

ОТЗЫВ
официального оппонента
на диссертацию **Никитина Владислава Николаевича**
«Биомеханическое моделирование коррекции прикуса зубочелюстной системы человека»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.08 – «Биомеханика»

Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время известны исследования по моделированию либо отдельных элементов зубочелюстной системы (ЗЧС) (нижней и верхней челюстей, отдельных зубов, диска височно-нижнечелюстного сустава и т.д.), либо их комбинаций. При неправильном положении прикуса, как правило, происходят изменения в состоянии и функционировании элементов зубочелюстной системы, которые, в свою очередь, приводят к потере зубов, их стираемости и даже нарушениям кровоснабжения головного мозга. Во многих современных работах анализ состояния и функционирования элементов зубочелюстной системы при изменении прикуса не рассматривался. Прикус является одним из основных параметров ЗЧС, отвечает за положение, состояние и функционирование двух височно-нижнечелюстных суставов, каждый из которых образован поверхностями мышечков нижней челюсти и соответствующими височными костями. Оценка усилий, возникающих в височно-нижнечелюстных суставах, известными методами диагностики практически пока не определяется. Диссертация В.Н. Никитина посвящена актуальной проблеме по разработке методики коррекции прикуса зубочелюстной системы человека, биомеханическому моделированию, анализу нагрузок, исследованию влияния прикуса на механические напряжения в ЗЧС, созданию алгоритма коррекции назначенного стоматологом прикуса.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы.

Во введении дана краткая характеристика диссертации, обоснована актуальность темы исследования, сформулированы направления и цели работы, перечислены основные положения, выносимые автором на защиту. Описана научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Приведены сведения об основных публикациях и апробации результатов диссертационной работы, отражающих содержание диссертации.

В первой главе диссертантом представлен достаточно полный обзор со ссылками на отечественную и иностранную литературу, в котором подробно показана сложность зубочелюстной системы, являющейся многоуровневой комплексной структурой, включающей в себя мягкие и твердые ткани. Приведены качественно выполненные рисунки, поясняющие, помимо

расположения челюстей и зубов, строение и расположение большого числа разнообразных мышц. Приведены схемы, на которых показаны факторы, влияющие на формирование зубочелюстных аномалий в разном возрасте человека: от рождения до 20 лет и более. Представлены таблица с последствиями зубочелюстных аномалий и рисунки с различными видами прикуса согласно классификации В.Н.Трезубова. Подробно рассмотрен височно-нижнечелюстной сустав, положение диска которого влияет на состояние внутренней сонной артерии. Рассмотрены различные методы диагностики зубочелюстной системы человека, обоснован выбор магнитно-резонансной томографии (общего и сосудистого режимов) и телерентгенографии – метода получения индивидуальных данных параметров прикуса, характеризующих расположение нижней челюсти по отношению к верхней. Анализ двух изображений магнитно-резонансной томографии височно-нижнечелюстного сустава и внутренней сонной артерии показывает значимость положения сустава на состояние кровоснабжения головного мозга по внутренней сонной артерии.

Во второй главе определены усилия жевательных мышц и реакций височно-нижнечелюстных суставов зубочелюстной системы с помощью биомеханического моделирования в процессе сжатия челюстей для прикуса, назначенного стоматологом и описываемого рядом независимых стоматологических параметров. В работе выделены независимые стоматологические параметры, определяющие положение нижней челюсти относительно верхней. От стоматологических параметров автор перешел к независимым математическим – в диссертации результаты приведены при рассмотрении изменения положения нижней челюсти в плоскости симметрии (плоское движение нижней челюсти при симметричном прикусе). Для определения усилий жевательных мышц составлены уравнения, описывающие статическое равновесие нижней челюсти под действием усилий жевательных мышц, реакций височно-нижнечелюстных суставов и равнодействующей максимальной силы сжатия челюстей. Автором выписано 6 уравнений статического равновесия челюсти, в результате получена статически неопределимая задача, для решения которой введен критерий оптимизации. Достаточно подробно приводится связь углов и отрезков в рамках механики, отвечающих за стоматологические параметры (стоматологи для этого расшифровывают телерентгенограммы). Для верификации критерия рассмотрена классическая статически неопределимая задача определения усилий в трех стержнях, моделирующих двигательные элементы в голеностопе человека, четырьмя различными методами – показано, что наиболее равномерному распределению усилий в стержнях соответствует критерий минимакса. Задачи решались в пакете программ Wolfram Mathematica 8.

Третья глава посвящена анализу биомеханических нагрузок в зубочелюстной системе, влияющих на костную ткань нижней челюсти и диски височно-нижнечелюстных суставов. Уделено внимание анализу

положения диска височно-нижнечелюстного сустава при сомкнутых челюстях, рассмотрены различные варианты его положения.

Для определения напряженно-деформированного состояния нижней челюсти и диска височно-нижнечелюстного сустава выписана система уравнений в линейно-упругой постановке и специальными граничными условиями. Исследованы влияние точки приложения реакции на распределения усилий мышц по отношению к их максимальным значениям и влияние граничных условий на распределение напряжений в теле нижней челюсти, при этом рассматривалась двумерная модель нижней челюсти в линейно-упругой постановке и в предположении изотропности всех ее составляющих тканей. В результате численного решения задачи методом конечных элементов с различными вариантами (учет граничных условий, геометрии и свойств зубов и периодонта) получены и проанализированы распределения интенсивности касательных напряжений на всех участках нижней челюсти. Полученные величины напряжений в области мышечка и суставного диска сравниваются с допустимыми для анализа возникновения патологических изменений в них. Показано, что изменение прикуса приводит к изменению распределения напряжений, что, в свою очередь, влияет на появление патологических изменений.

В четвертой главе поставлена и решена задача биомеханического управления коррекцией прикуса. Используя магнитно-резонансную томографию, для прикуса получены геометрия нижней челюсти, суставных поверхностей и диска, координаты крепления мышц к челюсти и черепу, а также их размеры. Выделен набор независимых параметров, отвечающих за положение нижней челюсти и влияющих на напряженно-деформированного состояния зубочелюстной системы. При назначении положения прикуса стоматологом определяются некие параметры, принадлежащие диапазону физиологической нормы. Поскольку стоматолог не может оценить напряжения в костной ткани и усилия во всех жевательных мышцах, то нет уверенности в правильном им выборе прикуса для пациента. Физиологическая норма диапазонов стоматологических параметров представлена в работе m -мерным параллелепипедом Π_m , в работе рассматривается симметричный случай окклюзии, поэтому размерность составляет $m = 3$. Автор определяет такой набор параметров прикуса U , принадлежащих диапазону физиологической нормы, при котором значение целевой функции M^* стремится к минимуму, т.е. среди всех элементов множества M выбирается наименьшее значение, которому соответствуют величины стоматологических углов, являющиеся оптимальными для конкретного случая. Автором представлена оригинальная интерпретация геометрического образа множества M , где каждому элементу множества M соответствует вектор, состоящий из усилий жевательных мышц, компонент реакций височно-нижнечелюстных суставов, распределений напряжений в челюсти и суставном диске, положения которых определяются значениями независимых стоматологических параметров.

Пятая глава посвящена практической реализации методики коррекции прикуса зубочелюстной системы.

Разработанная методика коррекции прикуса на основе биомеханического моделирования первоначально включает в себя оценку состояния зубочелюстной системы пациента стоматологом с последующим ему предложением проведения магнитно-резонансной томографии до коррекции и затем после коррекции с проведением биомеханического моделирования. При наличии патологий предлагается назначать магнитно-резонансную томографию в сосудистом режиме (магнитно-резонансную ангиографию) для выявления состояния сонной артерии и элементов височно-нижнечелюстного сустава.

На примере модельной задачи рассматривались три варианта прикуса, за отправную точку был взят прикус, назначенный стоматологом. В результате решения автору удалось получить уточненный вариант положения прикуса, первоначальный вариант которого был выбран стоматологом – конкретно указана корректировка прикуса в перемещениях (в миллиметрах) и повороте (в градусах) нижней челюсти от начального значения. По обоснованию автора продемонстрированная процедура реализации методики уточнения расположения нижней челюсти должна привести к уменьшению вероятности появления негативных последствий, связанных с коррекцией прикуса.

В заключении сформулированы основные выводы и предложения по практическому использованию результатов работы.

Научная новизна

Научная новизна результатов, полученных диссертантом, несомненна. Разработана биомеханическая модель определения нагрузок в зубочелюстной системе человека с учетом напряженно-деформированных состояний нижней челюсти и диска височно-нижнечелюстного сустава и методика коррекции в физиологических диапазонах значений параметров прикуса. Обосновано применение магнитно-резонансной томографии в процессе коррекции прикуса на основе данных пациента на состояние зубочелюстной системы и оценки влияния на кровоснабжение головного мозга по внутренней сонной артерии. Разработана методика коррекции в физиологических диапазонах значений параметров прикуса на основе количественных результатов с помощью биомеханического моделирования.

Практическая значимость

Результаты диссертации представляют несомненный научный интерес и имеют очевидное практическое значение. Предложена методика коррекции прикуса, уточняющая выбранный стоматологом вариант в рамках существующей методики коррекции на основе биомеханического моделирования, учитывающая индивидуальные особенности зубочелюстной системы пациента. Для индивидуализации коррекции прикуса обосновано

применение магнитно-резонансной томографии. Методика коррекции прикуса может использоваться в качестве пособия стоматологам.

Достоверность и обоснованность

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием апробированных моделей и математических методов при построении поставленных задач и их анализе, применением сертифицированного программного обеспечения, качественным и количественным сопоставлением полученных результатов с работами других авторов и клиническими данными.

Публикации и апробирование результатов диссертационной работы

По материалам диссертации опубликовано 18 научных работ, из которых 8 статей опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ. Автореферат и публикации автора в полной мере и правильно отражают содержание диссертации.

Замечания по диссертации

1. Существенным ограничением решения задачи по определению напряженно-деформированного состояния нижней челюсти является её упрощенная плоская постановка.
2. В разделах 3.2, 3.3 в задаче «Распределение интенсивности напряжений в костной ткани нижней челюсти», а также в разделе 4.3. «Распределение интенсивности напряжений в суставном диске и в области мышечка» ни в автореферате, ни в диссертации не упоминается в каком конечно-элементном пакете решались задачи, какие элементы использовались, размер сетки и т.п.
3. В главе 4 непонятно, что характеризует значение M^* : силы жевательных мышц или положение челюсти?
Так, в диссертации на стр.106: Каждый набор значений таких параметров позволит найти значение целевой функции, равное M^* , отражающей силы жевательных мышц...
В автореферате на стр.16: Каждое значение M^* , соответствующее значению целевой функции, характеризует конкретное положение нижней челюсти.
4. Что касается необходимого проведения дважды магнитно-резонансной томографии для определения оптимального положения прикуса – до коррекции стоматологом и после коррекции с проведением биомеханического моделирования, то данная процедура, к сожалению, не везде доступна, а точнее, малодоступна.
5. В работе имеются незначительные опечатки, такие как пропуски запятых, открытие-закрытие круглых скобок, пропущенные буквы, очень часто встречается словосочетание «таким образом». Но в целом работа написана аккуратно и четко изложена.

Заключение

Отмеченные недостатки не снижают научной и практической значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертации. Работа выполнена на высоком научном и методологическом уровне, отличается полнотой изложения и является завершенным научным исследованием. Представленные результаты вносят существенный вклад в развитие биомеханического моделирования и методики коррекции прикуса зубочелюстной системы человека. Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Рассмотренная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор **Никитин Владислав Николаевич** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.08 – Биомеханика.

Официальный оппонент

Старший научный сотрудник Лаборатории аэромеханики и волновой динамики
Научно-исследовательского института механики
Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,
кандидат физико-математических наук,
Джалалова Маргарита Васильевна
Адрес: 119571, Москва, ул. 26 Бакинских комиссаров, д.11, кв. 145
Телефон: +79035211116, e-mail: margarita-vd@mail.ru

24.11.2017 *М.В. Джалалова*
(дата, подпись)

Подпись старшего научного сотрудника М.В. Джалаловой заверяю:

Директор НИИ механики
МГУ имени М. В. Ломоносова
Академик РАЕН

Юрий Михайлович Окунев Окунев Юрий Михайлович

