

© САРСЕНБАЕВА Г.И., 2023
УДК 130.058-617-089

Сарсенбаева Г.И.

Современные шкалы рисков в педиатрии и детской кардиохирургии как инструменты оценки качества медицинской помощи

Научный центр педиатрии и детской хирургии Минздрава Республики Казахстан, 050044, Алматы, Республика Казахстан

Введение. В обзоре представлены характеристики современных шкал рисков в педиатрии. Проведён сравнительный анализ преимуществ и недостатков шкал рисков в детской кардиохирургии. Показано, что раннее выявление пациентов высокого риска является основой профилактики неблагоприятных исходов после кардиохирургических операций. Установлены возможности базовой шкалы Аристотеля (Aristotle Basic Complexity Score — ABC) как инструмента оценки качества хирургического лечения детей с врождёнными пороками сердца. Её детерминантами являются летальность, сложность послеоперационного периода, техническая сложность операции. Оценивали корреляцию между значениями шкалы ABC и её детерминантами. Если значения всех детерминант превышали верхний предел 95% доверительного интервала, пациента включали в группу высокого риска. Качество лечения оценивали по индексу производительности. Выявлена тесная корреляция между ABC и её детерминантами. Для шкалы ABC установлена высокая точность прогноза летального исхода, осложнений и технической сложности с оптимальным пороговым значением 6,5 балла. У пациентов с ABC выше порогового значения была большая вероятность смерти. Индекс производительности составил 0,56, аналогичные показатели зарубежных клиник — 0,46–0,62 балла.

Заключение. ABC и новые шкалы стратификации рисков после кардиохирургических операций у детей являются эффективными системами оценки результатов хирургического лечения пациентов с врождёнными пороками сердца разного уровня сложности, могут использоваться для определения качества хирургического лечения и выявления групп высокого риска.

Ключевые слова: обзор; врождённые пороки сердца; детская кардиохирургия; стратификация рисков; шкала Аристотеля

Для цитирования: Сарсенбаева Г.И. Современные шкалы рисков в педиатрии и детской кардиохирургии как инструменты оценки качества медицинской помощи. *Российский педиатрический журнал*. 2023; 26(6): 443–449. <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2023-26-6-443-449> <https://elibrary.ru/vhlmo0>

Для корреспонденции: *Сарсенбаева Гульжан Искендеровна*, канд. мед. наук, кардиохирург, «Научный центр педиатрии и детской хирургии» Минздрава Республики Казахстан, gulzhan75@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 20.10.2023
Принята к печати 28.11.2023
Опубликована 27.12.2023

Gulzhan I. Sarsenbayeva

Modern risk scales in pediatrics and pediatric cardiac surgery as tools for assessing the quality of medical care

Scientific Center of Pediatrics and Pediatric Surgery, Almaty, 050044, Republic of Kazakhstan

Introduction. The review presents the characteristics of modern risk scales in pediatrics. A comparative analysis of the advantages and disadvantages of risk scales in pediatric cardiac surgery has been carried out. Early detection of high-risk patients was shown to be the basis for the prevention of adverse outcomes after cardiac surgery. The capabilities of the Aristotle School (Aristotle Basic Complexity (ABC) Score) have been established as a tool for assessing the quality of surgical treatment of children with congenital heart defects (CHD). Its determinants are mortality, the complexity of the postoperative period, and the technical complexity of the operation. The correlation between the values of the ABC scale and its determinants was evaluated. If the values of all three determinants exceeded the upper limit of the 95% confidence interval (CI), the patient was included in the high-risk group. The quality of treatment was assessed by the performance index (IP). A close correlation between ABC and its determinants has been revealed. For the ABC school, a high accuracy of the prognosis of death, complications, and technical complexity was established with an optimal threshold value of 6.5 points. Patients with ABC above the threshold were more likely to die. The IP was 0.56, similar indicators of foreign clinics ranged from 0.46 to 0.62 points.

Conclusion. The basic Aristotle scale and new risk stratification scales after cardiac surgery in children are effective systems for evaluating the results of surgical treatment of CHD patients of different levels of complexity can be used to determine the quality of surgical treatment and identify high-risk groups.

Keywords: review; congenital heart defects; pediatric cardiac surgery; risk stratification; Aristotle scale

For citation: Sarsenbayeva G.I. Modern risk scales in pediatrics and pediatric cardiac surgery as tools for assessing the quality of medical care. *Rossiyskiy Pediatricheskiy Zhurnal (Russian Pediatric Journal)*. 2023; 26(6): 443–449. (In Russian). <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2023-26-6-443-449> <https://elibrary.ru/vhlmo0>

For correspondence: *Gulzhan I. Sarsenbayeva*, MD, PhD, Scientific Center of Pediatrics and Pediatric Surgery, Almaty, 050044, Republic of Kazakhstan, gulzhan75@mail.ru

Information about the author:

Sarsenbayeva G.I., <https://orcid.org/0000-0002-7512-3991>

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Received: October 20, 2023

Accepted: November 28, 2023

Published: December 27, 2023

Введение

К концу XX в. кардиохирурги и кардиологи повсеместно признали, что оценка качества оказания хирургической помощи пациентам с врождёнными пороками сердца (ВПС) на основании числа операций и операционной выживаемости является несовершенной. С развитием современной медицины выявлено, что каждый участник педиатрической системы здравоохранения — больной ребёнок, родители, практикующий врач, администратор — должен понимать исходы и результаты лечения серьёзных заболеваний, врождённых форм патологии, в том числе ВПС [1].

Статистические инструменты и модели риска, которые были разработаны для взрослых пациентов с приобретённым сердечно-сосудистым заболеванием, не могут быть просто применены к больным детям и взрослым с ВПС. Установлено, что на развитие осложнений у пациентов с ВПС оказывает значимое влияние ряд факторов — преимущественно это сопутствующие заболевания и патологические состояния [2–5]. Однако пока в детской кардиохирургии имеются только отдельные показатели формирования осложнений, и у хирургических пациентов детского возраста отсутствуют оценочные индексы, необходимые для обеспечения улучшения результатов и безопасности пациентов. Имеется описание разработки модели стратификации риска, которая обеспечивает прогноз смертности после хирургических операций у детей [6]. Модель была создана с использованием баз данных хирургического стационара с 1988 по 2006 г. Разработана 7-балльная шкала с 70 переменными, выбранными по их прогнозирующей ценности для определения смертности с использованием многомерного анализа. Эта модель была оценена с использованием анализа эксплуатационной характеристики хирургического приёмного отделения (ROC) и сравнивалась с индексом коморбидности Charlson (Charlson Co-morbidity Score, CCS) в двух сравнительных группах у 2 087 915 пациентов. В этой работе у педиатрических хирургических пациентов показана эффективность разработанной модели риска, которая прогнозирует смертность в стационаре с большей надёжностью, чем ранее известная шкала показателей риска [6]. Разработанная авторами шкала риска коморбидности позволила своевременно провести диагностику осложнений и коррекцию терапии в детской хирургии. При этом, используя стратегии эмпирического моделирования, были определены 27 диагнозов, которые позволяют прогнозировать смертность у детей в возрасте 1–14 лет в течение 1 года после выписки из хирургического стационара. Вместе с тем было показано, что сопутствующие формы патологии по сути увеличивают или уменьшают вероятность плохих результатов после

операций. Больные с такими коморбидными формами патологии имеют более высокий риск осложнений и летальных исходов, меньше отвечают и более толерантны к традиционным методам лечения, а также имеют больший срок пребывания в клинике и используют значительно больше ресурсов [7–12].

R. Jiang и соавт. считают, что шкалы CCS и Rhee Index неинформативны [13]. Несмотря на то, что по индексу D. Rhee довольно точно можно прогнозировать риск развития послеоперационных осложнений [6], а шкала CCS эффективна для прогнозирования риска повторных госпитализаций, универсального и надёжного показателя значимости рисков нет. Прогностические шкалы для определения риска послеоперационных осложнений, 30-дневной госпитализации или 30-дневной неотложной госпитализации имеют низкую клиническую значимость. Поэтому нужна простая и универсальная прогностическая шкала, пригодная к применению в педиатрической практике. Она должна быть лишена субъективной составляющей и позволять просто и надёжно стратифицировать риски развития осложнений после хирургических операций у детей.

В шкалу педиатрического риска смертности (Pediatric Risk of Mortality, PRISM) внесены отдельные сопутствующие заболевания, которые входят в группу риска по летальности. К ним относятся сердечно-сосудистые заболевания, не излечивающиеся оперативным путём, хромосомные аномалии и онкологические заболевания [14]. Известно более 10 шкал общей оценки тяжести состояния у детей: PRISM — риск летального исхода в педиатрии; PELOD (Pediatric Logistic Organ Dysfunction) — логистическая система оценки органной дисфункции в педиатрии; CRIB II (Clinical Risk Index for Babies) — индекс клинического риска для детей раннего возраста; NTISS (Neonatal Therapeutic Intervention Scoring System) — неонатальная шкала эффективности лечения) и др. Однако они не специфичны для детской кардиохирургии.

Кардиохирурги мира признали необходимость создания клинических регистров и количественных инструментов для ответственной отчётности о результатах хирургической деятельности. Были разработаны шкалы:

- Basic Aristotle Scale — базовая шкала Аристотеля (ABC) [15, 16];
- RACHS-1 (Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery-1) [17, 18];
- STAT (Society of Thoracic Surgeons (STS) — European Association for Cardio-Thoracic Surgery Congenital Heart Surgery (EACTS) Congenital Heart Surgery Mortality Categories) [19];
- STS-CHSDB (STS Congenital Heart Surgery Database) [19];

- RACHS-2 (Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery-2) [20].

Чтобы установить, подходят ли хирургическому центру шкалы сложности в хирургии ВПС, и выявить лучший метод определения госпитальной смертности, была предложена стратификация рисков сложности операций с поправкой на риск при ВПС (RACHS-1) по ABC и оценки смертности по шкале STAT [21, 22].

Мотивацией оценки сложности хирургического вмешательства было растущее недовольство детских кардиохирургов тем, что их хирургическая эффективность оценивалась на основе госпитальной летальности без учёта сложности выполняемых операций. Это стало стимулом для разработки эмпирических, консенсусных и административных шкал оценки хирургических рисков [22, 23]. Основой разработки ABC стала мысль Аристотеля: «Там, где нет доступного научного ответа, мнение, осмысленное и принятое большинством, имеет ценность истины». В разработках консенсусных оценочных шкал были использованы опыт и субъективное мнение специалистов. К шкалам с объективными критериями оценки можно отнести те, которые были созданы эмпирически и на основе административных данных (STAT, RACHS-2). Сравнительная характеристика этих шкал представлена в **таблице**.

В шкалу STAT вошли следующие факторы: возраст, первичная процедура, масса тела (новорождённых и младенцев) на момент операции, предшествующая кардиоторакальная операция, недоношенность (новорождённые и дети раннего возраста), предоперационные факторы, предоперационная/предпроцедурная механическая поддержка кровообращения (внутриаортальный баллонный насос, вспомогательное желудочковое устройство, экстракорпоральная мембранная оксигенация или сердечно-лёгочная поддержка), стойкий шок во время операции, механическая вентиляция лёгких для лечения сердечно-лёгочной недостаточности, почечная недостаточность, требующая диализа, и/или почечная дисфункция; предоперационный неврологический дефицит, любой другой предоперационный фактор, несердечные врождённые аномалии, омфалоцеле, гастрошизис, врождённая диафрагмальная грыжа, трахеопищеводный свищ, анальная атрезия, кишечная мальротация, болезнь Гиршпрунга, группы риска по синдромам и хромосомным аномалиям [24–26].

При разработке первоначальной шкалы RACHS-1 более 160 операций на сердце не были включены в систему, что было исправлено в RACHS-2 (2022), которая является одной из современных шкал и стала достаточно объективным инструментом оценки сложности кардио-

Шкалы оценки сложности кардиохирургических операций
Scale of estimation of the complexity of cardiosurgical operations

Шкала	Описание
ABC	Шкала представляет собой меру процедурной сложности, которая основана на мнении экспертов относительно: ABC scales is a measure of procedural complexity, which is based on expert opinions regarding: <ul style="list-style-type: none"> • потенциальной смертности potential mortality; • потенциальной заболеваемости potential incidence; • технической сложности 145 оперативных вмешательств technical complexity of 145 operational interventions; • учтены некоторые экстракардиальные формы патологии certain extracardial forms of pathology are taken into account; • 4 категории сложности от 1,5 до 15 баллов 4 categories of complexity from 1.5 to 15 points; • 50 экспертов из 23 клиник 50 experts from 23 clinics
STS-EACTS	<ul style="list-style-type: none"> • Риск летального исхода оценён с помощью байесовской статистики или логической вероятности для 275 типов хирургических вмешательств The risk of lethal outcome was appreciated by the Bayesian statistics or logical probability for 275 types of surgical interventions; • данные можно получить на платной основе data can be obtained on a paid basis; • данные собираются вручную data is collected manually; • данные о более 90% ВПС data about more than 90% of the CHD; • 5 категорий смертности 5 mortality categories
RACHS-1	<ul style="list-style-type: none"> • Использованы коды МКБ-9 There were used ICD-9 codes; • учтён уровень сложности операции the level of complexity of the operation was taken into account; • дана оценка пациента и влияние факторов на хирургическую смертность (возраст, недоношенность, генетические заболевания, врождённые пороки развития пищевода, некоторые заболевания) there was given a patient's assessment and the impact of factors on surgical mortality (age, prematurity, genetic diseases, congenital evidence of the easer, some diseases); • 6 категорий хирургической сложности по 140 операциям 6 categories of surgical complexity by 140 operations; • 11 экспертов 11 experts
RACHS-2	<ul style="list-style-type: none"> • 200 различных диагнозов и почти 300 различных операций, 2 кардиолога и 3 кардиохирурга принимают решение при заполнении регистра 200 different diagnoses and almost 300 different operations, 2 cardiologist and 3 cardiothoracic surgeon take a decision when filling in the register; • объединены категории смертности 5 и 6, затем разработан переход для присвоения кодов диагностики и процедур МКБ-10 для определения всех типов операций в каждой категории RACHS-1, включая трансплантацию сердца и замену корня аорты, гибридный подход к паллиативному лечению одного желудочка there were merged categories of mortality 5 and 6, then there was delivered a transition to assign diagnostic codes and ICD-10 procedures to determine all types of operations in each category RACHS-1, including heart transplantation and replacement of the aortic root, hybrid approach to the palliative treatment of one ventricle; • операционная смертность определялась как смерть в больнице или в течение 30 дней после операции operating mortality was determined as death in the hospital or within 30 days after the operation; • окончательная чувствительность RACHS-2 составила 99,6% (4093 из 4116) the final sensitivity of RACHS-2 accounted for 99.6% (4093 of 4116)

хирургических операций (таблица). RACHS-2 относит все процедуры Росса к категории риска 3. Это заметно отличается от RACHS-1, который позволяет легко дифференцировать процедуры Росса и Росса-Конно и отличается от категорий смертности STAT.

Существующие системы оценки риска в детской кардиохирургии не лишены значительных недостатков и обладают ограниченной прогностической ценностью. Шкалы RACHS-1 и ABC были разработаны в то время, когда были доступны ограниченные клинические данные из нескольких учреждений, и поэтому они в значительной степени основывались на субъективных данных экспертов. Все указанные шкалы оценивают тип и сложность проведённой хирургической процедуры, а не конкретный анатомический диагноз или другие клинические параметры, такие как тяжёлые сопутствующие заболевания (в шкалы внесены некоторые часто встречающиеся сопутствующие ВПС, некоторые соматические заболевания и такие факторы, как механическая поддержка лёгких перед операцией, состояние почечных функций и др.), но иногда значимые факторы риска упускаются.

Для оптимизации стратификации рисков кардиохирургических операций STS и EACTS перешли от основного использования ABC и шкалы RACHS-1 к преимущественному использованию категорий смертности STAT по трем причинам:

1) шкала и категории смертности STAT были разработаны в первую очередь на основе объективных данных, тогда как RACHS-1 и ABC — в первую очередь на основе мнения экспертов (субъективная вероятность);

2) оценка и категории смертности STAT позволяют классифицировать больше операций, чем шкалы RACHS-1 или ABC (275 против 147);

3) показатель и категории смертности STAT имеют более высокую статистику, чем шкалы RACHS-1 или ABC [27].

Анализ объединённой выборки почти 36 000 пациентов из базы данных хирургии ВПС STS и базы данных хирургии ВПС EACTS выявил значительное увеличение связи между оценкой по шкале ABC и внутрибольничной летальностью с общим С-индексом 0,70 [8]. Хотя шкала ABC, как правило, разделяет операции с низким и высоким риском, установлено, что для относительно небольшого числа операционных процедур первоначальная оценка риска смертности, проведённая международной группой хирургов-экспертов по шкале ABC, не соответствовала действительности.

Для стратификации рисков в детской кардиохирургии были использованы другие критерии: категория риска RACHS-1, уровень предоперационного гемоглобина, общее время искусственного кровообращения, время гипотермии, перекрёстное время установления зажима, время остановки кровообращения, общее переливание эритроцитов во время шунтирования и квалификация кардиохирурга [28, 29]. Переменной исхода была внутрибольничная летальность [30]. Отмечено, что недостатком шкалы RACHS-1 является то, что она не учитывает тонкие, но важные клинические характеристики пациента, следовательно, является довольно «не точным» инструментом для определения риска. Также доказано, что при продолжительности ИК выше 200 мин статисти-

чески шансы смерти возрастают почти в 1,5 раза [31, 32]. Связь между возрастом и риском летальности также чрезвычайно сильная, но не линейная. Это связано с тем, что риск начинает значительно возрастать у пациентов неонатального возраста [33]. После неонатального периода риск становится почти постоянным в каждой группе шкалы RACHS-1 [34, 35]

В 2022 г. была определена новая шкала, учитывающая прогностические предоперационные и послеоперационные факторы полиорганной дисфункции (Multiple Organ Dysfunction Score-2 — MODS-2) в детской кардиохирургии, как результат, сочетающий либо смерть пациента, либо высокую послеоперационную заболеваемость [36]. Эта заболеваемость определяется как недостаточность минимум двух систем (органов): либо дыхательная недостаточность, либо недостаточность кровообращения и высокие дозы инотропов, либо почечная недостаточность. Переменными из базы данных были пол больного, оценка анестезиологического обеспечения Американского общества анестезиологов (ASA), тип ВПС, этапные операции, оценка по шкале RACHS-1, время пережатия аорты и глубокая гипотермическая остановка кровообращения, возраст, масса тела до операции, разница между весом до операции и весом на 2-е сутки после операции, расчётная гемодилюция, использование эритроцитов в праймировании искусственного кровообращения, уровень предоперационного гемоглобина, предоперационный гематокрит, предоперационное количество тромбоцитов, предоперационное международное нормализованное отношение, предоперационный фибриноген, предоперационный креатинин, баланс общей жидкости [37, 38]. Показана эффективность оценки по шкале RACHS-1, но в сочетании с анализом других переменных, представленных в шкале MODS-2 [39]. Исследования у новорождённых с ВПС показали, что предоперационные факторы риска, такие как возраст при поступлении, генетический диагноз, оценка по шкале Апгар и морфология желудочков, а также продолжительность искусственного кровообращения могут оказывать значимое влияние на показатели развития осложнений и смертности. Часть этих факторов не включены в разработанные шкалы.

В основу разработанных международных шкал интегральным показателем оценки раннего послеоперационного периода была определена сложность хирургической процедуры. Из-за отсутствия стратификации риска известные хирургические центры, занимающиеся самыми тяжёлыми больными, потенциально имеющие значительную смертность, очень неохотно отправляли свои данные на этапе разработки шкалы. Сравнительная оценка шкалы ABC и шкалы осложнений для определения качества хирургического лечения детей с ВПС выявила зависимость между сложностью хирургического лечения и трудностями послеоперационного периода ($R^2 = 0,993$; $r = 0,997$). Установлено, что с помощью шкалы осложнений можно проводить персонализированную оценку сложности послеоперационного периода, прогнозируя исход лечения на любом этапе госпитализации. По данным разработанной кардиохирургами шкалы осложнений при ВПС при сложности послеоперационного периода пациента более 3,5 балла высока вероятность летального исхода. Шкала ослож-

нений показывает высокую точность прогнозирования летального исхода и может быть применена в качестве дополнения к шкале ABC при оценке сложности послеоперационного периода. В шкалу внесены факторы, зависящие от процедуры (возраст, тип ВПС и сопутствующие процедуры) и факторы, независимые от оперативной процедуры (экстракардиальные пороки развития и сопутствующие заболевания) [40]. Однако в связи с тем, что улучшилась диагностика различных форм патологии сердца, некоторые экстракардиальные формы патологии, которые диагностируются сейчас, не включены в данную шкалу. Шкала по оценке сложности процедуры лечения ВПС [40] не включает полный преморбидный фон, который существенно влияет на исход операций, поэтому поиск оптимального алгоритма вычисления сложности послеоперационного периода и прогностических шкал продолжается.

RACHS-1 была создана для сравнения внутрибольничной смертности и является признанным методом прогнозирования смертности при операциях по поводу ВПС. При этом категории RACHS-1 также связаны с продолжительностью пребывания больных детей в стационаре. Операции классифицировали по 6 категориям RACHS-1 путём сопоставления процедур каждого пациента с категорией риска. Способность классификации RACHS-1 прогнозировать смертность больных была исследована путём оценки корреляции между категориями RACHS-1 и продолжительностью пребывания больного ребёнка в отделении интенсивной терапии. Частота категорий RACHS-1 была следующей: категория 1 — 18,4%; категория 2 — 37,4%; категория 3 — 34,6%; категория 4 — 8,2%; категория 5 — 0%; категория 6 — 1,5% [41]. Общая способность классификации RACHS-1 прогнозировать внутрибольничную летальность (площадь под ROC-кривой 0,741; 95% доверительный интервал 0,690–0,791) соответствовала данным, полученным в более крупных выборках. Выявлена положительная связь между категорией RACHS-1 и продолжительностью пребывания больных в отделении реанимации и интенсивной терапии. Поэтому классификация RACHS-1 также может быть использована для прогнозирования внутрибольничной летальности и продолжительности пребывания в отделении интенсивной терапии в небольших хирургических центрах [41]. Прогностическая ценность шкалы риска RACHS-1 в хирургии ВПС выше, чем у базовой шкалы сложности. Использование шкалы ABC или RACHS-1 в качестве инструментов стратификации риска и определения тенденций для мониторинга результатов с течением времени может быть ценным методом для сравнения данных с поправкой на риск [8, 17].

Анализ результатов операций при ВПС требует надёжного метода оценки риска неблагоприятных исходов. Две основные системы, используемые в настоящее время, основаны на прогнозах риска или сложности операций, которые были получены преимущественно субъективно [42]. Авторы попытались создать объективный, основанный на эмпирическом опыте показатель, который можно было бы использовать для определения статистически оценённого риска внутрибольничной смертности в зависимости от процедуры и для группировки процедур по категориям риска. Риск летального исхода оценивался для 148 видов оперативных вмешательств

с использованием данных 77 294 операций, внесённых в базу данных EACTS по операциям при ВПС (33 360 операций) и базу данных STS по операциям на ВПС (43 934 пациента) за 2002–2007 гг. Оценки уровня летальности для конкретных процедур были рассчитаны с использованием байесовской модели с поправкой на малые знаменатели. Каждой процедуре был присвоен числовой балл в диапазоне от 0,1 до 5 на основе предполагаемого уровня смертности. Процедуры были отсортированы по возрастанию риска и сгруппированы в 5 категорий STAT, которые были выбраны как оптимальные с точки зрения минимизации вариаций внутри категорий и максимизации вариаций между категориями. Эффективность модели была впоследствии оценена в независимой проверочной выборке ($n = 27\,700$) и сравнена с двумя существующими методами: категориями поправки на риск хирургии ВПС (RACHS-1) и шкалой сложности на основе шкалы ABC [40]. Расчётные показатели смертности варьировали в зависимости от типа операции от 0,3% (восстановление дефекта межпредсердной перегородки заплатой) до 29,8% (операция ствола плюс прерванная пластика дуги аорты). Предлагаемая оценка STS-EACTS и категории STS-EACTS обеспечили возможность для оптимального разделения различных групп больных для прогнозирования летальности в проверочной выборке (C-индекс = 0,784 и 0,773 соответственно) [40]. Для процедур с более чем 40 событиями коэффициент корреляции Пирсона между оценкой процедуры STS-EACTS и фактической летальностью в проверочной выборке составил 0,80. В подмножестве процедур, для которых были определены базовая сложность по RACHS-1 и шкалы ABC, установлена самая высокая оценка по STS-EACTS (C-индекс = 0,787), за которой следуют категории STS-EACTS (C-индекс = 0,778), RACHS-1 категории (C-индекс = 0,745) и баллы базовой сложности шкалы ABC (C-индекс = 0,687). Предложенные оценки и категории риска имеют высокую степень дискриминации для прогнозирования летальности больных и являются улучшением прогнозирования по сравнению с существующими методами, основанными на консенсусе. Модели риска, включающие эти показатели, могут использоваться для сравнения летальности в разных учреждениях [43].

На основании базы данных детских стационаров проекта Healthcare Cost and Utilization Project определена частота осложнений, выявленных методом скрининга, и их связь с характеристиками больных, госпитализированных для лечения ВПС. Среди пациентов с ВПС в возрасте ≤ 20 лет определялись коды МКБ-9 в клинической модификации ICD-9-CM, указывающие на осложнения. Диагнозы осложнений были классифицированы как связанные с лекарственными/биологическими препаратами, процедурами, устройствами, имплантатами и трансплантатами и радиацией. С помощью многофакторного анализа были оценены шансы диагностики осложнений по характеристикам больных, включая возраст, недоношенность, хромосомные аномалии, экстракардиальные структурные аномалии и категорию хирургического риска. Среди 12 717 случаев 4014 (32%) имели как минимум 1 диагностический код осложнения. Осложнения, связанные с процедурой на сердце, составили 75%; с имплантацией устройств или транс-

плантата — 21%; с лекарственными/биологическими препаратами — 4%; с лучевой нагрузкой — 0% [44, 45].

Определено также влияние осложнений после операций на сердце на увеличение использования ресурсов во время госпитализаций по поводу ВПС. Госпитализации с высоким потреблением ресурсов определялись при 90-м процентиле общих расходов больницы. Осложнения были выявлены у 32% госпитализированных больных с ВПС. Одномерный анализ показал, что госпитализация с хотя бы одним возникшим осложнением с большей вероятностью были госпитализацией с высоким потреблением ресурсов (18% против 6%; отношение шансов 3; $p < 0,001$). Многофакторный анализ показал, что госпитализация с диагнозом осложнения гораздо чаще превышала порог высокого использования ресурсов (отношение шансов 3,2; $p < 0,001$). Добавление переменной сложности к многофакторной модели увеличило площадь под ROC-кривой с 0,837 до 0,863. Таким образом, госпитализация при ВПС с возникшим осложнением в 3 раза чаще превышает 192 272 долл. в общей сумме расходов, несмотря на поправку на известные факторы риска для высоко-го использования ресурсов. Уменьшение осложнений при коррекции ВПС может привести как к экономической, так и к клинической выгоде [42, 43].

Таким образом, доказана целесообразность проведения у кардиохирургических пациентов комплексной оценки по шкалам ABC, RACHS-1 и RACHS-2, а также по разрабатываемым различными авторами шкалам для объективной оценки тяжести состояния пациентов с кардиохирургической патологией перед операцией и для адекватной информированности родителей больных детей. С ростом доступности надёжных клинических данных можно будет добавить различные специфические характеристики пациентов в педиатрические кардиохирургические модели риска.

Литература

(п.п. 1–39; 41–45 см. References)

40. Волков С.С., Зеленикин М.А., Вульф К.А., Нармания И.Т., Гушин Д.К. Шкала Аристотеля в оценке качества хирургического лечения детей с врожденными пороками сердца. *Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания*. 2016; 17(4): 31–42. <https://elibrary.ru/wmdlq>

References

1. Jacobs J.P., Wernovsky G., Elliott M.J. Analysis of outcomes for congenital cardiac disease: can we do better? *Cardiol. Young*. 2007; 17(Suppl. 2): 145–58. <https://doi.org/10.1017/S1047951107001278>
2. Dreher M., Min J., Mavroudis C., Ryba D., Ostapenko S., Melchior R., et al. Indexed oxygen delivery during pediatric cardiopulmonary bypass is a modifiable risk factor for postoperative acute kidney injury. *J. Extra. Corpor. Technol.* 2023; 55(3): 112–20. <https://doi.org/10.1051/ject/2023029>
3. Ortinau C.M., Wypij D., Ilardi D., Rofeberg V., Miller T.A., Donohue J., et al. Factors associated with attendance for cardiac neurodevelopmental evaluation. *Pediatrics*. 2023; 152(3): e2022060995. <https://doi.org/10.1542/peds.2022-060995>
4. Batsis M., Dryer R., Scheel A.M., Basu M., Figueroa J., Clarke S., et al. Early functional status change after cardiopulmonary resuscitation in a pediatric heart center: a single-center retrospective study. *Pediatr. Cardiol.* 2023; 44(8): 1674–83. <https://doi.org/10.1007/s00246-023-03251-5>
5. Weinberg A.C., Huang L., Jiang H., Tinloy B., Raskas M.D., Penna F.J., et al. Perioperative risk factors for major complications in pediatric surgery: A study in surgical risk assessment for children.

- J. Am. Coll. Surg.* 2011; 212(5): 768–78. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2011.02.006>
6. Rhee D.S., Salazar J.H., Zhang Y., Yang J., Yang J., Papandria D., et al. A novel multispecialty surgical risk score for children. *Pediatric*. 2013; 131(3): e829–36. <https://doi.org/10.1542/peds.2012-2244>
7. Tai D., Dick P., To T., Wright J.G. Development of pediatric comorbidity prediction model. *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* 2006; 160(3): 293–9. <https://doi.org/10.1001/archpedi.160.3.293>
8. Vogt A., Meyer S., Schäfers H.J., Weise J.J., Wagenpfeil S., Abdul-Khalik H., et al. Standardized Treatment and Diagnostic Approach to Reduce Disease burden in the early postoperative phase in children with congenital heart defects-STANDARD study: a pilot randomized controlled trial. *Eur. J. Pediatr.* 2023. <https://doi.org/10.1007/s00431-023-05191-x>
9. Stewart L.A., Hernan R.R., Mardy C., Hahn E., Chung W.K., Bacha E.A., et al. Congenital heart disease with congenital diaphragmatic hernia: surgical decision making and outcomes. *J. Pediatr.* 2023; 260: 113530. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2023.113530>
10. Alzahrani A., Alahmadi R.A., Alghamdi S.K., AlQurashi R.A., Al-Hindi M.Y. Determinants of acute kidney injury in children undergoing cardiopulmonary bypass: single-center experience in Saudi Arabia. *Cureus*. 2022; 14(12): e32666. <https://doi.org/10.7759/cureus.32666>
11. Elgersma K.M., Trebilcock A.L., Whipple M.O., Tanner L.R., Pilditch S.J., Shah K.M., et al. Risk factors for tube feeding at discharge in infants undergoing neonatal surgery for congenital heart disease: a systematic review. *Pediatr. Cardiol.* 2023; 44(4): 769–94. <https://doi.org/10.1007/s00246-022-03049-x>
12. Baehner T., Pruemmer P., Vergnat M., Asfour B., Straßberger-Nerschbach N., Kirfel A., et al. Effects of on-table extubation after pediatric cardiac surgery. *J. Clin. Med.* 2022; 11(17): 5186. <https://doi.org/10.3390/jcm11175186>
13. Jiang R., Wolf S., Alkazemi M.H., Pomann G.M., Purves J.T., Wiener J.S., et al. The evaluation of three comorbidity indices in predicting postoperative complications and readmissions in pediatric urology. *J. Pediatr. Urol.* 2018; 14(3): 244.e1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2017.12.019>
14. Pollack M.M., Ruttimann U.E., Getson P.R. Pediatric risk of mortality (PRISM) score. *Crit. Care Med.* 1988; 16(11): 1110–6. <https://doi.org/10.1097/00003246-198811000-00006>
15. Lacour-Gayet F., Clarke D., Jacobs J., Comas J., Daebritz S., Daenen W., et al. The Aristotle score: a complexity-adjusted method to evaluate surgical results. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2004; 25(6): 911–24. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2004.03.027>
16. O'Brien S.M., Jacobs J.P., Clarke D.R., Maruszewski B., Jacobs M.L., Walters H.L., et al. Accuracy of the aristotle basic complexity score for classifying the mortality and morbidity potential of congenital heart surgery operations. *Ann. Thorac. Surg.* 2007; 84(6): 2027–37. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2007.06.031>
17. Al-Radi O.O., Harrell F.E., Caldaron C.A., McCrindle B.W., Jacobs J.P., Williams M.G., et al. Case complexity scores in congenital heart surgery: a comparative study of the Aristotle basic complexity score and the risk adjustment in congenital heart surgery (RACHS-1) system. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2007; 133(4): 865–75. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.05.071>
18. Jacobs M.L., Jacobs J.P., Jenkins K.J., Gauvreau K., Clarke D.R., Lacour-Gayet F. Stratification of complexity: the risk adjustment for congenital heart Surgery-1 method and the Aristotle Complexity Score – past, present, and future. *Cardiol. Young*. 2008; 18(Suppl. 2): 163–8. <https://doi.org/10.1017/S1047951108002904>
19. Taori R.N., Lahiri K.R., Tullu M.S. Performance of PRISM (Pediatric Risk of Mortality) score and PIM (Pediatric Index of Mortality) score in a tertiary care pediatric ICU. *Indian J. Pediatr.* 2010; 77(3): 267–71. <https://doi.org/10.1007/s12098-010-0031-3>
20. Balkin E.M., Zinter M.S., Rajagopal S.K., Keller R.L., Fineman J.R., Steurer M.A. Intensive care mortality prognostic model for pediatric pulmonary hypertension. *Pediatr. Crit. Care Med.* 2018; 19(8): 733–40. <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000001636>
21. Cavalcanti P.E.F., de Oliveira Sá M.P.B., dos Santos C.A., Esmeraldo I.M., Chaves M.L., de Albuquerque Lins R.F., et al. Stratification of complexity in congenital heart surgery: comparative study of the Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery (RACHS-1) method, Aristotle basic score and Society of Thoracic Surgeons-European Association for Cardio-Thoracic Surgery (STS-EACTS) mortality score. *Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.* 2015; 30(2): 148–58. <https://doi.org/10.5935/1678-9741.20150001>

22. O'Brien S.M., Clarke D.R., Jacobs J.P., Jacobs M.L., Lacour-Gayet F.G., Pizarro C., et al. An empirically based tool for analyzing mortality associated with congenital heart surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2009; 138(5): 1139–53. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2009.03.071>
23. Tejwani R., Lee H.J., Hughes T.L., Hobbs K.T., Aksenov L.I., Scales C.D., et al. Predicting postoperative complications in pediatric surgery: A novel pediatric comorbidity index. *J. Pediatr. Urol.* 2022; 18(3): 291–301. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2022.03.007>
24. Jacobs J.P., Jacobs M.L., Mavroudis C., Backer C.L., Lacour-Gayet F.G., Tchervenkov C.I., et al. Nomenclature and databases for the surgical treatment of congenital cardiac disease – an updated primer and an analysis of opportunities for improvement. *Cardiol. Young.* 2008; 18(Suppl. 2): 38–62. <https://doi.org/10.1017/S1047951108003028>
25. Kogon B., Oster M. Assessing surgical risk for adults with congenital heart disease: are pediatric scoring systems appropriate? *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2014; 147(2): 666–71. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.09.053>
26. Hörer J., Kasnar-Samprec J., Cleuziou J., Strbad M., Wottke M., Kaemmerer H., et al. Mortality following congenital heart surgery in adults can be predicted accurately by combining expert-based and evidence-based pediatric risk scores. *World J. Pediatr. Congenit. Heart Surg.* 2016; 7(4): 425–35. <https://doi.org/10.1177/2150135116656001>
27. Reps J.M., Rijnbeek P., Cuthbert A., Ryan P.B., Pratt N., Schuemie M. An empirical analysis of dealing with patients who are lost to follow-up when developing prognostic models using a cohort design. *BMC Med. Inform. Decis. Mak.* 2021; 21(1): 43. <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01408-x>
28. Khlevner J., Naranjo K., Hoyer C., Carullo A.S., Kerr K.W., Mariage B. Healthcare burden associated with malnutrition diagnoses in hospitalized children with critical illnesses. *Nutrients.* 2023; 15(13): 3011. <https://doi.org/10.3390/nu15133011>
29. Niehaus I.M., Kansy N., Stock S., Dötsch J., Müller D. Applicability of predictive models for 30-day unplanned hospital readmission risk in paediatrics: a systematic review. *BMJ Open.* 2022; 12(3): e055956. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-055956>
30. Kang N., Cole T., Tsang V., Elliott M., de Leval M. Risk stratification in paediatric open-heart surgery. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2004; 26(1): 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2004.03.038>
31. Golfenshtein N., Lisanti A.J., Medoff-Cooper B. Infant's difficult temperament characteristics predict poor quality of life in parents of infants with complex CHDs post-cardiac surgery. *Cardiol. Young.* 2023; 33(8): 1316–21. <https://doi.org/10.1017/S1047951122001895>
32. Lisanti A.J., Min J., Golfenshtein N., Ravishankar C., Costello J.M., Huang L., et al. New insights on growth trajectory in infants with complex congenital heart disease. *J. Pediatr. Nurs.* 2022; 66: 23–9. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2022.05.003>
33. Delaplain P.T., Ehwerhemuepha L., Nguyen D.V., Di Nardo M., Jancelewicz T., Awan S., et al. The development of multiorgan dysfunction in CDH-ECMO neonates is associated with the level of pre-ECMO support. *J. Pediatr. Surg.* 2020; 55(5): 830–4. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2020.01.026>
34. Elassal A.A., Al-Radi O.O., Debis R.S., Zaher Z.F., Abdelmohsen G.A., Faden M.S., et al. Neonatal congenital heart surgery: contemporary outcomes and risk profile. *J. Cardiothorac. Surg.* 2022; 17(1): 80. <https://doi.org/10.1186/s13019-022-01830-w>
35. Jyotsna K.R., Sharan S., Kishore S., Prakash J. The various scoring systems in pediatric intensive care units: a prospective observational study. *Cureus.* 2023; 15(5): e39679. <https://doi.org/10.7759/cureus.39679>
36. Acharya M., Berger R., Popov A.F. The role of the ADVanced Organ Support (ADVOS) system in critically ill patients with multiple organ failure. *Artif. Organs.* 2022; 46(5): 735–46. <https://doi.org/10.1111/aor.14188>
37. Habes Q.L.M., Kant N., Beunders R., van Groenendael R., Gerretsen J., Kox M., et al. Relationships between systemic inflammation, intestinal damage and postoperative organ dysfunction in adults undergoing low-risk cardiac surgery. *Heart Lung. Circ.* 2023; 32(3): 395–404. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2022.12.006>
38. Maisat W., Yuki K. Narrative review of systemic inflammatory response mechanisms in cardiac surgery and immunomodulatory role of anesthetic agents. *Ann. Card. Anaesth.* 2023; 26(2): 133–42. https://doi.org/10.4103/aca.aca_147_22
39. Roeschl T., Hinrichs N., Hommel M., Pfahringer B., Balzer F., Falk V., et al. Systematic assessment of shock severity in postoperative cardiac surgery patients. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2023; 82(17): 1691–706. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2023.08.031>
40. Volkov S.S., Zelenikin M.A., Vul'f K.A., Narmaniya I.T., Gushchin D.K. Use of the Aristotle basic complexity score to evaluate quality of surgical management in children with congenital heart defects. *Serdechno-sosudistye zabolevaniya.* 2016; 17(4): 31–42. <https://elibrary.ru/wmdlqp> (in Russian)
41. Benscoter A.L., Alten J.A., Atreya M.R., Cooper D.S., Byrnes J.W., Nelson D.P., et al. Biomarker-based risk model to predict persistent multiple organ dysfunctions after congenital heart surgery: a prospective observational cohort study. *Crit. Care.* 2023; 27(1): 193. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04494-7>
42. Rezende R.Q., Ricachinevsky C.P., Botta A., Angeli V.R., Nogueira A.J.D.S. Assessment of PIM-2 performance among surgical patients with heart disease and correlation of results with RACHS-1. *Rev. Bras. Ter. Intensiva.* 2017; 29(4): 453–9. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20170069>
43. Tweddell J.S., Ghanayem N.S., Hoffman G.M. Pro: NIRS is “Standard of Care” for Postoperative Management. *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg. Pediatr. Card. Surg. Annu.* 2010; 13(1): 44–50. <https://doi.org/10.1053/j.pcsu.2010.02.008>
44. Benavidez O.J., Connor J.A., Gauvreau K., Jenkins K.J. The contribution of complications to high resource utilization during congenital heart surgery admissions. *Congenit. Heart Dis.* 2007; 2(5): 319–26. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0803.2007.00119.x>
45. Benavidez O.J., Gauvreau K., Bacha E., Nido P.D., Jenkins K.J. Application of a complication screening method to congenital heart surgery admissions: a preliminary report. *Pediatr. Cardiol.* 2008; 29(2): 258–65. <https://doi.org/10.1007/s00246-007-9110-2>