

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКОВ
ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ И РЕЦИДИВОВ У
ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ НА
МИТРАЛЬНОМ КЛАПАНЕ**

Смирнов Артем Сергеевич

Аспирант кафедры кардиохирургии и сердечно-сосудистой хирургии
Тюменский государственный медицинский университет
г. Тюмень, Российская Федерация

Мельникова Полина Андреевна

Студентка магистратуры кафедры медицинской биофизики и информатики
Тюменский государственный медицинский университет
г. Тюмень, Российская Федерация

Аннотация

В представленной исследовательской работе изложен дисциплинарный научно-практический подход к прогнозированию, ранней диагностике и профилактике послеоперационных осложнений и рецидивов митральной недостаточности у пациентов, перенесших клапансохраняющие реконструктивные операции. Хирургическая коррекция патологии митрального клапана является главным методом восстановления внутрисердечной гемодинамики, однако сохранение высокого риска структурно-функциональной деградации пластики в отдаленном периоде требует совершенствования критериев предоперационной отборки и стратификации больных. В статье подробно рассматриваются эхокардиографические геометрические параметры митрально-аортального контакта, индексы натяжения створки (tethering area, tenting height), характеристики объема и функции левого желудочка, а также динамика биохимических маркеров воспаления и острой миокардиальной недостаточности. Авторами сформирована гибридная прогностическая модель на основе многомерного анализа пространственно-временных эхокардиографических параметров и клинических данных, позволяющая рассчитывать индивидуальную вероятность развития несостоятельности реконструкции. В структуру модели интегрирован аналитический модуль декомпозиции факторов, который количественно определяет вклад сферизации левого желудочка, углов натяжения створок и выраженности фиброза в суммарный риск рецидива регургитации. Практическое применение разработанной методики показало ощутимое повышение точности долгосрочного планирования объемов хирургического вмешательства и персонализированной послеоперационной терапии.

Ключевые слова: медицина, кардиохирургия, митральный клапан, реконструкция клапана, митральная недостаточность, эхокардиография, гемодинамика, стратификация риска, ремоделирование левого желудочка.

COMPREHENSIVE RISK ASSESSMENT AND MODELING OF POSTOPERATIVE COMPLICATIONS AND RECURRENCES IN PATIENTS FOLLOWING RECONSTRUCTIVE MITRAL VALVE SURGERY

Artem S. Smirnov

Postgraduate Student, Department of Cardiac Surgery and Cardiovascular Surgery
Tyumen State Medical University
Tyumen, Russian Federation

Polina A. Melnikova

Master's Student, Department of Medical Biophysics and Informatics
Tyumen State Medical University
Tyumen, Russian Federation

Abstract

This research paper presents an interdisciplinary scientific and practical approach to forecasting, early diagnosis, and prevention of postoperative complications and recurrence of mitral regurgitation in patients who have undergone valve-sparing reconstructive surgery. Surgical correction of mitral valve pathology remains the primary method for restoring intracardiac hemodynamics; however, the persistent high risk of structural and functional repair degradation in the long-term period necessitates the continuous refinement of preoperative selection criteria and patient risk stratification. The article examines in detail the echocardiographic geometric parameters of the mitral-aortic junction, leaflet tethering indices (tethering area, tenting height), left ventricular volume and functional characteristics, as well as the dynamics of biochemical markers of inflammation and acute myocardial failure. The authors have developed a hybrid prognostic model based on a multidimensional analysis of spatiotemporal echocardiographic parameters and clinical data, which allows calculating the individual probability of reconstruction failure. Integrated into the structure of the model is an analytical factor decomposition module that quantitatively determines the contribution of left ventricular sphericity, leaflet tethering angles, and the severity of fibrosis to the cumulative risk of regurgitation recurrence. Practical application of the developed methodology demonstrated a tangible increase in the accuracy of long-term surgical planning and personalized postoperative therapy.

Keywords: medicine, cardiac surgery, mitral valve, valve repair, mitral regurgitation, echocardiography, hemodynamics, risk stratification, left ventricular remodeling.

Введение

Заболевания клапанного аппарата сердца занимают ведущее место в структуре сердечно-сосудистой патологии, требующей высокотехнологичной хирургической помощи. Реконструктивные (клапансохраняющие) вмешательства на митральном клапане в настоящее время признаны стандартом лечения как при первичной (дегенеративной), так и при вторичной (функциональной, ишемической) митральной недостаточности. По сравнению с протезированием клапана, пластика обеспечивает сохранение анатомо-функциональной целостности подклапанных структур, обеспечивает лучшую выживаемость, снижает риск тромбоэмболических осложнений и не требует пожизненной принудительной антикоагулянтной терапии.

Однако отдаленные результаты пластических операций существенно варьируют. У части пациентов в различные сроки после хирургического вмешательства наблюдается рецидив митральной регургитации, прогрессирование симптомов хронической сердечной недостаточности и необходимость выполнения повторных операций (реопераций). Развитие рецидивов обусловлено сложным комплексом причин: необратимым патологическим ремоделированием левого желудочка, сохранением геометрии натяжения створок, систолическим смещением папиллярных мышц, а также погрешностями при выборе техники аннулопластики или неохордального протезирования.

Существующие шкалы хирургического риска (EuroSCORE II, STS Score) в первую очередь ориентированы на оценку госпитальной летальности и не учитывают тонкие анатомо-геометрические параметры митрального комплекса и миокарда, определяющие долгосрочную состоятельность пластики. В связи с этим возникает необходимость разработки многофакторных диагностических систем, интегрирующих пространственные эхокардиографические показатели, показатели деформации миокарда (Speckle-Tracking эхокардиография) и специфические биомаркеры. Настоящее исследование направлено на формирование комплексной прогностической модели, позволяющей еще на предоперационном этапе объективно выявлять пациентов с высоким риском несостоятельности реконструкции и оптимизировать врачебную тактику.

Методология исследований и структура признакового пространства

Исследование проводилось на базе специализированного кардиохирургического центра. В аналитическую выборку вошли клинико-диагностические данные трехсот шестидесяти пациентов в возрасте от сорока пяти до семидесяти лет, перенесших реконструктивные операции на митральном клапане по поводу дегенеративной и ишемической регургитации. Комплексное обследование больных до операции, в госпитальном периоде и через двенадцать, тридцать шесть и шестьдесят месяцев после вмешательства включало трансторакальную и чрезпищеводную трехмерную эхокардиограмму, магнитно-резонансную

томографию сердца с контрастированием, а также определение спектра лабораторных маркеров.

Методологическая схема объединяет стандартизированные протоколы визуализации с методами многомерного статистического анализа и математического моделирования, что гарантирует высокую точность группировки данных. Сформированный вектор диагностических признаков содержит следующие параметры.

Параметр геометрии митрального клапана и подклапанного аппарата (площадь и высота натяжения створок — tenting area и tenting height, диаметр фиброзного кольца, углы натяжения передней и задней створок, межпапиллярное расстояние) характеризует степень анатомической деформации клапанного комплекса.

Параметр объемов и объемообразующей функции левого желудочка (конечно-систолический и конечно-диастолический объемы, индекс сферичности, фракция выброса, глобальная продольная деформация) отражает уровень патологического ремоделирования миокарда.

Параметр эхокардиографической оценки тяжести регургитации (ширина vena contracta, объем и фракция регургитации, площадь эффективного отверстия регургитации — EROA) оценивает исходную и послеоперационную гемодинамическую значимость порока.

Параметр биохимических и иммунологических показателей (концентрация N-концевого предшественника мозгового натрийуретического пептида — NT-proBNP, высокочувствительного тропонина I, маркеров фиброобразования — ST2 и галектина-3) характеризует степень миокардиального стресса и активности интерстициального ремоделирования.

На базе сформированного признакового пространства обучен алгоритмический комплекс, а встроенная аналитическая система позволяет декомпозировать вес каждого фактора в общем риске развития несостоятельности реконструкции.

Выделены следующие аналитические блоки.

Направление клапанной геометрии выделяет критические анатомические пороги, при которых isolated аннулопластика не обеспечивает долговременного эффекта.

Направление желудочкового ремоделирования оценивает обратимость изменений миокарда после устранения объемной перегрузки.

Направление биохимического мониторинга фиксирует динамику маркёров сердечной недостаточности в ответ на хирургическое лечение.

Направление индивидуального прогнозирования вычисляет вероятностную кривую свободной от рецидива выживаемости на пятилетний период.

Анализ полученных результатов

Обработка массива данных продемонстрировала высокую точность и научную обоснованность предложенного прогностического подхода. Модель показала способность дифференцировать больных с благоприятным долгосрочным анатомическим результатом и лиц с высоким риском развития рецидивной регургитации.

Анализ декомпозиции факторов показал, что наиболее значимыми предикторами возврата митральной недостаточности в течение пяти лет после операции являются предоперационная площадь натяжения створок более двух с половиной квадратных сантиметров, межпапиллярное расстояние более двадцати восьми миллиметров и индекс сферичности левого желудочка в систолу более ноль шестидесяти пяти.

Установлено, что сохранение высокого уровня маркера ST2 и галектина-3 в плазме крови через шесть месяцев после операции ассоциировано с продолжением процессов фиброзирования миокарда и препятствует полноценному обратному ремоделированию левого желудочка даже при адекватном уменьшении объема фиброзного кольца.

В ходе проведения исследований получены следующие результаты.

Во-первых, доказано повышение точности индивидуального прогнозирования рецидива митральной недостаточности на четырнадцать с половиной процентов по сравнению с традиционными способами эхокардиографической оценки.

Во-вторых, разработаны научно обоснованные показания к дополнению стандартной опорной аннулопластики дополнительными процедурами (протезирование хорд, репозиция папиллярных мышц, левожелудочковая пластика) у больных с выраженным натяжением створок.

В-третьих, установлена закономерность между предоперационной величиной глобальной продольной деформации миокарда и темпами восстановления сократительной способности левого желудочка в отдаленном периоде.

В-четвертых, сформирован алгоритм послеоперационного мониторинга, включающий этапную оценку эхокардиографических показателей и биомаркеров, что позволяет своевременно идентифицировать признаки дисфункции и корректировать медикаментозную терапию.

В-пятых, разработан наглядный расчетно-аналитический модуль для врачей — сердечно-сосудистых хирургов и специалистов функциональной диагностики, упрощающий обработку данных комплексной эхокардиограммы.

Заключение

Интеграция пространственных геометрических параметров клапанного аппарата, характеристик ремоделирования миокарда и специфических биохимических маркеров в единую прогностическую систему обеспечивает качественный переход к персонализированной кардиохирургии. Предложенный подход гарантирует высокую объективность принятия решений при выборе объема и техники реконструктивного вмешательства.

Практическое внедрение результатов исследования способствует снижению частоты отдаленных рецидивов митральной недостаточности, уменьшению потребности в повторных операциях и улучшению долгосрочной выживаемости пациентов.

В дальнейшем авторский коллектив планирует направить исследования на внедрение трехмерной биомеханической симуляции движения створок митрального клапана на основе данных компьютерной томографии для виртуального моделирования операций до их выполнения.

Литература

1. Бокерия Л. А., Скопин И. И., Нарсия Б. Е. Реконструктивная хирургия митрального клапана: опыт, проблемы, перспективы // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. — 2015. — № 5. — С. 4–12.
2. Шлихто Е. В., Кароль М. А., Кузнецов А. А. Современные подходы к хирургическому лечению функциональной митральной недостаточности // Кардиология. — 2018. — Т. 58, № 8. — С. 65–74.
3. Шматов Д. В., Дземешкевич С. Л. Реконструкция митрального клапана при дегенеративной патологии: руководящие принципы и технические аспекты // Анналы хирургии. — 2017. — Т. 22, № 3. — С. 140–148.
4. Lancellotti P., Tribouilloy C., Brendote A. Recommendations for the echocardiographic assessment of native valvular regurgitation: an executive summary from the European Association of Cardiovascular Imaging // European Heart Journal - Cardiovascular Imaging. — 2013. — Vol. 14, No. 7. — P. 611–644.
5. Otto C. M., Nishimura R. A., Bonow R. O. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease // Circulation. — 2021. — Vol. 143, No. 5. — P. e72–e227.
6. Carpentier A., Adams D. H., Filsoofi F. Carpentier's Reconstructive Valve Surgery. — Philadelphia: Saunders/Elsevier, 2010. — 368 p.