

Греченева А.В.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: itpu@mivlgu.ru

Основы построения сегментарной модели позвоночника с учетом режима нагрузки

Моделирование биологических объектов – отдельный класс задач моделирования, к результатам которого предъявляется множество серьезных требований, ключевым из которых является степень адекватности модели. Изучение движений и механических свойств позвоночника человека и построение его моделей является предметом научного направления - биомеханики. Существующие подходы к моделированию позвоночника, как правило, имеют прикладной характер и разработаны под решение конкретных практических задач, не позволяя получить полную картину поведения биомеханических параметров в различных режимах нагрузки и двигательной активности. Это ведет к трудности теоретического изучения влияния различных параметров (структурных, физических и др.) на степень функционального отклонения динамики позвоночника и опорно-двигательного аппарата в целом. Разработка многопараметрической модели биомеханики позвоночника затруднена исходя из отсутствия возможности проведения клинических исследований, ввиду высокого риска получения осложнений. В результате, актуальной является разработка комплексной сегментарной модели позвоночника человека, способной учитывать уровень нагрузки, а также его пространственное положение (на основе результатов гониометрического контроля) и изменения на биотрибологическом уровне (с использованием данных артрофонометрии).

Исходя из анализа структуры, формы и механики, предлагается позвоночник в первом приближении представить в виде гибкого ступенчатого стержня (рисунок 1). При этом, координаты пространственного положения, форма изгибов представляет из себя интегральное отображение всех динамико-кинематических изменений, являющихся результатом изменений в каждом из сегментов позвоночника. Следовательно, качественный анализ изменения формы позвоночника во времени дает возможность оценить действующие силы (нагрузку).

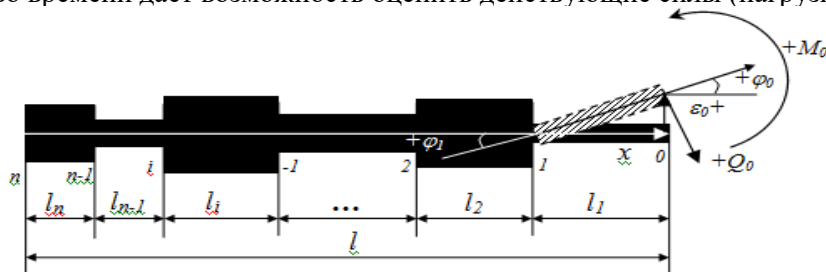


Рис. 1. Схема позвоночника в виде ступенчатого стержня

На рис. 1: l - общая длина стержня, l_i - длина i -го участка стержня, ε - изгибная жесткость i -го участка, φ - угол поворота, $+M_0$ - изгибающий момент 0-участка сегмента, $+Q_0$ - поперечная сила 0-участка сегмента. При более детальном подходе следует учитывать физиологические особенности данной анатомической структуры, а также силы взаимодействия между позвонками и межпозвоноковыми дисками. В таком случае, при оценке биомеханических свойств суставного хряща следует вводить качественные коэффициенты показателей хрящевой ткани. Считается, что патологически измененная ткань имеет более низкие вязкоупругие свойства, чем в норме. Подтверждением являются результаты работы [1], согласно которым удаление тонкого поверхностного слоя толщиной 33–53 мкм приводит к изменению модуля упругости хряща с 8,2–10,3 до 6,8–9,3 МПа.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-08-00992_a

Литература

1. Kempson, G.E. The determination of a creep modulus for articular cartilage from indentation tests on the human femoral head / G.E. Kempson, M.A.R. Freeman, S.A.V. Swanson // J. Biomech. – 1971. – Vol. 4, No. 4. – P. 239–250.