

Кинематический анализ движения человека по данным видеофиксации Vicon

В.В. Яикова^{1,2}, Е.И. Яковлева^{1,3}, Н.В. Харин^{1,2}, М.Э. Балтин³, Т.В. Балтина³,
О.А. Саченков²

¹НИЛ "OpenLab Двигательная нейрореабилитация" Казанского (Приволжского) федерального университета, Кремлевская 18, Казань, Россия, 420111

²Институт математики и механики Казанского (Приволжского) федерального университета, Кремлевская 18, Казань, Россия, 420111

³Институт фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского) федерального университета, Карла Маркса, 74, Казань, Россия, 420055

Аннотация

Качество современных измерительных средств оказывает сильное влияние на скорость диагностики заболеваний опорно-двигательной системы человека. Использование системы Vicon Nexus позволяет получать трехмерные координаты маркеров в каждый момент времени. При обработке полученных данных применяется метод гониометрии. Походки испытуемых разделяются на циклы шага, которые в свою очередь делятся на фазу опоры и фазу переноса. Данные изменения углов в бедренном, коленном и голеностопном суставах аппроксимируются и разделяются на группы по средствам многомерной кластеризации. Данная методика позволяет идентифицировать походки с патологическими изменениями.

Ключевые слова

Биомеханика, фаза шага, гониометрия, кластерный анализ, метод видеофиксации

1. Введение

Для детального кинематического анализа исследуются движения в трех анатомических плоскостях тела: в сагиттальной, горизонтальной и во фронтальной плоскости. Благодаря стремительному развитию современных измерительных средств удастся не только диагностировать различные заболевания на ранних этапах, но и проводить персонализированное лечение пациента, опираясь при этом на методы доказательной медицины[1]. В данной работе используется метод гониометрии - измерение движений в суставах нижних конечностей (тазобедренном, коленном, голеностопном). Для решения поставленной задачи необходимы экспериментальные данные, а именно координаты, изменяющиеся в каждый момент времени. Искомые кинематические характеристики находятся с помощью программного комплекса Vicon Nexus, работающий по технологии захвата движения[2]. Данный метод имеет множество преимуществ благодаря высокой частоте записи.

2. Фазовый анализ ходьбы

Vicon – это система состоящая из нескольких цифровых инфракрасных камер Vicon MX (Vicon Motion Systems, Оксфорд, Великобритания) с регулируемыми линзами и фокусом, и проработанного программного обеспечения для обработки и визуализации данных Vicon Nexus. Камеры размещаются на специальных держателях по периметру области. На испытуемого крепятся маркеры(датчики) в соответствии с разработанной схемой Рисунок 1.

Алгоритм программы содержит следующие этапы: чтение файла в формате .c3d; визуализация скелета; разделение всего массива на целые шаги; выделение в каждом шаге фазы опоры и переноса. В последующем были вычислены углы в суставах. Полученные

значения углов разделены по фазам и записаны в файл для последующей обработки. Дальнейший анализ ведется со значениями углов в фазах. Для изучения характера движения график изменения угла в фазе аппроксимируется непрерывно дифференцируемой функцией пятой степени. В результате реализации программного кода в MATLAB характер угла может быть описан нормирующим коэффициентом и аппроксимирующей функцией. Для нахождения однотипных походок, а также отделение нормы от патологии использовался такой метод машинного обучения, как многомерная кластеризация. С помощью этого инструмента, использующего алгоритм K-средних, происходит разделение на кластеры так, чтобы различия между объектами внутри кластера были минимальны.

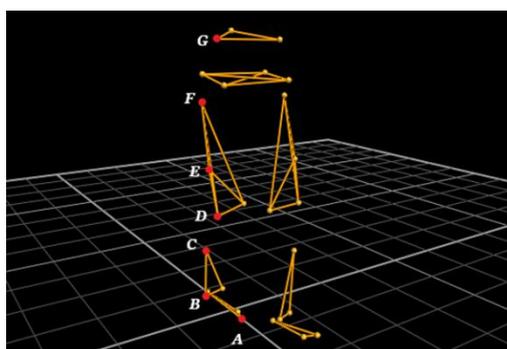


Рисунок 1: Положение маркеров на испытуемом в экспериментах

В эксперименте принимали участие 3 мужчины и 3 женщины, каждый из которых моделировал несколько вариантов походки, такие как: стандартная походка, косолапость, шарканье, перекачивание с пятки на носок, по прямой, с пятки носок слегка развернут, прихрамывание на левую и правую ногу, бег, широкий шаг. Каждый вариант походки был записан несколько раз. После процесса многомерной кластеризации проводилась проверка на нормальное распределение, подсчет стандартной ошибки и дальнейшее осреднение параметров группы. Для полного анализа полученных групп необходимо провести сравнение статистической значимости.

В результате исследования получены группы объединенных походок, которые статистически различимы. Таким образом, появляется возможность отделения нормальной походки и походки с патологией. Представленная выше методика способствует ускорению времени диагностики заболеваний, а также корректировке применяемой терапии в зависимости от актуального состояния пациента.

3. Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке, выделяемой Казанскому федеральному университету по государственному заданию в сфере научной деятельности, грант № 0671-2020-0059

4. Литература

- [1] Витензон, А.С. Биомеханические исследования ходьбы по горизонтальной поверхности и по лестнице / А.С. Витензон, Г.П. Гриценко, К.А. Петрушанская, И.А. Сутченков, Н.Е. Михеева // Биомеханика: тез. докл. V Всерос. конф. – Нижний Новгород, 2000.
- [2] Витензон, А.С. Электромиографические исследования ходьбы по горизонтальной поверхности и по лестнице / А.С. Витензон, К.А. Петрушанская, Г.П. Гриценко, Н.Е. Михеева, И.А. Сутченков // Биомеханика: тез. докл. V Всерос. конф. – Нижний Новгород, 2000.