

# ПОСТРОЕНИЕ ПАРАМЕТРИЗИРОВАННОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НИЖНЕГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА ЧЕЛОВЕКА

Т. С. Левцова

Кафедра информационных технологий, Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого

Гомель, Республика Беларусь

E-mail: tane4kalts@gmail.com

*С помощью геометрической модели становится проще визуализировать объекты сложной структуры и проводить анализ анатомии пациента и физические деформации. В статье рассмотрены особенности моделирования геометрической модели поясничного отдела позвоночника человека. Описаны модули, которые были разработаны при реализации программного средства для построения параметризированной геометрической модели. Представлены результаты моделирования поясничного отдела позвоночника человека.*

Численное изучение физиологических и патологических процессов, происходящих в организме человека, в настоящее время представляется одним из самых актуальных и перспективных направлений в научных исследованиях.

Недостаток необходимой информации о состоянии позвоночника привел к исследованиям геометрических моделей, описывающих различные отделы позвоночника человека.

Модель дает значительно больше информации о позвоночнике, чем можно получить современными средствами измерений. При анализе поведения модели сегментов отделов позвоночника, варьирование значениями параметров структур позвоночного столба дает возможность определить роль каждого из них на проявление синдрома, а, следовательно, рассмотреть множество его вариантов и сочетаний с другими симптомами.

В странах СНГ уровень развития компьютерного моделирования невысок.

Ряд исследователей в РФ и Украине выполняют исследования, которые позволяют по стандартным проекциям рентгенограмм рассчитывать и анализировать изображенную на дисплее пространственную модель деформации различных отделов скелета человека [1]. Однако получаемые в результате геометрические модели являются очень упрощенными и не позволяют учитывать изменения размера моделируемого объекта [2].

Поэтому актуальной является проблема разработки программного средства автоматизации построения параметризированной геометрической модели поясничного отдела позвоночника человека.

При реализации автоматизированной системы были разработаны следующие компоненты:

- модуль предварительной обработки изображений – данный блок предназначен для улучшения изображений перед измерением необходимых параметров позвонка на осно-

ве методов пороговой обработки, перевода изображения в градации серого, подавление шумов усредняющим фильтром [3];

- модуль измерения параметров позвонков – данный блок предназначен для определения всех необходимых размеров позвонка по снимкам срезов поясничного отдела позвоночника человека;
- модуль управления параметрами геометрической модели – данный блок предназначен для сохранений информации о размерах позвонков и межпозвонковых дисков в таблицу параметров геометрической модели;
- модуль визуализации геометрической модели – данный блок предназначен для визуализации полученной параметризированной геометрической модели поясничного отдела позвоночника человека.

Автоматизированная система реализована средствами языка Си шарп в среде разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio.

Для того чтобы построить 3D-модель поясничного отдела позвоночника человека максимально приближенную к ее реальному образу изучили особенности строения позвонков поясничного отдела человека (рисунок 1).

Поясничный отдел позвоночника соединяет малоподвижный грудной отдел и неподвижный крестец. Основу позвоночника составляют позвонки (пористые костные образования), которые скрепляются между собой межпозвонковыми дисками. Поясничный отдел позвоночника состоит из 5 самых крупных позвонков, которые имеют характерную особенность строения.

Передняя часть позвонка имеет форму близкую к цилиндрической форме и носит название тела позвонка. Тело позвонка несет основную опорную нагрузку, так как вес человека в основном распределяется на переднюю часть позвоночника.

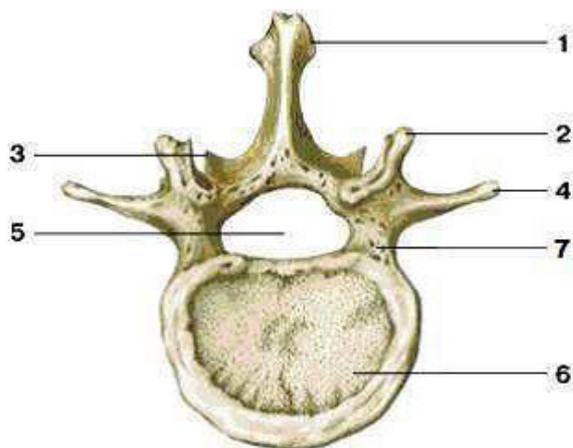


Рис. 1 – Особенности строения поясничного отдела позвоночника

Сзади от тела позвонка в виде полукольца располагается дужка позвонка с несколькими отростками. Тело и дужка позвонка формируют позвонковое отверстие. В позвоночном столбе соответственно позвонковые отверстия расположены друг над другом, формируя позвоночный канал. В позвоночном канале расположен спинной мозг, кровеносные сосуды, нервные корешки, жировая клетчатка. Дужка позвонка прикрепляется к телу позвонка при помощи ножки позвонка. Межпозвоночный диск представляет собой плоскую прокладку округлой формы, расположенную между двумя соседними позвонками. Межпозвоночный диск служит амортизатором вертикальной нагрузки.

Особенности строения поясничного отдела позвоночника (обозначения цифр на рисунке 1):

- 1 – непарный остистый суставной отросток;
- 2 – верхние парные суставные отростки;
- 3 – нижние парные суставные отростки;
- 4 – парные поперечные суставные отростки;
- 5 – позвонковое отверстие;
- 6 – тело позвонка;
- 7 – ножа позвонка.

Геометрическая модель поясничного отдела позвоночника человека строится на основе математической модели, включающей следующие основные параметры:

- ширина тела позвонка;
- длина тела позвонка;
- длина парных поперечных суставных отростков;
- ширина парных поперечных суставных отростков;
- длина непарного остистого суставного отростка;
- ширина непарного остистого суставного отростка;
- длина парных суставных отростков;
- высота позвонка.

С помощью геометрической модели становится проще визуализировать объекты сложной

структуры и проводить анализ анатомии пациента и физические деформации.

Так как позвоночный столб имеет сложную структуру и описание всех его параметров приводит к излишнему загромождению изображения и потере наглядности, то в процессе моделирования были сделаны упрощения некоторых элементов. Тело позвонка задается в форме цилиндра, межпозвоночный диск рассматривается как сплошной упругий элемент, суставные хрящи рассматриваются как упругие конусовидные элементы. Данные упрощения позволяют построить 3D-модель в достаточно простой форме для практической реализации, но при этом достаточно приближенную к ее реальному образу для дальнейших оценок нагрузки и численных экспериментов. На рисунке 2 представлена полученная модель поясничного отдела позвоночника человека.

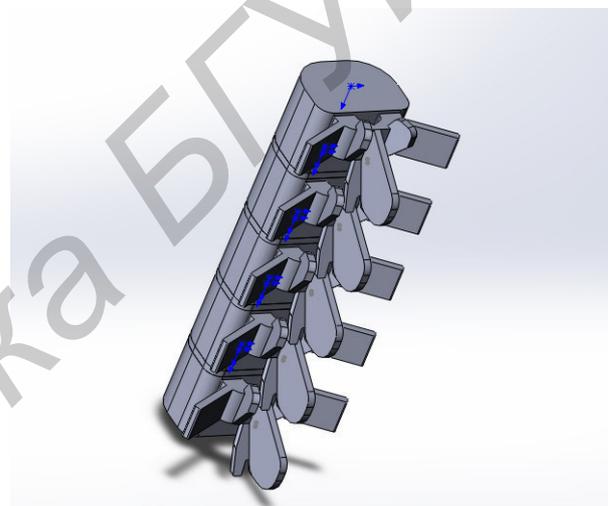


Рис. 2 – Геометрическая модель поясничного отдела позвоночника человека

Информация о размерах параметров позвонков и межпозвоночных дисков передается в SolidWorks. В результате полученная геометрическая модель является переносимой на различные среды дальнейшей обработки, допускает визуализацию с помощью различных технических средств (медицинское оборудование, 3D-принтеры) и позволяет учитывать зависимость нагрузки на поясничный отдел позвоночника от соотношения его физических размеров.

1. Ворощук, П. С. Ukrainian visible human project / П. С. Ворощук, М. П. Бурых // Бюллетень Волгоградского научного центра РАМН. – 2006. – № 2. – С. 14–15.
2. Бублик, Л. А. Исследование напряженно-деформированного состояния конечно-элементной модели фрагмента позвоночного столба при сочетанном использовании траспедикулярных имплантов и вертебропластики / Л. А. Бублик, А. Н. Лихолетов, Я. Е. Бейгельзимер, Р. Ю. Кулагин // Нейрохирургия и неврология Казахстана. – 2013. – № 3. – С. 3–7.
3. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс // М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.