

# Прогнозирование развития осложнений после коррекции порока митрального клапана с помощью математического анализа

Д.А. Мацуганов<sup>1,2</sup>✉, М.Д. Нуждин<sup>2</sup>

Отделение кардиохирургии

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» МЗ РФ  
Российская Федерация, 454092, Челябинск, ул. Воровского, д. 64

<sup>2</sup> ГБУЗ «Челябинская областная клиническая больница»  
Российская Федерация, 454048, Челябинск, ул. Воровского, д. 70

✉ Контактная информация: Мацуганов Денис Алексеевич, врач-сердечно-сосудистый хирург отделения кардиохирургии ГБУЗ ЧОКБ. Email: denmacug@yandex.ru

## ЦЕЛЬ

Изучить возможности использования факторов риска, выявленных на дооперационном этапе, для прогнозирования развития осложнений после оперативного вмешательства на митральном клапане.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование включены 103 пациента, из них 46 мужчин, 57 женщин, которым выполнена хирургическая коррекция порока митрального клапана, проходивших лечение в кардиохирургическом отделении Челябинской областной клинической больницы № 1 в период с 2014 по 2019 г. Среди данных пациентов наличие анемии на дооперационном этапе (уровень гемоглобина крови менее 100 г/л) выявлено в 13 случаях (12,6%), ожирение (индекс массы тела более 30 кг/м<sup>2</sup>) – в 57 (55,3%), переливание крови и ее компонентов в анамнезе – в 14 (13,6%), сахарный диабет 2-го типа – в 7 (6,8%), острое нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) в анамнезе – в 9 (8,7%), хронический гепатит С – в 6 (5,8%), ВИЧ-инфекция – в 4 (3,9%), антибиотикотерапия до операции установлена в 21 случае (20,4%), отеки нижних конечностей выявлены в 40 случаях (38,8%), повышение температуры тела до операции – в 19 (18,4%), а наличие фибрилляции предсердий до операции – в 63 (61,2%) случаях. Систематизация исходной информации была введена в электронную таблицу Microsoft Office Excel 2016. Статистический анализ проводился с помощью программы *IBM SPSS Statistics v. 26* (разработчик – *IBM Corporation*). В качестве метода математического анализа данных использовалась бинарная логистическая регрессия. Инструментальные методы исследования: электрокардиография, эхокардиография, по показаниям проводили коронароангиографию.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Наличие таких факторов риска, как анемия, ожирение, а также увеличение размеров правого предсердия могут использоваться в качестве независимой переменной для прогнозирования развития осложнений. Увеличение диаметра ствола легочной артерии и наличие отеков нижних конечностей снижают риск развития осложнений. Доля вероятности развития осложнений после операций на митральном клапане, прогнозируемая методом логистической регрессии, составила 53,4%. Полученная модель с вероятностью 82,5% предсказывает отсутствие развития осложнений. Развитие осложнения было правильно предсказано в 93,3% наблюдений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная модель может использоваться в качестве дополнительного средства при прогнозировании развития осложнений после операций на митральном клапане.

## Ключевые слова:

митральный клапан, логистическая регрессия, анемия, ожирение

## Ссылка для цитирования

Мацуганов Д.А., Нуждин М.Д. Прогнозирование развития осложнений с помощью математического анализа после коррекции порока митрального клапана. *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь*. 2023;12(4):577–583. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2023-12-4-577-583>

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

## Благодарность, финансирование

Исследование не имеет спонсорской поддержки

ДИ — доверительный интервал  
 ИБС — ишемическая болезнь сердца  
 ИМТ — индекс массы тела  
 ЛА — легочная артерия  
 ЛПВП — липопротеины высокой плотности  
 ЛПНП — липопротеины низкой плотности  
 НК — нижние конечности  
 ОПП — острое почечное повреждение  
 ОХС — общий холестерин  
 ПП — правое предсердие  
 СРТ — сердечная ресинхронизирующая терапия

ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания  
 ТГ — триглицериды  
 ФП — фибрилляция предсердий  
 ФР — фактор риска  
 ЭКГ — электрокардиография  
 ЭхоКГ — эхокардиография  
 EAT — толщина эпикардальной складки  
 IAFI — интраабдоминальная толщина жировой складки  
 OR — отношение шансов  
 PFT — предперитонеальный жир  
 WFI — жир брюшной стенки

## ВВЕДЕНИЕ

Прогнозирование развития той или иной патологии имеет большое значение в первичной профилактике и ранней диагностике заболевания, а также существенным образом влияет на его исход. Знание основных предикторов, влияющих на развитие осложнений, может использоваться для их предупреждения путем воздействия на факторы риска (ФР). В том случае, когда повлиять на этот фактор не представляется возможным, прогнозирование развития осложнения позволяет своевременно предпринять необходимые меры для предотвращения неблагоприятных исходов заболевания и повышения качества жизни пациента.

Одним из наиболее доступных и перспективных методов прогнозирования развития осложнений является выявление ФР у пациента при первичном контакте с ним, а также анализе данных инструментальных методов исследования.

В современной литературе имеется большое количество научных статей по прогнозированию развития осложнений в послеоперационном периоде. Так, у пациентов с острым почечным повреждением (ОПП) после кардиохирургических операций выявленные новые биомаркеры (белок, связывающий жирные кислоты печени в моче (*L-FABP*), липокалин, ассоциированный с желатиной нейтрофильных клеток мочи (*NGAL*), сывороточный *L-FABP*, *FABP* сердечного типа, молекула повреждения почек 1 (*KIM-1*) и интерлейкин-18) были признаны надежными показателями для диагностики, прогнозирования неблагоприятного исхода и даже смертельных исходов от послеоперационного ОПП. Поэтому был сделан вывод о том, что для достижения многообещающего прогноза заместительную почечную терапию следует начинать как можно раньше [1].

Также имеются данные о развитии фибрилляции предсердий (ФП) в послеоперационном периоде операций на сердце. Было доказано, что это связано с последующим развитием сердечной и почечной недостаточности, системной эмболии и увеличением сроков пребывания в больнице и летальности. ФП в послеоперационном периоде операций на сердце обычно появляется в первые 48 часов после операции. Также были определены сопутствующие ФР: пожилой возраст, хроническая обструктивная болезнь легких, хроническая болезнь почек, операция на клапане, сниженная фракция выброса левого желудочка (менее 40%) и отмена бета-блокаторов. Показано, что профилактическое лечение β-адреноблокаторами и амиодароном связано с уменьшением появления ФП после операции [2].

**Цель:** изучить возможности использования факторов риска, выявленных на дооперационном этапе, для

прогнозирования развития осложнений после оперативного вмешательства на митральном клапане.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (*Good Clinical Practice*) и принципами Хельсинкской Декларации. Протокол исследования был одобрен Этическим комитетом Челябинской областной клинической больницы. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

В исследование включены 103 пациента, проходившие лечение в кардиохирургическом отделении Челябинской областной клинической больницы № 1 в период с 2014 по 2019 г.: из них 46 мужчин и 57 женщин, которым была выполнена хирургическая коррекция порока митрального клапана.

Среди данных пациентов наличие анемии на дооперационном этапе (уровень гемоглобина крови менее 100 г/л) выявлено в 13 случаях (12,6%), ожирение (индекс массы тела (ИМТ) более 30 кг/м<sup>2</sup>) — в 57 (55,3%), переливание крови и ее компонентов в анамнезе — в 14 (13,6%), сахарный диабет 2-го типа — в 7 (6,8%), острое нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) в анамнезе — в 9 (8,7%), хронический гепатит С — в 6 (5,8%), ВИЧ-инфекция — в 4 (3,9%), антибиотикотерапия до операции установлена в 21 случае (20,4%), отеки нижних конечностей выявлены в 40 случаях (38,8%), повышение температуры тела до операции — в 19 (18,4%), а наличие ФП до операции — в 63 (61,2%) случаях. Пациентам, участвующим в исследовании, было проведено клинико-инструментальное обследование, включающее электрокардиографию (ЭКГ), эхокардиографию (ЭхоКГ), по показаниям проводили коронароангиографию.

**Статистическая обработка.** Систематизация исходной информации была введена в электронную таблицу *Microsoft Office Excel 2016*. Статистический анализ проводился с использованием программы *IBM SPSS Statistics v. 26* (разработчик — *IBM Corporation*).

Нормальность распределения количественных показателей определялась с помощью критерия Шапиро-Уилка. В том случае, если распределение величин соответствовало нормальному, использовались показатели среднего значения и стандартного отклонения, а для оценки статистической значимости использовали критерий Стьюдента. Если распределение величин не соответствовало нормальному, использовались показатели медианы и квартилей. Для определения значимости различий при попарном сравнении применяли критерий Манна-Уитни. При оценке качественных

показателей описательная статистика представлена абсолютными числами и процентными долями. Статистическая значимость различий качественных показателей оценивалась с помощью критерия  $\chi^2$  или критерия Фишера (при ожидаемых частотах менее 10). В качестве метода математического анализа данных использовали бинарную логистическую регрессию. Построение логистической регрессионной модели осуществляли методом пошагового включения прогностических факторов с определением минимального набора предикторов по оценке значения коэффициента детерминации  $R^2$  Найджелкерка, показывающего долю влияния всех предикторов модели на дисперсию зависимой переменной. Проверку статистической значимости модели осуществляли при помощи критерия  $\chi^2$ . При значении  $p$  менее 0,05 гипотезу о статистической незначимости модели отвергали. Соответствие модели использованным данным характеризовали с помощью критерия согласия Хосмера–Лемешоу. При  $p$  более 0,05 принимали гипотезу о согласованности модели. Интерпретацию параметров логистической регрессии производили на основе величины  $\exp(b)$ : если коэффициент  $b$  является положительным, то  $\exp(b)$  больше 1 и шансы наступления прогнозируемого события возрастают, отрицательное значение коэффициента  $b$  указывает на снижение шансов ( $\exp(b) < 1$ ). Чувствительность и специфичность предикторов оценивали при помощи ROC-анализа. Количественную интерпретацию результатов проводилась по ROC-кривым с оценкой показателя  $AUC$  (Area under ROC curve — площадь под ROC-кривой).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Модель логистической регрессии может быть представлена математически в виде зависимости логарифма шанса наступления прогнозируемого события (логита) от линейной комбинации факторных переменных. Соответственно, вероятность прогнозируемого события может быть выражена через следующее уравнение:

$$p = 1 / (1 + e^{-z}) \cdot 100\%, \\ z = a_0 + a_1 \cdot X_1 + \dots + a_n \cdot X_n,$$

где  $p$  — вероятность прогнозируемого события (%),  $e$  — математическая константа 2,72,  $z$  — степень экспоненциальной функции,  $a_0$  — константа модели,  $a_1$  — коэффициент при независимой переменной  $X_1$ , показывающий изменение логарифмических шансов, вызванное единичным изменением переменной, а

$n$  — порядковый номер предиктора, включенного в уравнение.

Проводилось построение моделей логистической регрессии с поочередным включением каждого предиктора, в результате чего была получена статистически значимая регрессионная модель. Значения коэффициентов модели представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, все коэффициенты статистически значимы и оказывают влияние на зависимую переменную. Таким образом, вероятность развития осложнений после операций на митральном клапане может быть представлена следующим уравнением (1):

$$P = 1 / (1 + e^{-z}) \cdot 100\%, \\ z = -5,53 + 4,6 \cdot X_{\text{АНЕМ}} + 4,04 \cdot X_{\text{ОЖИР}} - 2,25 \cdot X_{\text{ОТНК}} + \\ + 1,66 \cdot X_{\text{ПП}} - 2,43 \cdot X_{\text{ЛА}} \quad (1),$$

где  $P$  — вероятность развития осложнений (%),  $z$  — степень экспоненциальной функции,  $X_{\text{АНЕМ}}$  — анемия до операции (уровень гемоглобина крови менее 100 г/мл; 0 — отсутствие, 1 — наличие);  $X_{\text{ОЖИР}}$  — ожирение до операции (ИМТ > 30 кг/м<sup>2</sup>; 0 — отсутствие, 1 — наличие);  $X_{\text{ОТНК}}$  — отеки нижних конечностей (НК) до операции (0 — отсутствие, 1 — наличие);  $X_{\text{ПП}}$  — размер правого предсердия (ПП) (см);  $X_{\text{ЛА}}$  — диаметр ствола легочной артерии (ЛА) (см).

Исходя из значений регрессионных коэффициентов, наличие анемии, ожирения, размер ПП имеют прямую связь с вероятностью развития осложнения. Однако влияние отеков НК и диаметра ствола ЛА имеют обратную связь с вероятностью развития осложнения. Анемия до операции увеличивает шансы развития осложнения в 99,2 раза (95% ДИ (доверительный интервал) [5,41–1820,75]), ожирение до операции увеличивает шансы развития осложнения в 56,92 раза (95% ДИ [2,54–1276,34]), прирост размера ПП на 1 см — увеличивает шансы развития осложнения в 5,29 раза (95% ДИ [1,34–20,85]).

Однако наличие отеков НК до операции уменьшает шансы развития осложнения в 9,52 раза (1/0,105) (95% ДИ [0,012–0,92]), увеличение диаметра ствола ЛА на 1 см уменьшали шансы развития осложнения в 11,36 раза (1/0,088) (95% ДИ [0,014–0,545]).

На рис. 1 сопоставлены значения скорректированного отношения шансов с 95% ДИ для изучаемых факторов, вошедших в модель (1).

Пороговое значение логистической функции  $P$  было определено с помощью метода анализа ROC-кривых. Полученная кривая представлена на рис. 2.

Таблица 1

**Сводные данные по регрессионной модели развития осложнений после операций на митральном клапане на девятом шаге**

Table 1

**Summary data on the regression model for the development of complications after mitral valve surgery at the ninth step**

	В	Среднеквадратичная ошибка	Значения	Exp (В)	95% ДИ для Exp (В)	
					Нижнее	Верхнее
Анемия	4,597	1,485	0,002	99,226	5,408	1820,751
Ожирение	4,042	1,587	0,011	56,926	2,539	1276,338
Отеки нижних конечностей	-2,253	1,108	0,042	0,105	0,012	0,922
Легочная артерия	-2,435	0,933	0,009	0,088	0,014	0,545
Правое предсердие	1,665	0,700	0,017	5,287	1,341	20,849
Константа	-5,532	3,707	0,136	0,004		

Примечания: ДИ — доверительный интервал; В — коэффициент в уравнении, Exp (В) — показывает во сколько раз изменится шанс возникновения изучаемого события, если значения одного из предикторов изменится на единицу при фиксированных значениях прочих предикторов

Notes: ДИ — confidence interval, В — coefficient in the equation, Exp (В) shows how many times the chance of the occurrence of the event under study will change if the value of one of the predictors changes by one with fixed values of the other predictors

Как видно из рис. 2, площадь под ROC-кривой составила  $0,91 \pm 0,03$  (95% ДИ [0,85–0,97]). Значение логистической функции (1) в точке *cut-off* составило 17,2%. При значениях *P* более 17,2% определялся высокий риск, а при значениях *P* менее 17,2% — низкий риск осложнений. Чувствительность и специфичность модели (1) при данном пороговом значении составили 93,3% и 82,5% соответственно.

Доля вероятности развития осложнения, сложившаяся под влиянием указанных признаков, — 53,4%.

Полученная модель с вероятностью 82,5% предсказывает отсутствие развития осложнения. Развитие осложнения было правильно предсказано в 93,3% наблюдений.

Данная модель может использоваться в качестве дополнительного средства при прогнозировании развития осложнений после операций на митральном клапане. В частности, ФР развития осложнений является наличие анемии, ожирения, увеличение размеров ПП, а увеличение диаметра ствола ЛА и наличие отеков НК являются протективными факторами.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Выявление ФР развития осложнений у пациентов с сердечно-сосудистой патологией возможно при первичном контакте с ними. В литературном обзоре по оценке ожирения как ФР сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) с акцентом на ультразвуковое исследование [3] была определена в качестве параметра интраабдоминальная толщина жировой складки (*IAFT*). Связь *IAFT* с сердечно-сосудистыми ФР была изучена несколькими учеными [4]. Так, была обнаружена положительная корреляция *IAFT* с уровнем в крови общего холестерина (ОХС) и глюкозы [5], инсулина, липопротеинов высокой плотности (ЛПВП) и триглицеридов (ТГ) [6, 7]. *IAFT* также была связана с толщиной комплекса интима медиа сонной артерии [8]. В целом большинство авторов сходятся во мнении, что *IAFT* лучше подходит для оценки регионального ожирения и показывает хорошую прогностическую значимость для выявления риска развития ССЗ [9]. Следующим показателем был индекс жира брюшной стенки (*WFI*), при этом показано, что он снижался с увеличением ИМТ и положительно коррелировал с уровнем в крови ТГ ( $r=0,37$ ,  $p<0,01$ ) и мочевой кислоты ( $r=0,40$ ,  $p<0,001$ ) в 1-м квинтиле ИМТ (30,2–36,4) и отрицательно коррелировал с уровнем ЛПВП ( $r=-0,32$ ,  $p<0,001$ ) в 3-м квинтиле ИМТ (40,6–45,1) (статистически значимо во всех случаях) [10, 11]. Это может свидетельствовать о неоднозначном влиянии данного показателя на ФР ССЗ у лиц с различной массой тела. Кроме того, толщина предперитонеального жира (*PFT*) связана со степенью стеноза коронарных артерий и нарушением липидного обмена у мужчин, не страдающих ожирением. При изучении пациентов с наличием ишемической болезни сердца (ИБС), но без ожирения, была обнаружена положительная связь между *PFT* и выраженностью стеноза коронарных артерий ( $r=0,246$ ,  $p<0,05$ ). Кроме того, *PFT* положительно коррелировал с уровнем в крови ОХС ( $r=0,259$ ,  $p<0,01$ ), ТГ ( $r=0,205$ ,  $p<0,05$ ) и липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) ( $r=0,205$ ,  $p<0,05$ ), и отрицательно — с уровнем ЛПВП в сыворотке крови ( $r=-0,261$ ,  $p<0,01$ ) (статистически значимо во всех случаях). Таким образом, *PFT* демонстрировал положительную связь с выраженностью стеноза коронарных артерий и дислипидемией. Этот факт

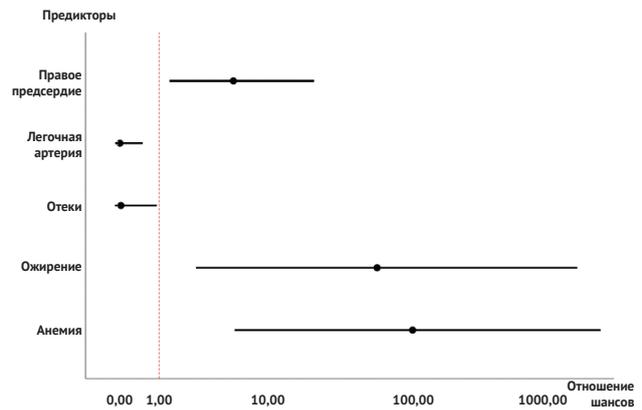


Рис. 1. Оценки отношения шансов с 95% доверительным интервалом для изучаемых предикторов выявления осложнения после операции

Fig. 1. Estimates of odds ratios with 95% confidence intervals for the studied predictors of detection of complications after surgery

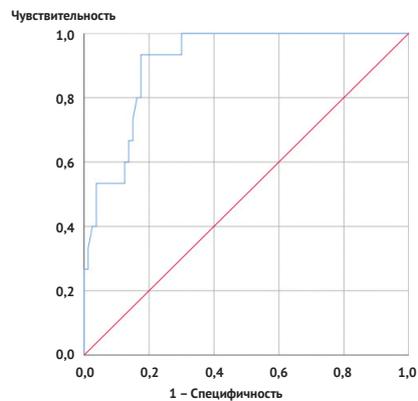


Рис. 2. ROC-кривая, характеризующая зависимость вероятности развития осложнений от значений прогностической функции (1)

Fig. 2. ROC curve characterizing the dependence of the likelihood of developing complications on the values of the prognostic function (1)

позволяет использовать данный показатель как один из маркеров неблагоприятного прогноза у мужчин с ИБС [10, 11]. Толщина эпикардиальной складки (*EAT*) при ее увеличении из-за анатомической близости к коронарным артериям активно способствует развитию и прогрессированию коронарного атеросклероза. *EAT* имеет эндокринные, паракринные, вазокринные и воспалительные эффекты и связана с метаболическим синдромом, инсулинорезистентностью, ИБС и артериальной гипертензией. Следовательно, измерение толщины *EAT* приобрело большое значение для выявления рисков прогрессирования ССЗ [12–14].

В современной литературе немаловажную роль в прогнозировании осложнений играет выявление сердечных биомаркеров. Так, в исследовании по определению роли маркеров ишемически-реперфузионного повреждения у пациентов с острым коронарным синдромом с подъемом сегмента *ST* (ОКСп*ST*) было доказано, что более информативными показателями в оценке риска развития феноменов микрососудистого повреждения являются исходное значение в крови *N*-концевого пропептида натрийуретического гормона (*NT-proBNP*), а также показателей сердечного тропонина (*cTnI*), высокочувствительного *C*-реактивного белка

(hsCRP) и стимулирующего фактора роста (sST2) после чрескожного коронарного вмешательства [15]. Эти данные подтверждаются заключением совета экспертов в обзоре по стратификации риска ССЗ, опубликованным в 2021 году, в котором было предложено дополнить шкалы биомаркерами, обладающими способностью прогнозировать сердечно-сосудистый риск. Одним из таких биомаркеров является тропонин (*TnI*) [16].

Помимо лабораторных маркеров имеется ряд исследований по прогнозированию осложнений на основании данных инструментальных методов исследования. Так, впервые в исследовании по прогнозированию обратного ремоделирования на фоне сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ) установлена диагностическая ценность большей продолжительности комплекса *QRS*, изменения направления вектора межжелудочковой перегородки, замедленное транс-септальное проведение, *U*-образный паттерн активации и изменение направления реполяризации левого желудочка, выявленных по данным ЭКГ. Предложена математическая модель для предсказания обратного ремоделирования на фоне СРТ на основании только ЭКГ-признаков [17].

В настоящем исследовании была построена прогностическая модель для определения вероятности развития осложнений после операций на митральном клапане. Были определены ФР, а также данные инструментальных методов исследования, которые могут увеличивать шансы развития неблагоприятного исхода. Данная математическая модель может использоваться для определения вероятности возникновения осложнения с чувствительностью 93,3% и специфичностью 82,5%.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Yuan SM. Acute Kidney Injury after Cardiac Surgery: Risk Factors and Novel Biomarkers. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2019;34(3):352–360. PMID: 31310475 <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2018-0212>
2. Baeza-Herrera LA, Rojas-Velasco G, Márquez-Murillo MF, Portillo-Romero ADR, Medina-Paz L, Álvarez-Álvarez R, et al. Atrial fibrillation in cardiac surgery. *Arch Cardiol Mex.* 2019;89(4):348–359. PMID: 31854314 <https://doi.org/10.24875/ACM.19000134>
3. Цыганков, Д.А., Поликутина О.М. Ожирение как фактор риска сердечно-сосудистой патологии: фокус на ультразвуковые исследования. *Российский кардиологический журнал.* 2021;26(5):170–175. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4371>
4. Ponti F, Santoro A, Mercatelli D, Gasperini C, Conte M, Martucci M, et al. Aging and Imaging Assessment of Body Composition: From Fat to Facts. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2020;10:861. PMID: 31993018 <https://doi.org/10.3389/endo.2019.00861>
5. Bertoli S, Leone A, Vignati L, Spadafranca A, Bedogni G, Vanzulli A, et al. Metabolic correlates of subcutaneous and visceral abdominal fat measured by ultrasonography: a comparison with waist circumference. *Nutr J.* 2016;15:2. PMID: 26752788 <https://doi.org/10.1186/s12937-015-0120-2>
6. Müller MJ, Braun W, Enderle J, Bosy-Westphal A. Beyond BMI: conceptual issues related to overweight and obese patients. *Obes Facts.* 2016;9(3):193–205. PMID: 27286962 <https://doi.org/10.1159/000445380>
7. Логачева, И.В., Рязанова Т.А., Макарова В.Р. Роль интраабдоминальной жировой ткани в развитии коморбидной кардиальной патологии у пациентов с избыточной массой тела и ожирением. *Атеросклероз и дислипидемии.* 2020;2(39):33–42. <https://doi.org/10.34687/2219-8202>
8. Oh J, Kim SK, Shin DK, Park KS, Park SW, Cho YW. A simple ultrasound correlate of visceral fat. *Ultrasound Med Biol.* 2011;37(9):1444–1451. PMID: 21775047 <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2011.05.844>
9. Hiremath R, Ibrahim J, Prasanthi K, Reddy HT, Shah RS, Haritha C. Comparative study of ultrasonographic and anthropometric measurements of regional adiposity in metabolic syndrome. *J Clin Diagn Res.* 2017;11(8):TC01–TC05. PMID: 28969256 <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/26386.10352>
10. Ponti F, Santoro A, Mercatelli D, Gasperini C, Conte M, Martucci M, et al. Aging and Imaging Assessment of Body Composition. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2020;10:861. PMID: 31993018 <https://doi.org/10.3389/endo.2019.00861>
11. Bazzocchi A, Filonzi G, Ponti F, Albisinni U, Guglielmi G, Battista G. Ultrasound: Which role in body composition? *Eur J Radiol.* 2016;85(8):1469–1480. PMID: 27255340 <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.04.005>
12. Ansaldo AM, Montecucco F, Sahebkar A, Dallegrì F, Carbone F. Epicardial adipose tissue and cardiovascular diseases. *Int J Cardiol.* 2019;278:254–260. PMID: 30297191 <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.09.089>
13. Meenakshi K, Rajendran M, Srikumar S, Chidambaram S. Epicardial fat thickness: A surrogate marker of coronary artery disease- Assessment by echocardiography. *Indian Heart J.* 2016;68(3):336–341. PMID: 27316487 <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2015.08.005>
14. Shambu SK, Desai N, Sundaresh N, Babu MS, Madhu B, Gona OJ. Study of correlation between epicardial fat thickness and severity of coronary artery disease. *Indian Heart J.* 2020;72(5):445–447. PMID: 33189210 <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2020.07.014>
15. Русак Т.В., Гелис Л.Г., Медведева Е.А., Русских И.И., Шибко Н.А., Курганович С.А., и др. Роль биомаркеров повреждения и воспаления миокарда в прогнозировании ишемически-реперфузионного повреждения у пациентов с острым коронарным синдромом с подъемом сегмента ST при эндоваскулярной реваскуляризации. *Российский кардиологический журнал.* 2021;26(11):16–22. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4572>
16. Драпкина О.М., Концева А.В. Новые возможности биомаркеров в стратификации риска сердечно-сосудистых заболеваний. Заключение Совета экспертов. *Российский кардиологический журнал.* 2021;26(9):129–134. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4700>
17. Малишевский Л.М., Кузнецов В.А., Тодосийчук В.В., Широков Н.Е., Лебедев Д.С. Анализ диагностической ценности электрокардиографических признаков блокады левой ножки пучка Гиса в предсказании обратного ремоделирования на фоне сердечной ресинхронизирующей терапии. *Российский кардиологический журнал.* 2021;26(9):42–49. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4500>

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие таких факторов риска, как анемия, ожирение, а также увеличение размеров правого предсердия могут использоваться в качестве независимой переменной для прогнозирования развития осложнений. Увеличение диаметра ствола легочной артерии и наличие отеков нижних конечностей снижают риск развития осложнений. Доля вероятности развития осложнений после операций на митральном клапане, прогнозируемая методом логистической регрессии, составила 53,4%.

## ВЫВОДЫ

1. Наличие анемии, ожирения и размер правого предсердия имеют прямую связь с вероятностью развития осложнения. Однако влияние отеков нижних конечностей и диаметра ствола легочной артерии имеют обратную связь с вероятностью их развития. Анемия до операции увеличивает шансы развития осложнения в 99,2 раза (95% ДИ [5,41–1820,75]), ожирение до операции увеличивает шансы развития осложнения в 56,92 раза (95% ДИ [2,54–1276,34]), прирост размера правого предсердия на 1 см увеличивает шансы развития осложнения в 5,29 раза (95% ДИ [1,34–20,85]).

2. Наличие отеков нижних конечностей до операции уменьшает шансы развития осложнения в 9,52 раза (1/0,105) (95% ДИ [0,012–0,92]), увеличение диаметра ствола легочной артерии на 1 см уменьшает шансы развития осложнения в 11,36 раза (1/0,088) (95% ДИ [0,014–0,545]). Полученная модель с вероятностью 82,5% предсказывает отсутствие развития осложнения. Развитие осложнения было правильно предсказано в 93,3% наблюдений.

## REFERENCES

1. Yuan SM. Acute Kidney Injury after Cardiac Surgery: Risk Factors and Novel Biomarkers. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2019;34(3):352–360. PMID: 31310475 <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2018-0212>
2. Baeza-Herrera LA, Rojas-Velasco G, Márquez-Murillo MF, Portillo-Romero ADR, Medina-Paz L, Álvarez-Álvarez R, et al. Atrial fibrillation in cardiac surgery. *Arch Cardiol Mex.* 2019;89(4):348–359. PMID: 31834314 <https://doi.org/10.24875/ACM.19000134>
3. Tsygankov DA, Polikutina OM. Obesity as a risk factor for cardiovascular disease: focus on ultrasound. *Russian Journal of Cardiology.* 2021;26(5):4371. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4371>
4. Ponti F, Santoro A, Mercatelli D, Gasperini C, Conte M, Martucci M, et al. Aging and Imaging Assessment of Body Composition: From Fat to Facts. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2020;10:861. PMID: 31993018 <https://doi.org/10.3389/endo.2019.00861>
5. Bertoli S, Leone A, Vignati L, Spadafranca A, Bedogni G, Vanzulli A, et al. Metabolic correlates of subcutaneous and visceral abdominal fat measured by ultrasonography: a comparison with waist circumference. *Nutr J.* 2016;15:2. PMID: 26732788 <https://doi.org/10.1186/s12937-015-0120-2>
6. Müller MJ, Braun W, Enderle J, Bösly-Westphal A. Beyond BMI: conceptual issues related to overweight and obese patients. *Obes Facts.* 2016;9(3):193–205. PMID: 27286962 <https://doi.org/10.1159/000445380>
7. Logacheva IV, Ryazanova TA, Makarova VR. The role of intraabdominal adipose tissue in patients with comorbid cardiac pathology with overweight and obesity. *The Journal of Atherosclerosis and Dyslipidaemias.* 2020;2(39):33–42. <https://doi.org/10.34687/2219-8202>
8. Oh J, Kim SK, Shin DK, Park KS, Park SW, Cho YW. A simple ultrasound correlate of visceral fat. *Ultrasound Med Biol.* 2011;37(9):1444–1451. PMID: 21775047 <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2011.05.844>
9. Hiremath R, Ibrahim J, Prasanthi K, Reddy HT, Shah RS, Haritha C. Comparative study of ultrasonographic and anthropometric measurements of regional adiposity in metabolic syndrome. *J Clin Diagn Res.* 2017;11(8):TC01–TC05. PMID: 28969236 <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/26386.10352>
10. Ponti F, Santoro A, Mercatelli D, Gasperini C, Conte M, Martucci M, et al. Aging and Imaging Assessment of Body Composition. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2020;10:861. PMID: 31993018 <https://doi.org/10.3389/endo.2019.00861>
11. Bazzocchi A, Filonzi G, Ponti F, Albisinni U, Guglielmi G, Battista G. Ultrasound: Which role in body composition? *Eur J Radiol.* 2016;85(8):1469–1480. PMID: 27235340 <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.04.005>
12. Ansaldo AM, Montecucco F, Sahebkar A, Dallegrì F, Carbone F. Epicardial adipose tissue and cardiovascular diseases. *Int J Cardiol.* 2019;278:254–260. PMID: 30297191 <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.09.089>
13. Meenakshi K, Rajendran M, Srikumar S, Chidambaram S. Epicardial fat thickness: A surrogate marker of coronary artery disease—Assessment by echocardiography. *Indian Heart J.* 2016;68(3):336–341. PMID: 27316487 <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2015.08.005>
14. Shambu SK, Desai N, Sundaresh N, Babu MS, Madhu B, Gona OJ. Study of correlation between epicardial fat thickness and severity of coronary artery disease. *Indian Heart J.* 2020;72(5):445–447. PMID: 33189210 <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2020.07.014>
15. Rusak TV, Gelis LG, Medvedeva EA, Russkikh II, Shibeko NA, Kurganovich SA, et al. Role of biomarkers of myocardial injury and inflammation in predicting ischemia-reperfusion injury in patients with ST-segment elevation acute coronary syndrome undergoing endovascular revascularization. *Russian Journal of Cardiology.* 2021;26(11):4572. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4572>
16. Drapkina OM, Kontsevaya AV. New opportunities for biomarkers in cardiovascular risk stratification. Resolution of Advisory board. *Russian Journal of Cardiology.* 2021;26(9):4700. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4700>
17. Malishevsky LM, Kuznetsov VA, Todosiychuk VV, Shirokov NE, Lebedev DS. Diagnostic value of electrocardiographic markers of left bundle branch block in predicting left ventricular reverse remodeling in patients receiving cardiac resynchronization therapy. *Russian Journal of Cardiology.* 2021;26(9):4500. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4500>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Мацуганов Денис Алексеевич**

кандидат медицинских наук, врач-сердечно-сосудистый хирург отделения кардиохирургии ГБУЗ «Челябинская областная клиническая больница», ассистент кафедры анатомии и оперативной хирургии ФГБОУ ВО ЮУГМУ МЗ РФ;

<https://orcid.org/0000-0002-5393-7070>, [denmacug@yandex.ru](mailto:denmacug@yandex.ru);

85%: обоснование концепции исследования, планирование исследования, проведение сравнительного анализа, анализ и обобщение результатов исследования, формулировка выводов, разработка дизайна обзорно-аналитического исследования, работа с экспертной комиссией и этическим комитетом для принятия положительного решения о публикации данной статьи

**Нуждин Михаил Дмитриевич**

кандидат медицинских наук, врач-сердечно-сосудистый хирург высшей квалификационной категории, заведующий кардиохирургическим отделением ГБУЗ ЧОКБ;

<https://orcid.org/0000-0002-7269-6727>, [austesla2022@gmail.com](mailto:austesla2022@gmail.com);

15%: обобщение данных литературы, интерпретация результатов исследования, формулировка выводов

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов**

# Predicting the Development of Complications After Mitral Valve Repair Using Mathematical Analysis

D.A. Matsuganov<sup>1,2</sup> ✉, M.D. Nuzhdin<sup>2</sup>

Department of Cardiac Surgery

<sup>1</sup> South Ural State Medical University

64, Vorovsky Str., Chelyabinsk, 454092, Russian Federation

<sup>2</sup> Chelyabinsk Regional Clinical Hospital

70, Vorovsky Str., Chelyabinsk, 454048, Russian Federation

✉ **Contacts:** Denis A. Matsuganov, Candidate of Medical Sciences, Cardiovascular Surgeon, Department of Cardiac Surgery, Chelyabinsk Regional Clinical Hospital.  
Email: denmacug@yandex.ru

**AIM** To study the possibilities of using risk factors, data from instrumental research methods identified at the preoperative stage as independent variables for predicting the development of complications after mitral valve surgery.

**MATERIAL AND METHODS** The study included 103 patients, 46 men and 57 women, who underwent surgical correction of mitral valve defect and were treated at the Cardiac Surgery Department of Chelyabinsk Regional Clinical Hospital № 1 in the period from 2014 to 2019. Among those patients, the presence of anemia at the preoperative stage (blood hemoglobin level less than 100 g/l) was detected in 13 (12,6%) cases; obesity (BMI more than 30 kg/m<sup>2</sup>) – in 57 (55,3%) cases; transfusion of blood and its components in anamnesis – in 14 (13,6%) cases; type 2 diabetes mellitus – in 7 (6,8%) cases; stroke in anamnesis – in 9 (8,7%) cases; chronic Hepatitis C – in 6 (5,8%) cases; HIV infection – in 4 (3,9%) cases; antibiotic therapy before surgery was indicated in 21 (20,4%) cases; edema of the lower extremities was detected in 40 (38,8%) cases; an increase in body temperature before surgery – in 19 (18,4%) cases; the presence of atrial fibrillation before surgery – in 63 (61,2%) cases. The systematization of the source information was entered into a Microsoft Office Excel 2016 spreadsheet. Statistical analysis was carried out using the IBM SPSS Statistics v.26 program (developed by IBM Corporation). Binary logistic regression was used as a method of mathematical data analysis. Instrumental research methods: electrocardiography (ECG), echocardiography (ECHO-CG); coronary angiography was performed according to indications.

**RESULTS** The presence of risk factors such as anemia, obesity, as well as an increase in the size of the right atrium can be used as an independent variable to predict the development of complications. An increase in the diameter of the pulmonary artery trunk, and the presence of edema of the lower extremities reduces the risk of complications. The likelihood of developing complications after mitral valve surgery predicted by the logistic regression method was 53,4%. The resulting model predicts the absence of complications with the likelihood of 82,5%. The development of complications was correctly predicted in 93,3% of cases.

**CONCLUSION** This model can be used as an additional tool in predicting the development of complications after mitral valve surgery.

**Keywords:** mitral valve, logistic regression, anemia, obesity

**For citation** Matsuganov DA, Nuzhdin MD. Predicting the Development of Complications After Mitral Valve Repair Using Mathematical Analysis. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2023;12(4):577–583. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2023-12-4-577-583> (in Russ.)

**Conflict of interest** Authors declare lack of the conflicts of interests

**Acknowledgments, sponsorship** The study has no sponsorship

**Affiliations**

Denis A. Matsuganov

Candidate of Medical Sciences, Cardiovascular Surgeon, Department of Cardiac Surgery, Chelyabinsk Regional Clinical Hospital, Assistant, Department of Anatomy and Operative Surgery, South Ural State Medical University;

<https://orcid.org/0000-0002-5393-7070>, denmacug@yandex.ru;

85%, justification of the research concept, planning the study, conducting a comparative analysis, analyzing and summarizing the research results, formulating conclusions, developing the design of a review and analytical study, working with the expert commission and the ethics committee to make a positive decision on the publication of this article

Mikhail D. Nuzhdin

Candidate of Medical Sciences, Cardiovascular Surgeon of the highest qualification category, Head of the Cardiac Surgery Department of Chelyabinsk Regional Clinical Hospital;

<https://orcid.org/0000-0002-7269-6727>, austesla2022@gmail.com;

15%, summarizing literature data, interpreting research results, formulating conclusions

Received on 06.01.2022

Review completed on 08.02.2022

Accepted on 26.09.2023

Поступила в редакцию 06.01.2022

Рецензирование завершено 08.02.2022

Принята к печати 26.09.2023