

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

ФГБУ «Национальный медицинский
исследовательский центр хирургии

им. А.В. Вишневского» Минздрава России

докт. мед. наук, проф., академик РАН,

Ревишвили А.Ш.

2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации о научно-практической значимости диссертационной работы Каравайкина Павла Александровича на тему «Математическое моделирование в прогнозировании замыкательной функции аортального клапана после неокуспидизации», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата медицинских наук по специальности 3.1.15 — сердечно-сосудистая хирургия (медицинские науки).

Актуальность темы диссертации. Увеличение продолжительности жизни населения планеты приводит к возрастанию удельного веса дегенеративных пороков аортального клапана в патологии сердечно-сосудистой системы. В этой связи интенсифицируется поиск и совершенствование методов хирургического лечения аортальных пороков. В современных условиях такая задача должна решаться мультидисциплинарной командой специалистов: не только хирургов, но и инженеров, биологов, математиков, материаловедов. Часто внедрению технологии в медицинскую практику предшествует гемодинамическое и математическое моделирование функции нового протеза или реконструированного клапана. Кроме того, математическое моделирование может быть использовано для прогнозирования результатов вмешательства на клапане, например, эндоваскулярного протезирования аортального клапана. Математическое моделирование закрытия аортального клапана после операции

Ozaki несомненно является актуальным вопросом, так как количество этих операций и центров, где они выполняются постоянно растёт.

Новизна исследования и полученных результатов. В доступной литературе к настоящему моменту есть единичные сообщения о применении математического моделирования неокуспидизации аортального клапана, однако нет готовых инструментов для прогнозирования её результатов. В настоящей диссертационной работе впервые предпринята попытка в предоперационном периоде оценить результаты протезирования створок аортального клапана по методике Ozaki. Для этого разработан оригинальный алгоритм, позволяющий рассчитать положение створок аортального клапана в диастолу желудочков и параметры, отражающие надёжность замыкания створок.

Кроме того, для валидации разработанной математической модели проведён эксперимент на образцах свиных сердец, в ходе которого выполнена мультиспиральная компьютерная томография корня аорты сердец с контрастированием, выполнена операция Ozaki и измерены параметры коаптации створок: центральная длина коаптации, длина коаптации слева и справа от центра, площадь зон коаптации, эффективная высота створок, глубина провисания тел створок. На виртуальных образцах корня аорты, полученных на основании компьютерной томографии, произведено компьютерное моделирование операции со створками того же размера. Сравнивая характеристики коаптации, полученные в натурном и численном экспериментах, автор продемонстрировал, что модель позволяет адекватно оценить параметры закрытия аортального клапана. В частности, статистически эквиваленты оказались измеренные и рассчитанные значения площади зон коаптации ($p = 0,038$). Для большинства параметров (центральная длина коаптации, площадь зон коаптации, глубина провисания тел створок, эффективная высот створок) различия не достигли статистической значимости.

Впервые в России показано, что параметры закрытия клапана существенно превышают достаточные для нормальной его работы. Обозначено, что совершенствование методики неокуспидизации аортального клапана должна идти по пути редукции длины свободного края и геометрической высоты створок.

Теоретическая и практическая значимость исследования. Разработанная автором совместно с Институтом вычислительной математики РАН математическая модель закрытия аортального клапана позволяет надёжно

прогнозировать результаты неокуспидизации и может дать дополнительные данные хирургу, планирующему такую операцию. Появляется возможность виртуально оценить функцию створок разных размеров у пациента до операции и заранее выбрать наиболее подходящие. С целью снижения риска осложнений неокуспидизации по методике Ozaki в виде тромбоза створок и перекрытия устьев венечных артерий во время операции следует выбирать шаблон меньшего номера в спорном случае.

Кроме того, модель будет служить базисом для дальнейших исследований по оптимизации шаблонов для неокуспидизации, в ходе которой будет разработан инструмент персонализированного проектирования идеальных створок для конкретного пациента с пороком сердца в предоперационном периоде.

Достоверность полученных результатов. Диссертация построена на известных, проверяемых фактах, согласуется с опубликованными данными. Экспериментальное диссертационное исследование выполнено на достаточном количестве образцов (20 образцов свиных сердец и 20 итераций численного эксперимента). Методика эксперимента и его результаты воспроизводимы, не требует специальных условий и оборудования. Компьютерное моделирование закрытия аортального клапана выполнялось на сертифицированном оборудовании. Замеры производились с высоким разрешением с помощью современного программного обеспечения. Статистическая обработка проводилась с применением современных статистических критериев и компьютерных приложений. Для всех исследований пороговый уровень статистической значимости α принят за 5%. Анализ нормальности распределения, статистических критериев различия проведён в программном пакете IBM SPSS Statistics 26. TOST проведён в программе Statgraphics 18, тест эквивалентности Wilcoxon–Mann–Whitney проведён в программе RStudio с пакетом EQUIVNONINF.

Диссертация соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформой, взаимосвязью выводов и поставленных задач. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются обоснованными, полностью отражают существо вопроса и отвечают целям и задачам, поставленным в работе, обобщают и

связывают воедино результаты исследования, позволяют представить работу, как законченное исследование.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Основные научные положения, выводы и практические рекомендации диссертационного исследования могут использоваться в практической деятельности лечебных учреждений при хирургическом лечении пациентов с пороками аортального клапана. Результаты диссертационной работы внедрены и используются в клинической практике кардиохирургического отделения ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента Российской Федерации и применяются при планировании неокуспидизации аортального клапана. Материалы диссертационного исследования также могут использоваться в учебном процессе при подготовке студентов, врачей-интернов и клинических ординаторов, аспирантов и врачей-слушателей по профилю «сердечно-сосудистая хирургия».

По теме диссертации опубликованы 7 печатных работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендуемых Высшей Аттестационной Комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации для публикации основных результатов диссертационных исследований, получены 3 патента на изобретение.

Диссертация написана хорошим научным языком и имеет структурную и логическую последовательность в изложении материала. Имеющиеся единичные стилистические ошибки и опечатки, не снижают ее значимость.

Автореферат в полном объеме отражает содержание диссертации, освещены все необходимые для понимания сути работы материалы. По его содержанию и оформлению замечаний нет.

Диссертационное исследование соответствует паспорту научной специальности 3.1.15 — сердечно-сосудистая хирургия (медицинские науки).

Заключение. Диссертационная работа Каравайкина Павла Александровича на тему «Математическое моделирование в прогнозировании замыкательной функции аортального клапана после неокуспидизации», представленная на соискание ученой степени кандидата медицинских наук по специальности 3.1.15 — сердечно-сосудистая хирургия, является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании приведенных автором исследований решена актуальная задача для современной сердечно-

сосудистой хирургии – разработан метод предоперационного прогнозирования замыкательной функции аортального клапана после операции неокуспидизации.

По актуальности решаемых проблем, объему выполненных исследований, глубине анализа полученных данных и их доказательности, научной и практической ценности выводов и практических рекомендаций диссертация полностью соответствует требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (с изменениями и дополнениями от 11.09.2021 г. №1539), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата медицинских наук по специальности 3.1.15 — сердечно-сосудистая хирургия (медицинские науки).

Настоящий отзыв и диссертационная работа обсуждены и одобрены на заседании проблемной комиссии по специальности «сердечно-сосудистая хирургия» Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России. Протокол №4 от «29» марта 2023 г.

**Руководитель Центра сердечно-сосудистой хирургии
ФГБУ «Национальный медицинский
исследовательский центр хирургии
им. А.В. Вишневского» Минздрава России,
доктор медицинских наук, профессор**



Попов Вадим Анатольевич

**Адрес: 117997, г. Москва, ул. Большая Серпуховская, д.27
Телефон: +7(499) 236-54-02
e-mail: drpopov@mail.ru**

**Подпись д.м.н., проф. Попова Вадима Анатольевича
«заверяю»**

**Ученый секретарь ФГБУ «Национальный
медицинский исследовательский центр хирургии
им. А.В. Вишневского» Минздрава России
доктор медицинских наук**



Степанова Юлия Александровна

117997, г. Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27, тел +7(499) 236-60-94

« 11 » _____ 2023 г.