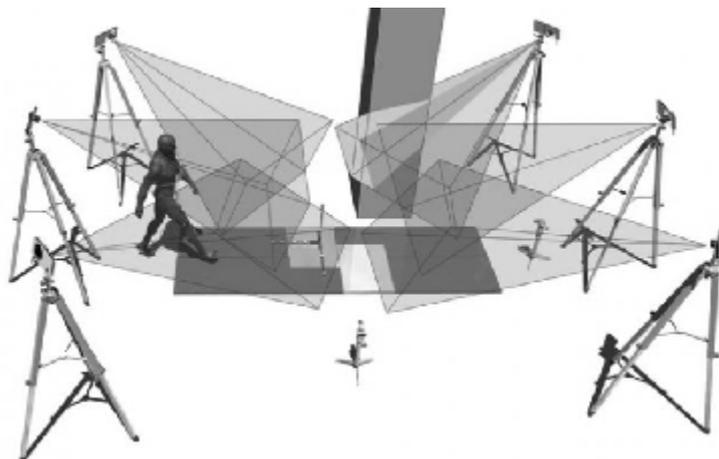


Рис. 5. Розташування камер в лабораторних умовах (на прикладі системи «Qualisys»)

Камери інфрачервоного випромінювання подають сигнал з заданою частотою (промінь в інфрачервоному спектрі), який, досягнувши світлоотражаючого маркера, відбивається від нього і потрапляє назад в камеру – визначаються двохмерні координати маркера. Процес «випромінювання» є циклічним, а його частота задається користувачем, що і визначає частоту зйомки.

Для визначення трьохмерної координати маркера необхідно, щоб він одночасно потрапив під зону «випромінювання» не менше двох камер. Тому маркери мають сферичну форму (в разі розташування камер спереду і збоку відносно до маркера його координати будуть отримані одночасно з двох камер і буде зроблено розрахунок трьохмерних координат) (рис. 6).



Рис. 6. Пасивні світлоотражаючі маркери

Все операции, производимые пользователем по настройке системы, установки частоты съёмки, калибровки, проведения съёмки, получения количественной информации, происходят сугубо через специальное программное обеспечение, установленное на компьютере пользователя.

Количественная информация, получаемая при помощи таких систем, весьма многообразна, а учитывая возможность подключения и синхронизированной работы дополнительных методик (тензоплатформы, электромиографы), её спектр значительно расширяется.

Такой подход позволяет оценить двигательное действие не только с позиции внешней формы движения, но и учесть действие регистрируемых сил, специфику работы отдельных мышечных групп и др.

В последних системах всё чаще и чаще используют активные LED маркеры. Каждый из них имеет свой ID (уникальный идентификатор) и элемент питания, что позволяет камерам безошибочно идентифицировать его в пространстве.

К системам, работающим по такому принципу, следует отнести разработки производителей «Lukotronic», «Codamotion», «Phasespace» и др. [10,13] (рис. 7).

Основным недостатком подобного подхода является то, что маркеры наносятся на специальный костюм и связаны между собой проводами, что ощутимо ограничивает движения испытуемого. По понятным причинам подобные системы применяются, как правило, в лабораторных условиях.



Рис. 7. Нанесение активных LED маркеров системы «Phasespace» на тело испытуемого

Вместе с тем, наличие персонального ID каждого маркера гарантирует точное определение координат и избежание путаницы в случае пересечения траекторий различных маркеров при выполнении двигательных действий.

Несколько иной подход регистрации техники спортивных движений предлагают такие производители, как «Xsens», «Animazoo» «ShapeWrapIII» и др. [9, 12].

Решение состоит в использовании инерционных датчиков, которые крепятся к костюму или к специальным ремням (рис. 8). Предлагаемый принцип работы даёт свободу передвижения, благодаря отсутствию камер.



Рис. 8. Система инерционных датчиков «Xsens MVN – Inertial Motion Capture» фирмы «Xsens»

Это мобильные системы, которые можно использовать как в помещении, так и на открытом воздухе. Беспроводной радиус диапазона приёма сигнала на открытом пространстве равняется приблизительно 150–200 м.

Системы достаточно просты в использовании, время их настройки и калибровки не превышает 15 мин.

Прикладные программные обеспечения данных систем реализуют визуализацию движений тела человека в реальном масштабе времени, выводя видеоматериал на экран монитора (рис. 9).

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Спортивно-техническое мастерство как элемент целостного процесса спортивной подготовки занимает одно из приоритетных мест в общей структуре спортивного мастерства. В настоящее время формирование и совершенствование спортивной техники осуществляется на основании количественных данных, получаемых при помощи современных оптико-электронных систем регистрации движений тела спортсмена и реализуемых в процессе биомеханического анализа, синтеза, а также моделирования наиболее рациональных образцов техники.

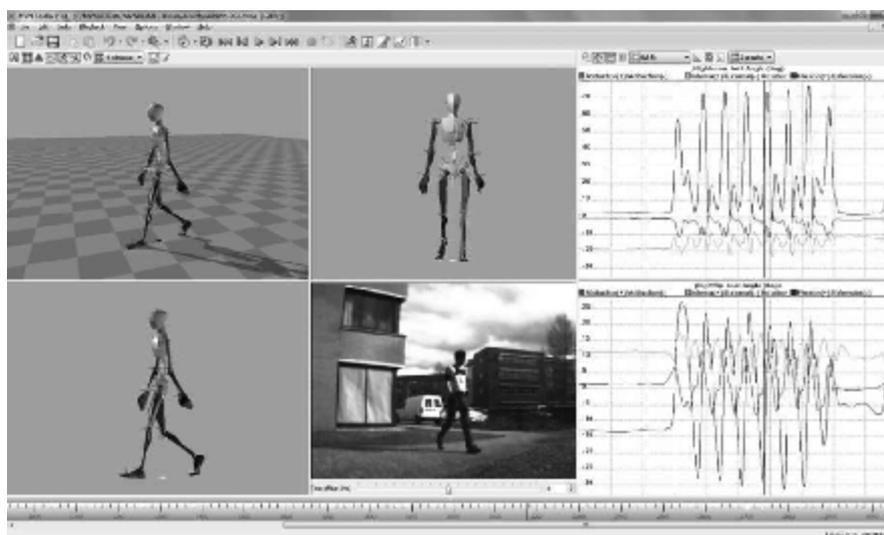


Рис. 9. Окно прикладного программного обеспечения «MVN Studio»

Исходя из проведенного аналитического обзора существующих оптико-электронных систем регистрации техники движений тела спортсмена, применяемых в практике современного спорта, можно говорить о том, что каждая система имеет как преимущества, так и недостатки, по сравнению с другими системами. Это, в свою очередь, определяет назначение оптико-электронных систем в спортивной практике (использование в условиях тренировочной, соревновательной деятельности, лабораторные исследования).

Установлено, что в настоящее время не существует универсальной методики регистрации техники движений спортсменов. К наиболее распространенным следует отнести одно-, двух-, трёх-плоскостную видеосъёмку, систему видеоанализа, включающую в себя аппаратное и программное обеспечение, в том числе работающие по принципу инфракрасного излучения камер, а также на основании работы инерционных датчиков.

Современные системы видеорегистрации позволяют получить объективные двух- и трёхмерные количественные характеристики движения тела спортсмена (пространственные, временные, пространственно-временные, силовые, энергетические, масс-инерционные), что в полной мере удовлетворяет необходимые метрологические требования к проведению биомеханического анализа, синтеза и моделирования.

Список использованной литературы

1. Кашуба В. А. Современные оптико-электронные методы измерения и анализа двигательных действий спортсменов высокой квалификации / В. А. Кашуба, И. В. Хмельницкая // Наука в олимпийском спорте. – 2005. – № 2. – С. 137–146.
2. Лапутин А. Н. Гравитационная тренировка / А. Н. Лапутин. – Киев : Знання, 1999. – 316 с.
3. Литвиненко Ю. В. Современные оптико-электронные системы регистрации и анализа двигательных действий спортсмена : метод. рек. / Ю. В. Литвиненко. – Киев : Экспресс, 2012. – 52 с.

4. Платонов В. Н. Биомеханические эргогенные средства в современном спорте / В. Н. Платонов, А. Н. Лапутин, В. А. Кашуба // Наука в олимпийском спорте. – 2004. – № 2. – С. 86–100.
5. Platonov V. N. Biomechanical ergogenic means in modern sport / V. N. Platonov, M. M. Bulatova, V. A. Kashuba // Stiinta sportului. Academia Romana, Bucuresti. – 2006. – N 53. – P. 19-49.
6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.qualisys.com>
7. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vicon.com/>
8. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.simi.com>
9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.xsens.com>
10. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.phasespace.com>
11. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.motion-capture-system.com>
12. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.animazoo.com>
13. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.lukotronic.com>
14. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.arielnet.com>
15. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.siliconcoach.com>

Аннотации

Спортивно-техническое мастерство как элемент целостного процесса спортивной подготовки занимает одно из приоритетных мест в общей структуре спортивного мастерства. Изучение, формирование, совершенствование и разработка наиболее рациональных образцов спортивной техники тесно связаны с использованием современных систем видеорегистрации. Установлено, что в настоящее время не существует универсальной методики регистрации техники движений спортсменов. К наиболее распространённым следует отнести видеосъёмку, системы видеонализа, в том числе работающие по принципу инфракрасного излучения камер, а также на основании работы инерционных датчиков. Использование систем видеорегистрации позволяет получить двух- или трёхмерные биомеханические характеристики, используемые при анализе спортивной техники.

Ключевые слова: оптико-электронные системы, спортивная техника, видеоанализ, методы.

Vitaliy Kashuba, Yuriy Litvinenko, Yuriy Yuhno, Vladislav Zarudny, Svetlana Belenko. Theoretical-practical aspects of use of optical-electronic systems of movements registration in the biomechanical analysis of sports technique. Спортивно-технічна майстерність як елемент цілісного процесу спортивної підготовки займає одне з пріоритетних місць у загальній структурі спортивної майстерності. Вивчення, формування, удосконалення та розробка найбільш раціональних зразків спортивної техніки тісно пов'язані з використанням сучасних систем відеореєстрації. Установлено, що сьогодні не існує універсальної методики реєстрації техніки рухів спортсменів. До найбільш поширених слід віднести відеозйомку, системи відеоаналізу, у тому числі ті, що працюють за принципом інфрачервоного випромінювання камер, а також на підставі роботи інерційних датчиків. Використання систем відеореєстрації дає змогу отримати дво- або тривимірні біомеханічні характеристики, які використовуються під час аналізу спортивної техніки.

Ключові слова: оптико-електронні системи, спортивна техніка, відеоаналіз, методи.

Vitaly Kashuba, Yuriy Litvinenko, Yuriy Yuhno, Vladislav Zarudny, Svetlana Belenko. Theoretical-practical Aspects of use of Optical-electronic Systems of Movements Registration in the Biomechanical Analysis of Sports Technique. Sports-technical skill, as the element of sports preparation process, occupies one of priority places in the general structure of sports skill. Studying, formation, improvement and development of the most rational examples of sports technique is closely connected with use of modern video registration systems. It is established that now there is no universal method of athletes movements technique registration. Video filming, video analysis systems, including cameras of infrared radiation, and also cameras on the basis of inertial sensors operation, are the most widespread. Use of video registration systems allows receiving two- or the three-dimensional biomechanical characteristics used in the analysis of sports technique.

Key words: optical-electronic systems, sports technique, video analysis, methods.