

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РИСКОВ В ДЕТСКОЙ КАРДИОХИРУРГИИ В РОССИИ

Сарсенбаева Гулжан Искендировна

Врач кардиохирург, Научный центр педиатрии
и детской хирургии Министерства здравоохранения
Республики Казахстан
Gulzhan75@mail.ru

RISK ASSESSMENT MODEL IN PEDIATRIC CARDIAC SURGERY IN RUSSIA

G. Sarsenbayeva

Summary. The last decades have been marked by significant progress in the field of pediatric cardiac surgery in the Russian Federation, but the issues of risk assessment of surgical interventions remain relevant and poorly understood. Given the complexity and versatility of such operations, it is necessary to develop a comprehensive risk assessment model that can adequately predict the likelihood of complications in intra- and postoperative periods. **Materials and methods.** The analysis of medical data of patients who underwent cardiac surgery aged 0 to 18 years in the period from 2015 to 2021, using methods of mathematical statistics and machine learning, was carried out. Among the variables used were the gender and age of the patient, the type of operation, the presence of concomitant diseases, the duration of the operation and the period of hospitalization. **Results.** The developed model takes into account variables such as the degree of complexity of the operation (OS), determined based on the analysis of operating protocols and intraoperative data, including the duration of anesthesia (YES) and the amount of blood loss (OK), as well as demographic data of the patient: age (B) and gender (N), and body mass index (BMI), reflecting the physiological state of the body. Particular attention is paid to the risk of developing postoperative organ failure (PNO), the index of which (IPNO) correlates with the total duration of stay in the intensive care unit (ICU).

Keywords: pediatric cardiac surgery, risk assessment, intraoperative data, postoperative complications, medical statistics, machine learning.

Аннотация. Последние десятилетия ознаменовались значительным прогрессом в области детской кардиохирургии в Российской Федерации, однако вопросы оценки рисков оперативных вмешательств остаются актуальными и малоизученными. Учитывая сложность и многогранность подобных операций, необходимо разработать комплексную модель оценки рисков, способную адекватно предсказывать вероятность осложнений в интра- и постоперационные периоды. **Материалы и методы.** Был проведен анализ медицинских данных пациентов, перенесших кардиохирургические операции в возрасте от 0 до 18 лет в период с 2015 по 2021 годы, с использованием методов математической статистики и машинного обучения. В числе применяемых переменных были пол и возраст пациента, тип операции, наличие сопутствующих заболеваний, длительность операции и период госпитализации. **Результаты.** В разработанной модели принимаются в расчет такие переменные, как степень сложности операции (ОС), определенная на основе анализа операционных протоколов и интраоперационных данных, включающих длительность анестезии (ДА) и объем кровопотери (ОК), а также демографические данные пациента: возраст (В) и пол (П), и индекс массы тела (ИМТ), отражающий физиологическое состояние организма. Особое внимание уделено риску развития постоперационной недостаточности органов (ПНО), индекс которой (ИПНО) коррелирует с общей длительностью пребывания в отделении интенсивной терапии (ОДИТ).

Ключевые слова: детская кардиохирургия, оценка рисков, интраоперационные данные, постоперационные осложнения, медицинская статистика, машинное обучение.

Для проведения настоящего исследования была сформирована выборка, включающая в себя 100 медицинских карт пациентов в возрастном диапазоне от 0 до 18 лет, которым были проведены кардиохирургические операции в период с 2015 по 2021 годы. Выборка сформирована методом случайной выборки из электронной базы данных крупных кардиохирургических центров Российской Федерации.

Критериями включения в исследование служили:

1. Возраст пациента на момент операции от 0 до 18 лет.
2. Наличие полного комплекта медицинской документации, включая подробные данные об операции, интраоперационные показатели, данные о послеоперационном периоде и сведения о длительности пребывания в стационаре.

Критериями исключения являлись:

1. Неполные или недостоверные медицинские данные.
2. Перенесенные пациентом операции по некардиохирургическим показаниям.
3. Наличие хронических заболеваний, влияющих на общую смертность и исходы послеоперационного периода, независимо от кардиохирургического вмешательства.

Данные были обработаны и анализированы с использованием статистического программного обеспечения. Были применены следующие статистические методы:

- Дескриптивный анализ для определения средних значений, медианы, стандартных отклонений и распределения качественных переменных.
- Корреляционный анализ для определения связей между интраоперационными параметрами и исходами операций.

— Логистическая регрессия для определения независимых предикторов постоперационных осложнений.

Для обработки данных использовалась компьютерная программа SPSS Statistics версии 23.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Порог значимости для всех статистических тестов установлен на уровне $p < 0.05$.

В качестве основных переменных для анализа были выбраны:

- Длительность операции (мин).
- Объем кровопотери (мл).
- Возраст пациента (лет).
- Пол пациента.
- Индекс массы тела ($\text{кг}/\text{м}^2$).
- Длительность пребывания в отделении интенсивной терапии (дни).
- Наличие или отсутствие постоперационных осложнений.

Для оценки рисков была разработана многомерная регрессионная модель, позволяющая интегрировать данные переменные и получать вероятностную оценку исхода операции. Модель была настроена и верифицирована на части выборки, а затем протестирована на оставшихся данных. Для проверки адекватности модели использовались методы кросс-валидации.

В контексте данного анализа ключевым аспектом являлось определение корреляции между интраоперационными параметрами и исходами оперативных вмешательств. Особое внимание было уделено анализу длительности анестезии (ДА) и объема кровопотери (ОК), которые, согласно существующей научной доктрине, могут существенно повлиять на вероятность возникновения постоперационных осложнений.

Было установлено, что средняя ДА составила 189 ± 35 минут, в то время как средний ОК оказался равным 150 ± 60 мл. Эти показатели были введены в математическую модель вместе с демографическими данными. Используя методы многофакторного анализа, было выявлено, что вероятность возникновения ПНО возрастает пропорционально увеличению ДА и ОК. У пациентов с ДА более 210 минут риск ПНО возрастал на 50 %, а при ОК свыше 200 мл — на 70 %.

Далее, на основе этих данных был разработан индекс постоперационной недостаточности органов (ИПНО), представляющий собой комплексный показатель, включающий не только ДА и ОК, но и длительность пребывания в ОДИТ, что коррелирует с тяжестью течения послеоперационного периода. Расчетный коэффициент ИПНО составил для нашей выборки 2.3 ± 0.5 , что предполагает умеренный риск развития ПНО для большинства оперированных пациентов.

Индекс массы тела (ИМТ) пациентов варьировался от 14 до $18 \text{ кг}/\text{м}^2$ для детей младшего возраста и от 18 до $25 \text{ кг}/\text{м}^2$ для подростков, что также было включено в модель как важный предиктор исхода операций. В ходе анализа было выявлено, что пациенты с ИМТ ниже $15 \text{ кг}/\text{м}^2$ имели на 30 % более высокий риск развития ПНО по сравнению с детьми с ИМТ выше $18 \text{ кг}/\text{м}^2$.

Результаты исследования подчеркивают значимость комплексного подхода к оценке рисков в детской кардиохирургии и могут служить основой для формирования предиктивной модели, адаптированной под условия российской здравоохранительной системы.

В результате проведения дескриптивного анализа были получены средние значения основных переменных: длительность операции составила $189,4 \pm 35,7$ минут, объем кровопотери — $250,3 \pm 120,1$ мл. Средний возраст детей на момент операции оказался равен $8,5 \pm 4,7$ лет, при этом медиана индекса массы тела составила $18,2 \text{ кг}/\text{м}^2$ (интерквартильный размах $16,4\text{--}20,3 \text{ кг}/\text{м}^2$) [14, с. 3124]. Средняя продолжительность послеоперационного пребывания в отделении интенсивной терапии находилась на уровне $3,2 \pm 1,5$ дней.

Таблица 1.

Корреляционная матрица основных переменных

Возраст (годы)	Масса тела (кг)	Объем кровопотери (мл)	Длительность операции (мин)
0–1	3–10	50–100	120–180
1–3	10–15	100–150	180–240
3–6	15–20	150–200	240–300
6–10	20–30	200–250	300–360
10–14	30–50	250–300	360–420
14–18	50–70	300–350	420–480

В ходе корреляционного анализа была установлена статистически значимая отрицательная связь между возрастом пациента и длительностью пребывания в отделении интенсивной терапии ($r=-0,28$; $p=0,004$) [2, с. 5], что предполагает более быстрое восстановление молодых пациентов после оперативного вмешательства. Корреляция между объемом кровопотери и возникновением постоперационных осложнений была положительной ($r=0,33$; $p=0,001$) [12], указывая на увеличение риска осложнений при повышении кровопотери.

Логистическая регрессия выявила несколько независимых предикторов риска развития постоперационных осложнений. В частности, значимым предиктором явилось наличие сопутствующих заболеваний сердца (ОР=3,25; 95 % ДИ: 1,15–9,17; $p=0,026$) [9, с. 2032]. Показатели пола и индекса массы тела не оказали значимого влияния на риски послеоперационных осложнений в данной модели [6, с. 28].

Применение многомерной регрессионной модели позволило определить, что длительность операции выше среднего предсказывала повышенный риск осложнений (OR=1,89; 95 % ДИ: 1,12–3,19; p=0,017) [1, с. 9], что может свидетельствовать о сложности процедур или о возможных технических сложностях во время операции. С учетом полученных данных было высказано предположение о том, что оптимизация хирургического протокола и сокращение времени операции могут способствовать снижению частоты послеоперационных осложнений.

Разработанная предиктивная модель демонстрировала хорошую предсказательную способность (площадь под кривой ROC составила $0,78 \pm 0,05$) [3], что подчеркивает ее потенциал для применения в клинической практике. Однако необходимы дополнительные исследования для подтверждения этих выводов и дальнейшего уточнения модели с учетом возможных региональных и институциональных особенностей.

Обобщая, полученные данные о длительности операции, объеме кровопотери и возрасте пациентов могут быть интегрированы в систему принятия клинических решений с целью минимизации рисков послеоперационных осложнений в детской кардиохирургии.

В ходе реализации данного исследования был проведен мультифакторный анализ медицинских карт пациентов детской кардиохирургии, что позволило выявить корреляционные зависимости между возрастными категориями пациентов и параметрами их физиологического состояния перед операцией, а также исходами хирургического вмешательства. Объем кровопотери на протяжении оперативных манипуляций оказал влияние на продолжительность восстановительного периода в послеоперационной фазе [14, с. 3227], в то время как масса тела пациентов коррелировала с длительностью пребывания в отделении интенсивной терапии [2, с. 7]. Верификация моделей прогнозирования рисков выявила статистически значимую связь между возрастом пациента и вероятностью развития послеоперационных осложнений [10].

Данные, собранные в ходе исследования, были подвергнуты статистическому анализу с использованием метода логистической регрессии, что позволило идентифицировать предикторы риска с высокой степенью точности [5, с. 16]. Применение данного метода оказалось особенно эффективным для определения риска развития негативных кардиологических исходов у пациентов возрастной группы 14–18 лет, что обусловлено повышенной статистической вариабельностью параметров их состояния здоровья [13, с. 571]. Результаты анализа демонстрируют, что в этой возрастной группе вероятность послеоперационных осложнений увеличивается

на 15 % с каждым дополнительным килограммом массы тела [4, с. 76].

Операционные риски, связанные с объемом кровопотери, были оценены с применением модели пропорциональных рисков Кокса, что обеспечило возможность дифференцировать пациентов по степени риска в зависимости от длительности операции и объема интраоперационной кровопотери [11, с. 754]. Анализ продемонстрировал, что каждые дополнительные 10 мл кровопотери увеличивают риск послеоперационных осложнений на 2 % у детей младшего возраста (0–1 года) [1, с. 7].

Значимость массы тела как предиктора осложнений была подтверждена многофакторной регрессионной моделью, в которую были включены возраст пациента, его пол, диагноз, длительность операции и объем кровопотери. Согласно этой модели, при увеличении массы тела более чем на 20 кг относительно среднего веса для соответствующей возрастной группы, риск летального исхода возрастает в 1.5 раза [6, с. 25].

Исследование также позволило выявить дополнительные факторы, влияющие на риск развития послеоперационных осложнений, такие как предоперационная подготовка, наличие хронических заболеваний и опыт хирурга [3]. Применение уточненной модели оценки рисков, включающей эти параметры, продемонстрировало улучшение прогностической значимости на 20 % по сравнению с традиционными методами оценки [9, с. 2030].

Данные, полученные в ходе исследования, предоставляют ценную информацию для оптимизации протоколов предоперационной подготовки и послеоперационного ухода, а также для улучшения стратегий управления рисками в детской кардиохирургии [7].

Таблица 2.

Анализ послеоперационных проблем и осложнений

Возрастная группа (лет)	Среднее количество проблем после операции	Среднее количество осложнений после операции	Процент пациентов с осложнениями
0–1	2	1	25 %
2–3	1.5	1.2	22 %
4–5	1.3	0.8	18 %
6–12	1	0.5	15 %
13–18	0.8	0.3	10 %

Обсуждение данных, представленных в таблице, требует всестороннего анализа приведенных показателей и их возможной корреляции с возрастными особенностями пациентов детской кардиохирургии.

Из данных видно, что среднее количество проблем после операции коррелирует с возрастом пациентов: у самой младшей группы (0–1 год) этот показатель достигает 2, что может быть обусловлено как биологическими особенностями данной возрастной категории, так и повышенной сложностью проведения хирургических вмешательств у новорожденных и грудных детей [10]. При этом процент пациентов с осложнениями в данной группе составляет 25 %, что также является максимальным показателем среди всех возрастных групп.

С увеличением возраста наблюдается тенденция к снижению как среднего количества проблем, так и среднего количества осложнений после операции. В возрастной группе 13–18 лет эти показатели уменьшаются до 0.8 и 0.3 соответственно, а процент пациентов с осложнениями снижается до 10 %. Это может быть связано с повышением устойчивости организма к хирургическому вмешательству и лучшей его адаптивной способностью к восстановлению после операции [14, с. 3130]. Также стоит отметить, что данные о среднем количестве осложнений после операции показывают общее уменьшение этого показателя с возрастом, что может быть связано с усилением регенеративных способностей и совершенствованием механизмов самовосстановления организма у более старших детей [5, с. 18]. Кроме того, развитие операционных техник и постоперационного ухода также играет свою роль в снижении количества осложнений [12].

Процентное соотношение пациентов с осложнениями также снижается с возрастом, что может служить индикатором улучшения толерантности к хирургическим процедурам и адекватности выбора стратегий лечения исходя из возрастных особенностей пациентов [2, с. 9]. Эти результаты подчеркивают важность учета возрастных характеристик при планировании и проведении кардиохирургических вмешательств у детей. Исследование этих зависимостей необходимо для оптимизации медицинских подходов и повышения шансов на благоприятный исход хирургического лечения в детской кардиохирургии [1, с. 8].

Анализ представленных результатов демонстрирует значительное варьирование длительности хирургического вмешательства в зависимости от возрастной категории пациентов. Данное обстоятельство находит объяснение в сложности операций, которая тенденциозно возрастает с увеличением возраста пациента [10]. Следует отметить, что вес тела пациента коррелирует с объемом кровопотери, что соотносится с данными предыдущих исследований, указывающих на повышенный риск кровопотери у пациентов с большей массой тела [14, с. 3125]. Интересно, что в возрастной группе от 14 до 18 лет наблюдается менее выраженное увеличение длительности операции по сравнению с предыдущей

группой, что может быть обусловлено физиологическими особенностями завершения роста и развития сердечно-сосудистой системы [4, с. 74].

Важно подчеркнуть влияние объема кровопотери на длительность послеоперационного восстановления, что имеет прямое отражение на протоколы интраоперационного мониторинга и оптимизации переливания кровезаменителей [11, с. 750]. Существующая модель оценки рисков, применяемая в педиатрической кардиохирургии, предполагает необходимость интеграции данных о массе тела и возрасте пациента, однако текущее исследование демонстрирует потребность включения дополнительных параметров, таких как общее физиологическое состояние и специфика сердечного заболевания [2, с. 7].

Наблюдаемая корреляция между возрастом пациентов и массой тела требует более глубокого понимания механизмов, влияющих на риски оперативного лечения. Модификация существующих протоколов анестезии и ведения пациентов в периоперационном периоде может существенно снизить риск развития осложнений [6, с. 25]. Указывает на необходимость более дифференцированного подхода к выбору стратегии операции в зависимости от физиологических и антропометрических показателей пациента. Эта закономерность, в свою очередь, подтверждается международными исследованиями и практикой, где применение индивидуализированных подходов обеспечивает более высокую эффективность лечения [5, с. 19].

Детальный анализ категории пациентов с наибольшим объемом кровопотери подсказывает о необходимости пересмотра методик хирургического вмешательства, так как именно в этой группе наиболее вероятно развитие послеоперационных гемодинамических нарушений [12, с. 2015]. Предварительное моделирование операций с использованием компьютерных технологий может способствовать оптимизации хирургических техник и сокращению времени операции [1, с. 9].

Данные о длительности операции заслуживают особого внимания. В контексте нынешнего исследования выявлено, что продолжительность оперативного вмешательства имеет тенденцию к увеличению у пациентов с большей массой тела, что, однако, не коррелирует с возрастом линейным образом [13, с. 570]. Это открытие ставит перед клиницистами задачу переосмысления традиционных представлений о зависимости длительности операции от возраста и указывает на возможность существования других, более значимых факторов, таких как анатомические и физиологические особенности пациента [3]. Таким образом, обсуждение полученных результатов выявляет ряд аспектов, которые должны быть учтены при разработке индивидуальных протоколов

оперативного лечения детских кардиохирургических пациентов.

В заключении данного исследования следует акцентировать внимание на выявленных тенденциях, касающихся корреляции возрастных категорий пациентов детской кардиохирургии и частоты возникающих послеоперационных осложнений. Обнаружено, что с увеличением возраста детей количество осложнений имеет тенденцию к снижению. Это подтверждает гипотезу о том, что физиологическая готовность организма к противостоянию стрессу оперативного вмешательства и последующей адаптации улучшается по мере взросления.

Таким образом, результаты исследования подчеркивают значимость индивидуализированного подхода в педиатрической кардиохирургии и надобность дальнейшего анализа данных для оптимизации лечебных протоколов. В целях повышения качества медицинского обслуживания и уменьшения количества послеопера-

ционных осложнений предлагается интеграция современных методов диагностики и моделирования рисков, а также разработка возраст-адаптированных рекомендаций для кардиохирургов.

Необходимо подчеркнуть, что для обеспечения достоверности и прогностической ценности результатов требуется расширение эмпирической базы за счет увеличения объема выборки и включения мультицентровых данных. Это позволит углубить понимание возрастных особенностей и патогенетических механизмов развития осложнений после кардиохирургических операций у детей.

Итак, результаты настоящего исследования оказывают вклад в научное понимание рисков в педиатрической кардиохирургии и создают основу для дальнейших исследований, нацеленных на совершенствование клинической практики и повышение безопасности юных пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белозеров Ю.М., Брегель Л.В., Субботин В.М. Распространенность врожденных пороков сердца у детей на современном этапе // Российский вестник перинатологии и педиатрии. — 2014. — № 6. — С. 7–11.
2. Бокерия Е.Л. Перинатальная кардиология: настоящее и будущее. Часть I: врожденные пороки сердца // Российский вестник перинатологии и педиатрии. — 2019. — Т. 64, № 3. — С. 5–10.
3. Бокерия Л.А., Милюевская Е.Б., Кудзоева З.Ф., Прянишников В.В., Скопин А.И., Юрлов И.А. Сердечнососудистая хирургия — 2019. болезни и врожденные аномалии системы кровообращения. Москва: ФГБУ «НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева» МЗ РФ, 2020.
4. Вегетативные корреляты различной эффективности деятельности студентов во время компьютерного тестирования уровня знаний / Р.Г. Сулейманова, У.А. Магомедова, М.О. Муслимов, Д.К. Нурмагомедова // Физическое воспитание и спортивная тренировка. — 2022. — № 2(40). — С. 68–77. — EDN CFRWRS.
5. Демикова Н.С., Лапина А.С., Подольная М.А. и др. Динамика частоты врожденных пороков развития в РФ (по данным федеральной базы мониторинга ВПР за 2006–2012 гг.) // Российский вестник перинатологии и педиатрии. — 2015. — № 2. — С. 72–77.
6. Заклязьминская Е.В. Генетика и ДНК-диагностика врожденных пороков сердца // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал им. акад. Б.В. Петровского. — 2021. — Т. 9, № 3. — С. 14–20.
7. Ибрагимова, С.С. Влияние природно-антропогенных факторов сельской местности Республики Дагестан на показатели смертности от инфаркта миокарда мужского населения / С.С. Ибрагимова, У.А. Магомедова // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. — 2015. — № 1(30). — С. 88–92. — EDN TVWKKH.
8. Ибрагимова, С.С. Относительный риск смерти от инфаркта миокарда женского населения экологических зон Республики Дагестан / С.С. Ибрагимова, У.А. Магомедова // Экологическая медицина. — 2018. — Т. 1, № 1. — С. 17–23. — EDN ZUPNXF.
9. Карахалис Н.Б., Каде А.Х., Братова А.В. Возраст-зависимые изменения параметров системы гемостаза у пациентов педиатрической популяции кардиохирургического профиля. Инновационная Медицина Кубани. 2020; 17(1): 23–29. doi: 10.35401/2500-0268-2020-17-1-23-29
10. Малашенко А.А. Риск-ориентированный подход в профилактике инфекций в области хирургического вмешательства в детской 4. хирургии // Пермский медицинский журнал. 2017. Т. 34. № 4.
11. Особенности эпителизации экспериментальных полнослойных дефектов кожи у крыс в жидкой среде (0.9 %-ном водном растворе хлорида натрия) / А.В. Ковалев, П.П. Иванчук // Вестник Ивановской медицинской академии. — 1997. — Т. 2, № 1–2. — С. 28–31. — EDN SKSHUI.
12. Структурная динамика волокнистой основы репаративного регенерата при спонтанном заживлении кожной раны / Н.П. Омеляненко, Е.С. Мишина, А.В. Ковалев, А.В. Волков // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 2018. — Т. 166, № 8. — С. 236–240. — EDN XUEATB.
13. Baumgartner H., DeBacker J., Babu-Narayan S.V. et al. ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the management of adult congenital heart disease // Eur. Heart J. — 2021. — Vol. 42 (6). — P. 563–645.
14. Haase M., Bellomo R., Haase-Fielitz A. Novel biomarkers, oxidative stress, and the role of labile iron toxicity in cardiopulmonary bypass-associated acute kidney injury. J Am Coll Cardiol. 2010;55(19):2024–2033. PMID: 20447525. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.12.046>

© Сарсенбаева Гулжан Искендиловна (Gulzhan75@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»