

СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СТОМАТОЛОГИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Белорусский государственный медицинский университет
г. Минск, Республика Беларусь

Современные медицинские системы обследования и диагностики включают в себя различные компоненты программного обеспечения, которые позволяют облегчить ряд рутинных операций, выполняемых при проведении диагностических мероприятий, и помогают принять обоснованные решения, в том числе используя технологии искусственного интеллекта. Новые технические средства получения информации обеспечивают представление зарегистрированных и накопленных данных в виде изображений, позволяют создавать базы данных по результатам наблюдений, измерений, осмотров, экспертных оценок. Эти данные удобно хранить, обращаться к ним в историческом ракурсе, т.е. отслеживать истории развития болезни, процессов и т. п. На основе накопленной информации могут быть сформулированы выводы и рекомендации, которые являются основой современных клинических систем поддержки принятия решений.

Планирование лечения в ортопедической стоматологии является одним из наиболее ответственных этапов стоматологической реабилитации пациентов, так как изначально неверно выбранная конструкция зубного протеза, даже при строгом соблюдении всех критериев качества на этапах врачебной и технической работы, может

привести к нарушению нормального функционирования зубочелюстной системы. Для решения подобных проблем довольно давно и успешно применяют методы биомоделирования. Суть их заключается в возможности спрогнозировать и оценить влияние врачебного вмешательства на зубочелюстную систему. В некоторой степени к биомоделированию можно отнести и хорошо всем известный эксперимент, проводимый на животных при испытаниях новых методов лечения в медицине. Ведь конечной целью морфологического эксперимента является выработка критериев применения нового метода и прогнозирование результатов его применения у конкретного пациента. Однако в последние десятилетия развитие науки дало возможность использования в медицине новых, не совсем традиционных методов исследования. Так в стоматологии активно стали применяться методы физического и математического моделирования. Наиболее точные и достоверные результаты при решении любых научных и практических задач дают именно физические эксперименты, проведение которых в медицине довольно трудно осуществимо по многим причинам, главной из которых является отсутствие возможности «заглянуть» во время эксперимента внутрь исследуемого органа при существующем уровне развития техники. Поэтому развитие получили в основном физические модельные эксперименты, проводимые при соблюдении геометрических пропорций и размеров исследуемых объектов, но на других материалах, например, с использованием метода фотоупругости либо голографической интерферометрии. Активное применение методов математического моделирования в различных отраслях науки в последнее десятилетие объясняется колоссальным развитием вычислительной техники и информационных технологий, что позволило получить реальные результаты расчетов сложных математических моделей биологических объектов. До эры персональных компьютеров метод зачастую ограничивался построением модели, которая представляет собой набор математических формул и не дает никакой конкретной информации. Сейчас же появилась возможность использовать метод с учетом его классической сущности, которая заключается в триаде «математическая модель – алгоритм – компьютерная программа».

В стоматологии исследование напряжений и деформаций зубочелюстной системы наибольший интерес представляет для ортодонтии и ортопедической стоматологии. Интересный факт: превалирующее большинство статей в зарубежных научных журналах по математическому моделированию в стоматологии связано именно с ортодонтией, в то время как на постсоветском пространстве, данный метод чаще применялся в исследованиях при конструировании протезов. Применение моделей в ортодонтии в основном сконцентрировано на правильном распределении ортодонтических сил при лечении зубочелюстных аномалий, что позволяет получить максимально положительный результат в минимальные сроки, избежав осложнений, например, резорбции корней. Зоны повышенного напряжения при этом в клинике будут соответствовать участкам резорбции костной ткани, а зоны с минимальным давлением – участкам формирования новой костной ткани. Ортопедическая стоматология использует математические модели для выбора правильной конструкции протеза, так как любое протезирование сопровождается риском перегрузки опорных элементов, которого можно избежать, правильно распределив нагрузки и спрогнозировав напряжения, возникающие в процессе пользования протезами.

Цель исследования – разработать программный комплекс, позволяющий проводить моделирование напряженно-деформированного состояния периодонта для планирования конструкций зубных протезов на основе индивидуальных параметров пациента.

Объекты и методы. При создании программного комплекса было необходимо решить две масштабные задачи: построить и численно реализовать физико-математическую модель зубочелюстной системы, а также разработать методику ввода индивидуальных параметров пациента, необходимых для математического моделирования. Модель по определению напряжений в периодонте реализовывается в виде статической задачи теории упругости.

Цифровые модели зубов и челюстных костей строятся по результатам сегментации компьютерных томограмм зубочелюстной системы. Исходными данными для проведения индивидуального математического моделирования являются компьютерные томограммы в формате DICOM. Решение наиболее сложной задачи разделения костной ткани челюсти и корней зубов основывается на алгоритме преобразования водораздела.

Информация по механическим константам, описывающим прочностные свойства компонентов периодонта (модуль упругости Юнга и коэффициент Пуассона), бралась из литературных источников. Также программа позволяет задавать величины, точки приложения и направления внешних нагрузок, воздействующих на моделируемые конструкции зубных протезов, в соответствии с решаемыми задачами.

Результаты. Разработанный программный комплекс позволяет на первоначальном этапе ввести данные результатов клинического и рентгенологического обследования пациента. После установления диагноза врач-стоматолог приступает к составлению плана ортопедического лечения с выбором конструкции протеза. Для этого на первоначальном этапе необходимо по загруженным в программу данным КТ пациента построить цифровые модели зубов и челюстей, которые являются основой для создания расчетной сетки. Пройдя все этапы обработки изображения, согласно разработанному алгоритму, создается трехмерная модель, состоящая отдельно из челюсти, верхней либо нижней, и зубов. После сохранения объемных объектов (челюстей и зубов) в расчетном модуле создается трехмерная объемная триангуляция (построение тетраэдрарной сетки) челюсти, периодонтальной связки (строится синтетически, т.к. она не распознается на компьютерных томограммах) и трехмерной триангуляции поверхности зуба. Затем врач-стоматолог выбирает и виртуально моделирует на трехмерной модели челюсти в зависимости от клинической ситуации различные типы несъемных протезов: шинирующие конструкции, несъемные мостовидные с опорой на зубы либо импланты. Затем вводятся параметры внешней нагрузки, и модель отправляется на расчет.

Результатом расчетов является информация о деформациях и напряжениях в каждой выбранной области: зубах, периодонтальной связке, костной ткани челюсти. Визуализация результатов представлена как в виде полей напряжений в периодонтальном комплексе, так и в виде графиков и диаграмм, позволяющих проводить сравнение нескольких вариантов протезирования, что позволяет врачу выбрать наиболее оптимальный вариант с точки зрения нагрузок на протезное ложе.

Заключение. Программный комплекс позволяет проводить индивидуальное математическое моделирование напряженно-деформированного состояния периодонтального комплекса, что значительно упрощает планирование лечения в сложных клинических ситуациях, а также определяет прогноз воздействия зубного протеза на зубочелюстную систему. Подобная система поддержки принятия решений накапливает информацию о различных вариантах протезирования и принятых врачом-стоматологом решениях, что позволяет системе постоянно совершенствоваться.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Белгородский государственный национальный
исследовательский университет»
Департамент здравоохранения и социальной
защиты населения Белгородской области
Стоматологическая ассоциация России
Белгородская стоматологическая ассоциация

СТОМАТОЛОГИЯ СЛАВЯНСКИХ ГОСУДАРСТВ

Сборник трудов
XIV Международной научно-практической конференции



Белгород 2021