

Утверждаю
Проректор по научной и
исследовательской деятельности
ФГАОУВО
«Южный федеральный университет»,
доктор химических наук
Метелица А.В.



« 29 » августа 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Донник Анны Михайловны на тему
«Пациенто-ориентированное биомеханическое моделирование грудного и переходного
груднопоясничного отделов позвоночника», представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.08 – Биомеханика

Актуальность темы диссертационной работы

Актуальность работы обусловлена современной тенденцией в травматологии и ортопедии, связанной с совершенствованием методов хирургической коррекции дегенеративно-дистрофических заболеваний и повреждений позвоночника. Предоперационное планирование, включающее в себя этап биомеханического моделирования, является залогом успешного лечения при корригирующих операциях на позвоночнике.

Диссертационная работа посвящена разработке биомеханической модели грудного и переходного груднопоясничного отделов позвоночника, позволяющей провести выбор рациональной тактики хирургического лечения травм и повреждений на уровне позвонков Th7–L2 и оценить результаты применения биомеханического моделирования на примерах повторной травмы, использования промежуточных винтов в короткосегментарной системе фиксации при хирургическом лечении компрессионного перелома тела позвонка, использования ламинарных крючков в системе фиксации при хирургическом лечении оскольчатого перелома тела позвонка.

Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из списка обозначений, введения, пяти глав, заключения, приложения и списка литературы. Работа изложена на 174 страницах, включает 108 рисунков, 23 таблицы, и 21 страницу библиографии, содержащей 136 наименований.

Во введении представлена информация об актуальности темы исследования, описаны цели и задачи исследования, материалы и методы исследования, обозначены научная новизна и практическая значимость результатов работы, а также представлены сведения о степени достоверности, апробации результатов и личном вкладе автора.

В первой главе описано состояние проблемы исследования на настоящий момент времени. Описана анатомия позвоночного столба человека. Выделено строение грудного и груднопоясничного отделов позвоночника. Приведена классификация травм позвоночника в зависимости от типа повреждения, классификация переломов AO/ASIF, а также клиническая картина повреждений груднопоясничного отдела. В главе описаны способы лечения каждого типа повреждения позвоночника и возможные осложнения, вызванные некомпетентным лечением. Обзор содержит сведения о механических свойствах,

граничных условиях и способах нагружения для моделей позвоночника, используемых для биомеханического моделирования в настоящее время.

Вторая глава посвящена алгоритму построения биомеханической модели грудного и переходного грудопоясничного отделов позвоночника. В главе сформулирован алгоритм проведения биомеханического эксперимента, включающего построение биомеханической модели сегмента позвоночника с травмой и после хирургического лечения. Подробно описано построение твердотельных моделей тел позвонков, межпозвонковых дисков, фасеточных суставов, связочного аппарата. Приведены механические свойства материалов и тканей, включаемых в модель, а также сформулирована математическая постановка задачи.

В третьей главе подробно описано биомеханическое моделирование сегмента грудного отдела позвоночника с повторной травмой, направленное на выяснение причин нарушения целостности фиксирующих металлоконструкций. Для этого решены две задачи. Сначала определен способ построения каждого биологического объекта, входящего в модель сегмента позвоночника. Затем выполнен ряд биомеханических экспериментов, показывающих наиболее подверженные усталостным нагрузкам зоны позвоночника и фиксирующих систем.

Четвертая глава посвящена биомеханическому моделированию сегмента позвоночника Th9-Th12 с компрессионным оскольчатый переломом тела позвонка Th11 и 4 различными вариантами хирургического лечения. В главе описан биомеханический эксперимент, проведенный с целью определения преимуществ использования транспедикулярных систем фиксации, дополненных промежуточными винтами, при хирургическом лечении компрессионного перелома тела позвонка грудного отдела позвоночника. Для этого определены распределения эквивалентных напряжений по Мизесу, поля полных перемещений, а также диапазон движения в моделях сегмента грудного отдела позвоночника, включающего поврежденный позвонок, с предложенными вариантами хирургического лечения. Получены результаты, показывающие лучшую результативность хирургического лечения с использованием транспедикулярных систем фиксации, дополненных промежуточными винтами, с точки зрения биомеханики. Сделаны выводы о количестве промежуточных винтов, необходимом и достаточном для эффективного лечения.

Пятая глава посвящена биомеханическому моделированию сегмента грудопоясничного отдела позвоночника с взрывным переломом тела позвонка и различными вариантами хирургического лечения. В главе описан биомеханический эксперимент, выполненный с целью определения результативности хирургического лечения при использовании ламинарных крючков. Показано, что при недостаточности костного массива поврежденного позвонка для дополнительного его фиксирования, установка четырехвинтовой транспедикулярной системы, дополненной ламинарными крючками, более предпочтительна для фиксации сегментов, смежных с поврежденным позвонком, чем протяженная восьмивинтовая транспедикулярная система. При достаточности костного массива шестивинтовая транспедикулярная система, дополненная ламинарными крючками, обеспечивает лучшую стабильность фиксации. Проведенный сравнительный КЭ-анализ показал, что при хирургическом лечении оскольчатого перелома тела позвонка с позиций биомеханики преимущества имеет использование транспедикулярных систем фиксации, дополненных ламинарными крючками.

В заключении описаны полученные в работе результаты и выводы.

Характеристика научной новизны, достоверности, теоретической и практической значимости основных результатов работы

Научная новизна работы заключается в сформулированном универсальном и не имеющем ограничений по случаям травм подходе к созданию биомеханической модели грудного и груднопоясничного отделов позвоночника.

В диссертационной работе Донник А.М.:

1. Сформулирован универсальный и не имеющий ограничений по случаям травм подход к созданию биомеханической модели грудного и груднопоясничного отделов позвоночника. Модель, построенная по предложенному алгоритму, позволяет учитывать индивидуальные особенности строения позвоночника пациента.

2. Проведено биомеханическое моделирование грудного, груднопоясничного отделов позвоночника и систем фиксации и выявлены условия, способствующие их разрушению и приводящие к повторной травме.

3. На основе анализа НДС системы «позвоночно-двигательный сегмент – ТПС» выявлены биомеханические преимущества использования ТПС, дополненных промежуточными винтами.

4. Впервые выполнено биомеханическое моделирование ТПС, дополненных ламинарными крючками, и с точки зрения биомеханики показано преимущество использования их в хирургии позвоночника.

Указанная новизна работы и представляет и **теоретическую значимость**, заключающуюся в возможности применения предложенного алгоритма для большого спектра задач биомеханики, связанных с моделированием биомеханических систем.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается корректностью математической постановки задачи теории упругости, применением строгих математических методов, сравнением результатов с известными результатами других авторов, а также с результатами медицинского контроля.

Практическая значимость заключается в возможности использования разработанной биомеханической модели при проведении предоперационного планирования для анализа различных вариантов хирургического вмешательства, для усовершенствования систем фиксации позвоночника при лечении повреждений грудного и груднопоясничного отделов позвоночника. Кроме того, стоит отметить, что все биомеханические эксперименты выполнялись на основе реальных клинических случаев. Получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных:

- База данных "Модельная версия 2.0" для прототипа системы поддержки принятия врачебных решений, режим персональной виртуальной операционной 3D (RU 2021621555 от 20.07.2021).

- База данных "Имплантаты версии 3.0" для прототипа системы поддержки принятия врачебных решений, режим персональной виртуальной операционной 3D (RU 2021621564 от 20.07.2021).

Апробация основных результатов исследования, представленных в диссертации

Основное содержание работы опубликовано в 21 работе, в том числе в 4, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и/или индексируемых в международных базах данных. Результаты работы обсуждались на международных и всероссийских конференциях.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебную деятельность механико-математического факультета Саратовского университета.

Автореферат правильно и полно отражает основное содержание диссертации

Замечания и вопросы по диссертации

В качестве **замечаний** по диссертации отметим следующее

1. В работе приведены механические характеристики (модули упругости) и коэффициенты жесткости, для которых производился расчет напряженно-деформированного состояния. Неясно, каким образом влияет естественный разброс этих параметров для пациентов на оценку напряженного состояния в пользу той или иной схемы хирургического лечения.
2. Имеется ряд неточностей при математической формулировке задачи: 1) при формулировке условий контакта (1.8) в диссертации требуется равенство всех компонент тензора напряжений на контактной поверхности, вместе с тем обычно достаточно совпадения компонент вектора напряжений; 2) в постановке приведены условия совместности деформаций (1.2), которые выполнены автоматически при решении задачи в перемещениях.
3. Из текста диссертации неясно, учитывался ли вес пациента при проведении серии расчетов.
4. Имеется ряд погрешностей при оформлении диссертации и автореферата. Так, например, приводятся идентичные формулы в постановке в разделах диссертации (1.14) (формулы 1.1-1.9) и (2.1) (формулы 2.1-2.9), идентичные данные в таблицах (1.2, 1.3 и 2.1 и 2.2, 3.1, 3.2 и т.д.)

Перечисленные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Донник Анны Михайловны «Пациенто-ориентированное биомеханическое моделирование грудного и переходного груднопоясничного отделов позвоночника» и ее квалификации. Диссертационная работа представляет собой самостоятельное исследование, выполненное автором на актуальную тему.

По своей научной новизне, теоретической и практической значимости, качеству анализа полученных результатов диссертация имеет важное значение для развития биомеханики костных тканей, моделируемых биомеханических систем и их приложений по специальности 01.02.08-Биомеханика.

Диссертационная работа Донник Анны Михайловны «Пациенто-ориентированное биомеханическое моделирование грудного и переходного груднопоясничного отделов позвоночника» соответствует паспорту специальности 01.02.08 – Биомеханика, удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., с изм., утв. 21.04.2016 г. №335, 02.08.2016 г. №748, ред. от 11.09.2021 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Донник Анна Михайловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.08 – Биомеханика.

Отзыв подготовлен доктором физико-математических наук (01.02.04), профессором, заведующим кафедрой теории упругости Института математики, механики и компьютерных наук им. И. И. Воровича Южного федерального университета Ватульяном Александром Ованесовичем

(344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8а Институт математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича
тел. 8-918-58-96-075, e-mail aovatulyan@sfedu.ru)

Отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры теории упругости Института математики, механики и компьютерных наук им. И. И. Воровича Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» 29 августа 2022г. (голосование единогласное), протокол № 1.

Заведующий кафедрой теории упругости
Института математики, механики и компьютерных
наук им. И. И. Воровича
Южного федерального университета,
профессор, доктор физико-математических наук



Ватульян Александр Ованесович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Личную подпись <u>Ватульяна А.О.</u>
ЗАВЕРЯЮ:
Ведущий специалист по управлению персоналом <u>М.И. Поддубная</u> «29» августа 2022г.