

Возможности использования математического моделирования в хирургии коленного сустава

А.Й.Чемирис, И.И.Труфанов, М.А.Кожемяка, А.П.Москальков

В последней четверти XX ст. началось стремительное развитие научно-методологических исследований в области биофизических процессов в биологии и медицине. Медико-физиологические подходы к исследованиям процессов в человеческом организме долго оставались интуитивно-эмпирическими, основываясь на большом объеме наблюдений, личном и коллективном опыте. Научно-технический прогресс и развитие техники измерений позволили и в этой сложнейшей области перейти от эмпирических умозаключений к количественным, и на их основе — к качественным оценкам.

При разработке математических моделей нагруженного состояния параартикулярных тканей коленного сустава человека мы исходим из того, что реальная ткань обладает бесконечным многообразием свойств, поэтому при построении теоретических выкладок (положений) реальные тела заменяются идеальными (гипотетическими), обладающими лишь важными свойствами для конкретного случая.

Органы опорно-двигательной системы человека как биомеханические элементы сплошной среды в процессе жизнедеятельности организма поддаются различным нагрузкам, под действием которых они испытывают различные напряжения, вплоть до фрактальных. Состояние тканей, в том числе костной ткани, которое соответствует возникновению некоторого нежелательного или опасного физического процесса, считается предельным. В механике сплошной среды различают два основных типа предельных состояний — хрупкое разрушение (разрыв связок) и текучесть. При оценке прочности соответствующей ткани необходимо учитывать, что предельное состояние ткани существенно зависит от вида напряженного состояния. Биомеханическое состояние физиологического материала ткани зависит от многих факторов (температуры, времени, структуры материала, динамических показателей нагружения и т.п.). Одни из них являются в каждом конкретном случае основными, другие — второстепенными. Параартикулярные ткани коленного сустава, в частности связочный аппарат, являются неоднородными по строению и анизотропными по структуре.

Механика сплошной среды базируется на основном из разделов интегрального и дифференциального исчисления (вариационного исчисления), операторы которых не зависят от выбора системы координат, применяемой для их описания. Эти величины наиболее удобно изучать надлежащим образом в выбранной системе координат. Математически такие величины представляются тензорами, которые, как отмечено выше, в каждой системе координат задаются совокупностью величин — компонентами тензора. Если компоненты тензора заданы в одной системе координат, то они могут быть определены и в любой другой системе, ибо определение тензора включает закон преобразования его компонент, т.к. физические законы механики сплошной среды выражаются тензорными уравнениями. Вследствие линейности и однородности тензорных преобразований тензорные уравнения, верные в одной системе координат, верны и в любой другой. Такая инвариантность тензорных соотношений относительно преобразований координат характеризует тензорное исчисление как основной математический аппарат высших разделов дифференциального и интегрального исчисления переменных величин физической и биологической природы.

Созданный «математический аппарат» позволил получить обнадеживающие результаты на основе математического моделирования динамики процессов нагруженного состояния связочного аппарата коленного сустава.

На данном этапе исследования разрабатываются номограммы, с помощью которых можно значительно улучшить планирование предстоящего оперативного вмешательства при повреждениях связочного аппарата коленного сустава.

Подход к проблеме повреждений коленного сустава на базе математического моделирования позволит применить эффективные способы фиксации имплантов и прогнозировать результаты лечения.

Надійшла до редакції 15.03.2009 р.