

$$\text{Здесь } p(S) = \frac{(e^{S/a-b} - c)}{d} \text{ при } S > S_0, \quad p(S) = \frac{e^{-S/a+b} - c}{-d} \text{ при } S \leq S_0.$$

Исследования модели показали, что при достаточном количестве элементов достоверно воспроизводится форма осциллометрической кривой. А также подтвердили тот факт, что ширина манжеты существенно влияет на форму полученного сигнала, и соответственно на результаты измерения. На основе модельного сигнала можно получить дополнительные информативные признаки для использования при разработке новых алгоритмов измерения основных величин артериального давления.

Литература

1. Парашин В. Б., Симоненко М. Н. *Разработка модели сосудистого русла для генерации сигнала тахоосциллограммы* // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2005. – № 9. – с.67 – 72.
2. Парашин В. Б., Симоненко М. Н., Черноморский Е. Г. *Оценка объемной податливости периферических артерий при измерении артериального давления осциллометрическим методом* // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2011. – № 10. – с.73 – 77.
3. US Patent Number: 5,423,322 – June 13, 1995.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ В ИССЛЕДОВАНИЯХ БИОМЕХАНИКИ ДВИЖЕНИЯ

Покатилов А. Е., Попов В. Н., Ефимов Д. В., Федосеев Ю. Ю.
УО Могилевский государственный университет продовольствия
Беларусь, Могилев, пр. Шмидта, 3, 212027, РБ,
pokatilov-a@mail.ru

Технологии захвата движения. В настоящее время при исследовании техники спортивных упражнений выделяют два направления – метод анализа кинематической и динамической структуры двигательных действий и синтез движений человека в имитационном моделировании на ЭВМ. В обоих случаях опорно-двигательный аппарат человека представляют в виде незамкнутой кинематической цепи. Для задач анализа и синтеза необходимо в натурном или вычислительном эксперименте получить угловое положение каждого звена, входящего в состав биомеханической системы. Сложность задачи определения угловых координат такова, что на данном этапе с трудом рассчитывают только плоские кинематические цепи, не рассматривая серьезно ни динамические цепи, ни пространственные.

Отметим, что для проведения вычислительного эксперимента по исследованию биомеханики движения спортсмена необходимо предварительно провести эксперимент с расшифровкой параметров этого движения. Исторически сложились способы получения их значений путем инструментальных и оптических методов регистрации двигательных действий. Круг используемых с этой целью методов исследования довольно разнообразен и постоянно совершенствуется. Полученные в результате проведения фотоцикло съемки, ки-

носъемки, видеосъемки материалы траекторных положений звеньев тела спортсмена используются в качестве исходных данных для получения цифровой информации о кинематических и биодинамических характеристиках техники исследуемых спортивных упражнений.

На современном этапе в смежных с биомеханикой спорта областях получили развитие технологии под общим названием «захват движения», решающие в определенной части задачи, аналогичные стоящим при исследовании движения спортсмена. На сегодняшний день метод применяется в производстве CGI-мультфильмов, а также для создания спецэффектов в фильмах, широко используется в игровой индустрии.

Существуют два основных вида систем захвата движения:

1. Маркерная система motion capture, где используется специальное оборудование. На человека надевается костюм с датчиками, после чего человек начинает двигаться; данные с датчиков фиксируются камерами и поступают в компьютер, где сводятся в единую трехмерную модель.

2. Безмаркерная технология, не требующая специальных датчиков или специального костюма. Безмаркерная технология основана на технологиях компьютерного зрения и распознавания образов. Актер может сниматься в обычной одежде, что сильно убыстряет подготовку к съемкам и позволяет снимать сложные движения (борьба, падения, прыжки, и т. п.) без риска повреждения датчиков или маркеров. В данном случае не требуется специального оборудования, специального освещения и пространства. Съемка производится с помощью обычной камеры (или веб-камеры) и персонального компьютера.

На сегодняшний день существуют большое количество маркерных систем захвата движений. Различие между ними заключается в принципе передачи движений. Так имеются системы оптически пассивные, оптически активные, магнитные, механические, и гироскопические (инертные).

В качестве примера современного состояния исследовательских методик в области расшифровки движения спортсмена можно привести широко используемый метод наклейки цветных маркеров на суставы человека. Полученные кадры видеосъемки обрабатываются вручную или специальными программами на компьютере. Метод не свободен от недостатков, так как необходимы программы, анализирующие цветное изображение, и существует проблема в автоматическом определении цвета меток. Другими словами, метод трудоемок, сложен и не решает всех задач, тем не менее, даже в таком виде он очень полезен и в определенной степени ускоряет процесс расшифровки видеокладов и продвигает исследования в изучении движения спортсмена.

Несомненно, системы, разработанные в кинематографе, являются более развитыми, по сравнению с применяемыми в биомеханике спорта. В значительной мере это связано с актуальностью задач кинематографа, а значит и соответствующим финансированием. Анализ показал однотипность решаемых задач биомеханики и кинематографа. Эти системы полностью применимы для исследования движения спортсмена, анализа техники спортивных упражнений, а также синтеза необходимых видов движения, их конструирования и

расчета. При этом не все возможности технологии захвата движения актуальны в биомеханике движения. Захват движения интересен лишь с точки зрения получения угловых координат звеньев опорно-двигательного аппарата человека, получившего название биомеханической системы.

Компьютерное зрение. Анализ существующих технологий захвата движения позволил отбросить бесперспективные системы, и отобрать системы, которые можно применить в биомеханике спорта. Магнитные и механические системы не долговечны и легко повреждаются, а также зависимы от помех. Представляют интерес оптические и, особенно, гироскопические системы, определяющие не только положение сенсора, но и угол его наклона. Но прежде всего, интересны и перспективны безмаркерные системы, не требующие специальных датчиков или специального костюма. Исследования в данной области велись давно, но лишь в последние несколько лет произошел прорыв.

В московской компании iPi Soft разработали уникальную систему захвата движений iPi Desktop Motion Capture, которая не требует оборудования, стоящего десятки, сотни тысяч и даже миллионы долларов. Специальные костюмы Motion Capture с датчиками и метками тоже не нужны. Все это заменяют алгоритмы машинного зрения, распознающие людей на видео, снятом обычными камерами. Еще одним достоинством системы является возможность создания трехмерных моделей движения.

Из особых требований, можно указать требования к одежде. Оптимальный вариант - это черный свитер, синие джинсы и черные ботинки, при этом и верх, и низ должны быть однотонными, без узоров и без блесток. Съемка ведется с разных точек.

Анализ и расчеты по данной технологии показали, что для исследования биомеханики движения человека с учетом взаимодействия со спортивным снаряжением, наиболее оптимальным будет съемка семью видеокамерами. Шесть видеокамер позволяют фиксировать движение человека с последующей обработкой программой на компьютере с мощной видеокартой. Седьмая камера предназначена для съемки деформации опоры.

Программа iPiRecorderSetup ведет запись с камер, фиксирующих движение человека, а его расшифровкой занимается программа iPiStudioSetup. Технология развивается и своего оптимума достигнет только через несколько лет. Тем не менее, уже сегодня возможны варианты: видеосъемка двумя специальными камерами или съемка видеокамерами Sony PlayStation Eye для PS3 в количестве от трех до шести.

Вариант с шестью камерами позволяет получить пространственную картину движения человека. Анализ возможностей программы для исследования движения гимнаста показывает следующую особенность – минимум одна камера должна располагаться над спортсменом. Разработчики указывают высоту в 2 – 3 м. Для гимнаста в ряде упражнений подобная точка расположена на высоте 4,5 – 5,5 м. Камеры должны находиться с разных сторон человека и на разной высоте. Расчеты показывают, что подобную схему можно реализовать, используя активные шины USB 2.0 не более 20 м, при котором не происходит

затухания сигнала. Данный вопрос является одним из критических при использовании данной технологии.

Проведенные эксперименты с использованием трех видеокамер показали работоспособность технологии захвата движения при исследовании движения спортсмена. Фиксировалось только движение человека. На данном этапе исследований деформация, т. е. движение спортивного снаряда, не рассматривалась.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОТКАНЕЙ СЕРДЦА И СОСУДОВ *IN VIVO*

Шилько С. В. *, Туманов Э. В. †

* ГНУ «Институт механики металлополимерных систем
имени В. А. Белого НАН Беларуси», Беларусь, 246050, Гомель, ул. Кирова, 32-а
shilko_mpri@mail.ru

† ФГБУ «Российский центр судебно-медицинской экспертизы Минздрава России»
Россия, 125284, Москва, ул. Поликарпова, 12/13
e.tumanov@mail.ru

Введение. Объективная аттестация деформационных свойств отделов сердца и сосудов, представляющих собой слоистые анизотропные оболочки, образованные нелинейно-упругими биотканями, и, в ряде случаев, обладающие сократительной (актуаторной) функцией, является весьма сложной проблемой. Вместе с тем, ее решение теоретическими и экспериментальными методами механики позволяет обосновать выбор материала и конструкцию имплантатов, способы диагностики состояния и протезирования органов сердечно-сосудистой системы.

К настоящему времени основные данные о механических свойствах сердца и сосудов в основном получены посредством одноосных испытаний образцов, т.е. изолированных от указанных органов фрагментов (полосок) биотканей [1–3]. Существенное искажение их физиологически нормального состояния (отсутствие связи с прилегающими биотканями, искусственный характер стимуляции актуаторной функции, структурные изменения материала после препарирования) затрудняет экстраполяцию полученных данных на живые органы и систему кровообращения в целом.

Целью работы является определение комплекса механических характеристик сердца и кровеносных сосудов *in vivo* в различных фазах кардиоцикла.

Метод исследования. Способность сердца выполнять значительную работу в условиях чрезвычайно большого числа кардиоциклов при минимальной толщине стенок камер (предсердий и желудочков) обусловлена оптимальной ориентацией и концентрацией миокардиальных волокон и капилляров. Вместе с тем, кардиомиоциты (клетки «матричной фазы» миокарда) малы в сравнении с толщиной стенок сердца. Это позволяет в первом приближении отнести миокард к квазиоднородным композитам и определять его вязкоупругие характеристики методом, локальным в масштабе отдела сердца и макроскопическим по отношению к тонкой (клеточной) структуре указанной биоткани.