**ОСНОВЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ**

**МОДЕЛИ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

**Погудин П.Н., студент СГМУ, г. Архангельск**

**Оруджова О.Н., к.т.н., доцент, г. Архангельск**

Изучение основ теоретической механики способствует расширению научного кругозора и повышению общей культуры будущего специалиста в области медицинской техники, медицины, развитию мышления и становлению мировоззрения; направлено на формирование у студента следующих компетенций: способность понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества и приобретать новые знания; использование основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применение методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат.

Модели опорно-двигательного аппарата, как биомеханической системы, нужно создавать только с привлечением смежных областей знаний - сопротивления материалов, теоретической механики, теории машин и механизмов, реологии и других [1].

Теоретическая механика создает теоретическую и практическую основу для изучения биомеханики, биосопромата, артрологии, кинезиологии. С позиции теоретической механики [2, 3, 4], при построении биомеханической модели необходимо учитывать следующее: 1) размерность пространства относительно осей декартовых координат (*х,y,z*), в котором совершается движение (одно -, двух -, трёхмерная модель); 2) зависимость параметров элементов биомеханической модели от действующих на эти элементы сил (модель может быть жесткая, упругая, пластичная, векторная и т.д.); 3) вид задачи механики, решаемой с помощью созданной биомеханической модели (статика, динамика, кинематика).

Тела, ограничивающие перемещение рассматриваемого тела называются физическими связями. Реакции связи – силы, с которыми связь действует на тело. В таблице 1 приведены некоторые виды связей и их реакции.

Таблица1. Некоторые виды связей и их реакции

| **Связь** | **Физическое**  **представление** | **Изображение**  **реакции связи** | **Пример изображения**  **реакции** |
| --- | --- | --- | --- |
| Опорный стержень | Стержень, балка, брус прямолинейного или криволинейного очертания с шарнирами по концам (вес стержня не учитывают) | Вдоль стержня или вдоль прямой, проходящей через его концы |  |
| Шарнирно - подвижная опора | Опора на катках | По нормали к поверхности  (от поверхности) |  |
| Шарнирно - неподвижная опора | Подшипник и любой шарнир, имеющий ось вращения | Две составляющие, направленные перпендикулярно друг к другу и лежащие в плоскости, нормальной к оси шарнира | *А*  *1.* |
| *В*  *2.* |
| Сферический  (шаровой) шарнир | Шаровое тело, расположенное в шаровом углублении | В виде трех взаимно нормальных составляющих | *А* |
| Подпятник | Цилиндрический шарнир, имеющий опору, препятствующую перемещению вала вдоль его оси | Три реакции: две направлены перпендикулярно к валу, одна вдоль вала | *В* |

Синовиальные соединения (суставы) являются наиболее совершенными видами соединения костей. Они отличаются большой подвижностью и разнообразием движений. В зависимости от строения сочленяющихся поверхностей движения могут совершаться вокруг разных осей. Формы суставных поверхностей напоминают отрезки поверхностей различных геометрических тел: цилиндра, эллипса, шара, они определяют число осей, вокруг которых происходит движение в данном суставе. В таблице 2 приведены некоторые виды суставов и модель данного сустава в механике.

Таблица 2. Аналогия между механизмами (шарнирами) и суставами (по форме и числу осей вращения)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вид сустава** | **Пример сустава** | **Формы поверхностей суставов (по Koch T., 1960)** |
| Блоковидный | (голеностопный) |  |
| Цилиндрический | (проксимальный лучелоктевой) |  |
| Эллипсовидный | (лучезапястный) |  |
| Седловидный | (запястно-пястный) |  |
| Шаровидный | (плечевой) |  |
| Чашеобразный | (тазобедренный) |  |
| Плоский | (между суставными отростками позвонков) |  |

Биомеханической модели опорно-двигательного аппарата должны быть присущи основные свойства, которыми обладает объект моделирования. Суставы – сложные биохимические системы, функции которых в норме и при повреждениях могут быть изучены с использованием законов и методов точных наук - теоретической механики, математики. От анатомо-биохимических особенностей строения любого сустава (формы, структуры) зависит количество степеней свободы движения, т.е. возможность сустава двигаться в том или ином направлении.

# Любая биомеханическая модель должна обеспечивать возможность применения современных методик исследования, в том числе аппарата теоретической механики. С помощью уравнений статики можно рассмотреть методы преобразования сил и условия равновесия сил, действующих на биомеханическую систему. С помощью кинематики могут быть изучены механические движения звеньев биомеханической системы без учета их масс и действующих сил. С помощью теорем и законов динамики можно рассмотреть движение звеньев биомеханической систем и самой системы под действием сил.

При этом звенья биомеханической системы можно считать абсолютно твердыми, это означает, что они не подвержены деформации ни при каких воздействиях; геометрические характеристики (длина, ширина и т.д.) и массовые показатели звеньев биомеханической системы - соответствующими параметрам сегментов тела человека; считать что звенья биомеханической системы посредством сферических или цилиндрических шарниров образуют соединения, обладающие идеальными кинематическими свойствами. Основные методы моделирования опорно-двигательного аппарата человека используют кинематическое описание движения костного скелета. При изучении биомеханических особенностей суставов [5, 6, 7], построении систем моделирования опорно-двигательного аппарата человека целесообразно использовать в совокупности с кинематическим анализом динамический анализ движения, что позволит перейти к массово-силовому анализу и находить взаимосвязи статических и динамических параметров биомеханической системы.

Список литературы

1. Донской Д.Д. Кинетика биомеханических систем опорно-двигательного аппарата // Биомеханика. Труды Рижского НИИТО. Вып. ХШ. – Рига, 1975. – С. 580–583.

2. Артоболевский И.И. Трение качения и трение скольжения в высших парах // Теория механизмов и машин. М.; Л., 1951. § 91. – С. 495–501. 13.

3. Артоболевский И.И., Левитинский Н.И. Синтез плоских механизмов. – М.: Физматгиз, 1959. – 1084 с.

4. Веников В.А. Теория подобия и моделирования. – М. : Высшая школа, 1976. – 479 с.

5. Биомеханика повреждений коленного сустава : монография / В.И. Евсеев. — Москва : РУСАЙНС, 2018. — 338 с.

6. Иваницкий М.Ф. Динамическая анатомия // Анатомия человека. – М.: Физкультура и Спорт.- 1956. Т.1.

7. Коренев Г.В. Введение в механику человека. – М.: Медгиз, 1977. – 263 с.