

Острое повреждение почек в кардиохирургии: предиктивная диагностика в предоперационном периоде

Для корреспонденции:

Мария Леонидовна Дьякова,
prima.maria@mail.ru

Поступила в редакцию 10 июля 2020 г.

Исправлена 9 сентября 2020 г.

Принята к печати 10 сентября 2020 г.

Цитировать:

Каменщиков Н.О., Подоксенов Ю.К., Дьякова М.Л., Бойко А.М., Козлов Б.Н. Острое повреждение почек в кардиохирургии: предиктивная диагностика в предоперационном периоде. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2021;25(1):40-51. <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2021-1-40-51>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Вклад авторов

Концепция и дизайн работы:

Н.О. Каменщиков, Ю.К. Подоксенов, М.Л. Дьякова

Написание статьи: Н.О. Каменщиков, М.Л. Дьякова, А.М. Бойко

Исправление статьи: М.Л. Дьякова, Ю.К. Подоксенов

Утверждение окончательного варианта статьи: все авторы

ORCID ID

Н.О. Каменщиков, <https://orcid.org/0000-0003-4289-4439>

Ю.К. Подоксенов, <https://orcid.org/0000-0002-8939-2340>

М.Л. Дьякова, <https://orcid.org/0000-0001-9353-7234>

А.М. Бойко, <https://orcid.org/0000-0002-2408-8874>

Б.Н. Козлов, <https://orcid.org/0000-0002-0217-7737>

© Н.О. Каменщиков, Ю.К. Подоксенов, М.Л. Дьякова, А.М. Бойко, Б.Н. Козлов, 2021
Статья открытого доступа, распространяется по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Н.О. Каменщиков, Ю.К. Подоксенов, М.Л. Дьякова, А.М. Бойко, Б.Н. Козлов

Научно-исследовательский институт кардиологии, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский центр Российской академии наук», Томск, Российская Федерация

Острое повреждение почек и его несвоевременная диагностика часто приводят к увеличению числа пациентов с хронической болезнью почек. Нельзя отрицать важность изучения патогенетических механизмов реализации острого повреждения почек, своевременной предиктивной идентификации пациентов высокого риска острого повреждения почек, ассоциированного с кардиохирургией, а также необходимость поиска и совершенствования периоперационных стратегий по предупреждению острого повреждения почек, ассоциированного с кардиохирургической операцией. Разработка новых подходов к предиктивной диагностике кардиохирургического острого повреждения почек и повсеместное внедрение их в широкую клиническую практику позволит улучшить прогноз и выживаемость этой категории больных.

Современный диагностический континуум острого повреждения почек рассматривает факторы риска в качестве предсуществующих условий, на фоне которых реализуются неблагоприятные факторы периоперационного периода. Факторы риска острого повреждения почек в кардиохирургии условно разделяются на две категории: 1) пациент-зависимые; 2) связанные с кардиохирургической операцией, в той или иной степени обусловленные ятрогенными воздействиями (неблагоприятными факторами периоперационного периода). Четкое понимание значения этих факторов для развития острого почечного повреждения у кардиохирургических больных позволяет сформировать шкалы риска прогнозирования острого почечного повреждения в послеоперационном периоде. В обзоре представлены знаковые для предиктивной диагностики острого повреждения почек в кардиохирургии работы: модель Ассоциации нефрологов и Ассоциации анестезиологов-реаниматологов России, шкала EuroSCORE-II, шкала STS, шкала R.H. Mehta и соавт., индекс риска периоперационной почечной дисфункции / недостаточности S. Aronson и соавт., шкала S.Y. Ng и соавт., модель K. Birnie и соавт. Применение прогностических моделей для предиктивной диагностики острого повреждения почек, ассоциированного с кардиохирургической операцией, является важной стратегией для идентификации пациентов высокого риска. Данный подход позволяет широко применять превентивные стратегии для предупреждения развития острого повреждения почек в рутинной клинической практике и обладает преимуществами при проведении когортных клинических исследований новых ренопротективных технологий. Ни одна шкала прогнозирования риска кардиохирургического острого повреждения почек не является «золотым стандартом» предиктивной диагностики. Авторы предлагают рассматривать их применение согласно конкретной клинической ситуации.

Ключевые слова: острое повреждение почек; предиктивная диагностика; шкала риска

Введение

Настороженность клиницистов и своевременная диагностика острого повреждения почек (ОПП), особенно неолигурического варианта кинического манифестирования, часто неудовлетворительные, что приводит к увеличению числа пациентов с прогрессирующей хронической болезнью почек [1; 2]. Исследования в смешанной популяции кардиохирургических пациентов показали, что ОПП диагностировалось в 49,9 % случаев при использовании в качестве диагностических критериев сочетания изменений концентрации креатинина и диуреза, при этом в 40,2 % случаев ОПП диагностировали по отклонению креатинина от базовых до операционных значений, олигурия для определения ОПП была представлена в 9,7 % наблюдений [3].

Методические рекомендации, клинические руководства и научные исследования, сфокусированные на проблеме ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, указывают на важность изучения патогенетических механизмов реализации ОПП, своевременной предиктивной идентификации пациентов высокого риска ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, а также на необходимость поиска и совершенствования периоперационных стратегий по предупреждению ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией. Согласно последним рекомендациям междисциплинарного консорциума специалистов, современную парадигму клинической диагностики ОПП необходимо рассматривать как непрерывный континуум диагностического поиска: констатация факта ОПП и описание субъективных и объективных симптомов, а также анализ факторов риска и установление исходов острого повреждения почек [4].

Предиктивная диагностика острого повреждения почек, ассоциированного с кардиохирургической операцией

Определение популяции кардиохирургических пациентов высокого риска необходимо для широкого внедрения и активного применения в клинической практике периоперационного обеспечения и интенсивной терапии протоколов KDIGO (англ. *Kidney Disease: Improving Global Outcomes* — улучшение глобальных результатов лечения почек) для предотвращения органного повреждения [5]. Раннее начало целенаправленной терапии ОПП

способствует более быстрому восстановлению функции почек и ассоциировано с лучшими клиническими исходами [6]. Предоперационная стратификация степени риска ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, важна для определения критериев инициации заместительной почечной терапии (ЗПТ), ее модальности, а также условий ее отмены. В 2013 г. Национальный институт повышения качества здравоохранения Великобритании опубликовал рекомендации, в которых с высокой доказательностью отмечен недостаток общепринятых данных для формирования точных и однозначных критериев инициации ЗПТ. Консенсус экспертов указал на необходимость создания шкал для ранней идентификации пациентов с высоким риском развития и тяжести течения острого повреждения почек [7].

Современный диагностический континуум ОПП рассматривает факторы риска не в качестве непосредственных причин органной дисфункции, а как предсуществующие условия, на фоне которых реализуются неблагоприятные факторы периоперационного периода.

Факторы риска ОПП в кардиохирургии условно разделяются на две категории:

- 1) пациент-зависимые;
- 2) связанные с кардиохирургической операцией факторы риска развития ОПП, в той или иной степени обусловленные ятрогенными воздействиями (неблагоприятными факторами периоперационного периода).

Некоторые авторы указывают на большую предиктивную способность пациент-зависимых факторов риска по сравнению с факторами риска, связанными с кардиохирургической операцией, однако для кардиохирургической популяции пациентов это неочевидно [8; 9].

Наиболее распространенные конституциональные факторы риска ОПП в кардиохирургии: возраст, предсуществующая хроническая болезнь почек. Кроме того, мужской пол, негроидная раса, гипертоническая болезнь, сахарный диабет, высокий индекс массы тела, предоперационная анемия (снижение гемоглобина менее 130 г/л у мужчин и менее 120 г/л у женщин), сопутствующие заболевания (тяжелая сердечная недостаточность, хроническая обструктивная болезнь легких, злокаче-

ственное новообразование, заболевание печени) связаны независимо друг от друга с более высоким риском острого повреждения почек, ассоциированного с кардиохирургической операцией [10].

Предоперационная терапия некоторыми группами препаратов также рассматривается в качестве фактора риска ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией. Прием ингибиторов ангиотензин-превращающего фермента, антагонистов рецептора ангиотензина 2 и диуретиков ассоциирован с повышенным риском послеоперационного ОПП (для ингибиторов ангиотензин-превращающего фермента и / или антагонистов рецептора ангиотензина 2 относительный риск составляет 1,2 (1,16–1,23), для диуретиков — 1,18 (1,14–1,21). Использование статинов ассоциировалось с незначительным снижением риска ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией (относительный риск 0,96 (0,93–0,99)) [11]. Однако нефропротективные эффекты терапии статинами не подтверждены в последующих рандомизированных контролируемых исследованиях [12–16].

Большинство исследователей относят вмешательство по экстренным показаниям к немодифицируемым факторам риска послеоперационного ОПП. S. Khetarpal и соавт. в исследовании с участием 57 075 пациентов показали, что срочная хирургическая операция увеличивала риск ОПП со скорректированным коэффициентом опасности 1,9 (1,5–2,3) по сравнению с плановой хирургией [17; 18]. Частота ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, при плановых вмешательствах коррелирует с исходным состоянием почечной функции, при экстренных операциях такая взаимосвязь не прослеживается [19; 20].

Сложность и продолжительность операции, применение аппарата искусственного кровообращения (ИК), интраоперационное кровотечение, нестабильность гемодинамики во время операции являются наиболее очевидными факторами, способствующими ОПП, ассоциированному с кардиохирургической операцией [11; 21–23].

Отдельно выделяются факторы, характерные для кардиохирургии: длительность пережатия аорты, продолжительность и температурный режим ИК, характер кровотока при ИК, выраженность ассоциированного с ИК гемолиза, гемодилюция и другие

факторы, независимо увеличивающие риск послеоперационного ОПП. Отдельно среди факторов риска ОПП выделяют продленное (более 180 мин) ИК, продленную (более 48 ч) искусственную вентиляцию легких, потребность в высокой инотропной поддержке и ее длительность, необходимость в экстракорпоральной поддержке жизни и другие [21].

По данным С.Е. Hobson и соавт., изолированное аортокоронарное шунтирование (АКШ) сопряжено с развитием ОПП в 37 % случаев, клапанная хирургия — в 49 %, аортальная хирургия (в том числе на дуге аорты) — в 55 %, трансплантация сердца — в 94 % случаев [21]. Ранее признано, что проведение одномоментных комбинированных вмешательств при сочетанной кардиальной патологии считается эффективной и обоснованной тактикой, отмечается отсутствие различий в частоте послеоперационного ОПП при симультанных кардиохирургических вмешательствах по сравнению с изолированными видами операций. Однако эти данные были опровергнуты последующим крупным когортным исследованием [24].

Ряд работ показал снижение риска ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, при вмешательствах на работающем сердце по сравнению с операциями в условиях искусственного кровообращения [19; 25–29].

Отмечено снижение случаев ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, в группе малоинвазивной хирургии (с использованием торакоскопического доступа) по сравнению с группой пациентов, в которой использовалась срединная стернотомия, однако выявить достоверных отличий в госпитальной летальности между группами не удалось [27].

Основные факторы риска развития ОПП в послеоперационном периоде: манифест сепсиса, синдром низкого сердечного выброса, вазоплегия и послеоперационная гипотензия, гиповолемия, кровотечение и гемотранфузия [28; 29].

Стратификация факторов риска острого повреждения почек, ассоциированного с кардиохирургической операцией

Предиктивная диагностика предполагает отнесение пациента к определенной группе риска, что важно для разработки оптимального плана лечебных мероприятий и определения прогноза в раннем и отдаленном послеоперационных периодах.

Сравнительный анализ шкал риска острого повреждения почек

Показатель	Популяция пациентов	Определяемые предикторы	Период времени наблюдения	Объем выборки (количество пациентов)	Количество центров	Количество переменных (анализируемых данных)	Типы данных (переменных)
Шкала К. Birnie и соавт. [33]	АКШ +/- операции на грудной аорте	ОПП с потребностью в диализе или без нее	1996–2010	30 854	3 центра	20	Дооперационные
Шкала Клиники Кливленда [47]	АКШ +/- клапанная хирургия	ОПП с потребностью в диализе	1993–2002	15 839	1 центр	13	Дооперационные
Шкала R.H. Mehta и соавт. [40]	АКШ, изолированно аортальный / митральный клапан; или АКШ + аортальный / митральный клапан	ОПП с потребностью в диализе	2002–2004	86 009	> 600 госпиталей в США и Канаде	10	Дооперационные
Шкала D.N. Wijeyesundera и соавт. [34]	Кардиохирургия с ИК	ОПП с потребностью в диализе	1999–2004	2 566	1 центр	8	Дооперационные
Шкала S. Aronson и соавт. [35]	АКШ с ИК	ОПП без потребности в диализе	1996–2000	2 420	70 центров в 17 странах	8	До- и интраоперационные
Шкала S.Y. Ng и соавт. [36]	АКШ, изолированно аортальный / митральный клапан; или АКШ + аортальный / митральный клапан; другие*	ОПП с потребностью в диализе	2001–2009	32 279	18 госпиталей в Австралии	38	Пре-, интра- и ранние послеоперационные

Примечание. * Включены вмешательства на аорте, операции при суправентрикулярных нарушениях ритма, коррекция дефекта межпредсердной перегородки, пересадка сердца, аневризма левого желудочка, опухоль сердца, перикардэктомия, миектомия выводного отдела левого желудочка, коррекция приобретенного дефекта межжелудочковой перегородки, реконструкция левого желудочка, травма сердца, пластика левого желудочка, легочная тромбоэнтерэктомия, другие несердечные операции при врожденных аномалиях; ОПП — острое повреждение почек; АКШ — аортокоронарное шунтирование; ИК — искусственное кровообращение.

В обзоре представлены знаковые для предиктивной диагностики ОПП в кардиохирургии работы, имеющие 3-й и 4-й уровни внешней валидации [30–32] (таблица). Необходимо отметить, что упомянутые стратификационные модели разработаны до консенсусного определения ОПП, соответственно их клиническая имплементация в современной парадигме клинической практики имеет ограничения.

Модель Ассоциации нефрологов и Ассоциации анестезиологов-реаниматологов России

Ассоциация нефрологов и Ассоциация анестезиологов-реаниматологов России предлагает определять риск развития ОПП как комбинацию факторов риска и ассоциированных состояний

с последующей оценкой и отнесением пациента к соответствующей группе низкого, среднего или высокого риска [1]. Данная схема разработана для широкого круга пациентов общесоматического профиля и не валидизирована в кардиохирургии. С учетом специфики кардиохирургических вмешательств данная модель не пригодна для стратификации риска ввиду характера контингента пациентов и особенностей периоперационного периода. Подавляющее большинство кардиохирургических пациентов, согласно данной модели, относится к группе высокого риска послеоперационного ОПП, что концептуально верно, однако не позволяет сфокусировать внимание специалистов на конкретном пациенте и количественно оценить риски.

Шкала EuroSCORE-II

В 2011 г. предложена модифицированная шкала стратификации риска осложнений и неблагоприятного исхода при кардиохирургических вмешательствах (англ. European System for Cardiac Operative Risk Evaluation, EuroSCORE-II) [22]. Согласно шкале EuroSCORE-II выделяют три группы факторов риска кардиохирургического вмешательства: пациент-зависимые (коморбидный фон пациентов), кардиальные (тяжесть основной патологии) и связанные непосредственно с операцией (оперативные). Комплексная оценка факторов риска с их разделением по клиническому подтексту характерна для всех шкал стратификации риска в кардиохирургии. Среди пациент-зависимых факторов риска неблагоприятного исхода выделяются возраст 75 лет и более, наличие и выраженность исходной дисфункции почек, активный инфекционный эндокардит и анемия. Недостатком EuroSCORE-II, помимо ориентированности на узкую когорту пациентов с АКШ, является ее фокусирование на прогнозировании летального исхода, что коррелирует, но не идентично частоте послеоперационного ОПП. Таким образом, применение рутинной шкалы EuroSCORE-II не позволяет идентифицировать популяцию высокого риска острого повреждения почек, ассоциированного с кардиохирургической операцией.

Шкала STS

Общество торакальных хирургов (англ. Society of Thoracic Surgeons, STS) для оценки и стратификации степени хирургического риска, связанного с кардиохирургическим вмешательством, предложило калькулятор прогнозируемой частоты неблагоприятных клинических событий [37]. Методология, положенная в основу данной модели, близка EuroSCORE-II и оценивает коморбидный фон пациентов, тяжесть основной патологии, а также объем и характер хирургического вмешательства. Однако шкала STS анализирует большее количество клинических переменных:

- тип вмешательства (АКШ, клапанная хирургия, сочетанная операция);
- демографические показатели (возраст, половая и расовая принадлежность, антропометрические данные: рост и вес);

- исходные лабораторные показатели (гематокрит, количество лейкоцитов и тромбоцитов, уровень креатинина);

- тяжесть сопутствующей патологии (периферический атеросклероз, терминальная почечная недостаточность, иммуносупрессивный фенотип, синдром обструктивного сонного апноэ, печеночная недостаточность, сахарный диабет, хроническая обструктивная болезнь легких, эндокардит, употребление алкоголя, табакокурение и другие);

- выраженность сердечной патологии (инфаркт миокарда в анамнезе и его давность, класс сердечной недостаточности по Нью-Йоркской классификации, различные варианты нарушения ритма сердца, фракция выброса, количество пораженных артерий, стеноз ствола левой коронарной артерии, тип клапанной патологии и другие);

- фармакологический анамнез (прием ингибиторов ангиотензин-превращающего фермента, блокаторов рецепторов ангиотензина-2, антиагрегантов, стероидов и других);

- экстренность вмешательства (плановая, неотложная или экстренная операция, использование внутриаортальной баллонной контрпульсации, критическое состояние, требующее экстракорпоральной мембраной оксигенации).

Степень хирургического риска и прогнозируемая частота неблагоприятных клинических событий у кардиохирургических пациентов формируется количественно в виде процентной вероятности в итоговой сводной таблице. Шкала STS используется для предиктивной диагностики органных осложнений в кардиохирургии [38; 39]. Главным недостатком является несоответствие определения ОПП, заложенного в математическую модель для расчета, текущей парадигме ОПП и универсальному определению группы KDIGO. Таким образом, выделение популяции высокого риска на основании предиктивной модели STS не корректно.

Шкала R.H. Mehta и соавт.

В 2006 г. R.H. Mehta и соавт. предложили шкалу, идентифицирующую основные факторы риска развития ОПП, для прогнозирования риска необходимости проведения ЗПТ после кардиохирургических вмешательств [40]. В ис-

следование включены 449 524 пациента из более чем 600 госпиталей США и Канады, перенесших операции на сердце различного объема (АКШ, клапанная хирургия, сочетанная хирургия). Проведение ЗПТ в послеоперационном периоде потребовалось 6 451 пациенту (1,4 %). В полной модели идентифицировано 22 фактора риска, независимо ассоциированных с потребностью в диализе в послеоперационном периоде. К ним относился возраст пациентов: в группе больных, нуждающихся в послеоперационном диализе, средний возраст на 7 лет больше по сравнению с группой без диализа (73 [65; 79] и 66 [58; 74] лет соответственно). У пациентов с сопутствующей патологией (сахарный диабет, хронические заболевания легких, заболевания периферических сосудов или цереброваскулярная болезнь, недавний инфаркт миокарда, застойная сердечная недостаточность, предшествующие АКШ или коррекция порока клапана, сердечно-легочная реанимация и кардиогенный шок) вероятность послеоперационного диализа повышается в 1,5–5,0 раз. В зависимости от типа операции также варьировала частота диализ-зависимого ОПП: 1,1 % в группе пациентов с изолированным АКШ; 1,4 % — при изолированных вмешательствах на аортальном клапане; 2,9 % — при сочетанных вмешательствах на аортальном клапане и АКШ; 1,9 % — при изолированных вмешательствах на митральном клапане; 5,1 % — при сочетанных вмешательствах на митральном клапане и АКШ. Частота необходимости послеоперационной ЗПТ зависела от исходного уровня сывороточного креатинина, хотя его средний уровень имел схожие значения: 1,8 против 1,1 мг/дл для обеих групп пациентов. Шкала R.H. Mehta и соавт. показала превосходную способность предиктивной диагностики диализ-зависимого ОПП, после чего авторы ограничили финальную версию шкалы 10 переменными без потери ее прогностической силы. Рассматриваемая шкала валидизирована в различных популяциях кардиохирургических пациентов и применяется у больных с изолированными и сочетанными вмешательствами, а также при кардиохирургии без искусственного кровообращения [41–45].

Упрощенный прогностический индекс заместительной почечной терапии после кардиохирургических операций (D.N. Wijeyesundera и соавт.)

В 2007 г. D.N. Wijeyesundera и соавт. на основе анализа исходов кардиохирургических пациентов в госпиталях Канады разработали упрощенный прогностический индекс ЗПТ после кардиохирургических операций, валидизированный затем в канадской популяции [34]. В комплексном многомерном и мультивариативном анализе в качестве независимых предикторов ЗПТ авторы оценивали предоперационные значения скорости клубочковой фильтрации, сахарный диабет с потребностью в медикаментозной коррекции гликемии, фракцию выброса левого желудочка, повторные кардиохирургические операции, тип процедуры, срочность оперативного вмешательства, а также потребность в предоперационной внутриаортальной баллонной контрпульсации. При подсчете прогностического индекса анализировали 8 переменных, каждую из которых оценивали в 1 балл, при этом расчетную предоперационную скорость клубочковой фильтрации менее 30 мл/мин/1,73 м² оценивали в 2 балла. Согласно данной шкале, пациенты могут быть разделены на группы низкого, среднего или высокого риска [46]. Среди пациентов низкого риска потребность в ЗПТ в послеоперационном периоде составила 0,4 %, в популяции высокого риска — 10 %. Несмотря на серьезные ограничения исследования (географически ограниченная популяция пациентов, отсутствие четких критериев инициации ЗПТ, «слепая» зона пациентов с ОПП 1-й и 2-й стадий), авторы впервые поставили вопрос о применении технологий ренопротекции именно в популяции пациентов высокого риска.

Шкала Клиники Кливленда

Среди текущих моделей для прогнозирования диализ-зависимого ОПП шкала Клиники Кливленда (англ. Cleveland Clinic Foundation Acute Renal Failure Score) является наиболее проверенной и широко применяемой в сердечно-сосудистой хирургии [47]. Общеизвестно, что шкала Клиники Кливленда имеет лучшую предсказывающую способность и дискриминацию для 3-й стадии ОПП, ассоциированного с кардиохирургическим вмешатель-

ством, требующей проведения ЗПТ [44; 48; 49]. Шкала Клиники Кливленда валидизирована для большинства субпопуляций кардиохирургических пациентов, в том числе в исследованиях внешней проверки [31; 50; 51]. С.В. Thakar и соавт. проанализировали данные 33 217 пациентов, прооперированных на открытом сердце в условиях ИК в Клинике Кливленда за 1993–2002 гг. Исключались пациенты, которым проводилась трансплантация сердца, имплантировались вспомогательные устройства поддержки левого желудочка и / или кардиовертеры-дефибрилляторы, пациенты с критическим предоперационным статусом (необходимость в предоперационном проведении ЗПТ, применении экстракорпоральной мембранной оксигенации, предоперационной трахеостомии или искусственной вентиляции легких). Первичной конечной точкой была необходимость послеоперационной ЗПТ, показания к которой определял клиницист, которые включали объемную перегрузку и биохимические нарушения, в том числе уремию. В качестве предикторов потребности в диализной терапии исследовались следующие переменные: пол, раса, масса тела, застойная сердечная недостаточность в анамнезе, тяжелая дисфункция левого желудочка (фракция выброса 35 % и менее), предоперационное применение внутриаортальной баллонной контрпульсации, экстренная хирургия, предыдущая операция на открытом сердце, хроническая обструктивная болезнь легких, требующая медикаментозной терапии, сахарный диабет, предоперационный уровень сывороточного креатинина, продолжительность ИК, виды вмешательств.

После регрессионного анализа идентифицированы клинические переменные, связанные с высоким риском проведения диализа в послеоперационном периоде. Выделено четыре категории риска диализ-зависимого ОПП в кардиохирургии. Отмечена линейная зависимость между увеличением категории риска пациентов в баллах и частотой послеоперационного диализа во всех четырех группах от 0,5 до 22,1 %. Еще в 2005 г. авторы предлагали индивидуализированный подход к периоперационному менеджменту, основанный на оценке риска по шкале Клиники Кливленда [47].

Индекс риска периоперационной почечной дисфункции / недостаточности (S. Aronson и соавт.)

Предиктивная диагностика только ОПП, требующего ЗПТ, на современном этапе недостаточна, также требуется и диагностика ОПП 1-й и 2-й стадий и даже субклинической ОПП для прогноза клинических исходов в кардиохирургии. S. Aronson и соавт. создали модель прогнозирования ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, без потребности в проведении ЗПТ, основанную на данных интернационального многоцентрового исследования 4 801 пациентов после АКШ. Авторы предложили «индекс риска периоперационной почечной дисфункции / недостаточности» [35]. Почечный композитный исход определяли как начало ЗПТ или послеоперационное повышение сывороточного креатинина до 177 мкмоль/л или на 62 мкмоль/л от базового предоперационного уровня. Авторы сделали вывод о корреляции предоперационного уровня пульсового давления (определяемого как разница систолического и диастолического давлений) с почечными осложнениями в послеоперационном периоде. Выделили 3 субпопуляции пациентов: низкого, среднего и высокого риска. В исследовании впервые продемонстрирована значимость исходного уровня пульсового давления для реализации органного повреждения. Снижение комплаенса аорты приводит к нивелированию буферной емкости артериальных сосудов, что обуславливает зависимость органного, в том числе почечного, объемного кровотока от системного артериального давления. Это послужило поводом для работ по периоперационному мониторингу и изменению подходов к периоперационному контролю артериального давления у отдельных групп пациентов (пожилых, пациентов с анамнезом артериальной гипертензии и других) с учетом дисрегуляции почечного кровотока [52–56].

Шкала S.Y. Ng и соавт.

В 2014 г. опубликовано исследование S.Y. Ng и соавт., включающее 28 422 кардиохирургических пациента из 18 клиник Австралии [36]. ОПП, ассоциированное с кардиохирургической операцией, диагностировалось при наличии двух из следующих критериев в течение 30 дней после операции:

1) повышение уровня креатинина в крови более 200 мкмоль/л;

2) увеличение сывороточного креатинина в 2 раза и более по сравнению с дооперационными значениями;

3) *de novo* потребность в заместительной почечной терапии.

Несмотря на определение первичной конечной точки не в соответствии с консенсусным определением ОПП (KDIGO), данная работа стала прообразом модели, пригодной для прогнозирования ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, всех стадий. Помимо традиционной шкалы для предоперационного прогнозирования ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, авторы разработали модель для послеоперационной оценки риска, включающую характерные для послеоперационного периода переменные (длительность ИК, трансфузионная терапия, реоперация, необходимость в внутриаортальной баллонной контрпульсации в послеоперационном периоде и другие). При предоперационном прогнозировании ОПП пациенты были разделены на 3 группы. Средний прогнозируемый риск в группах составил 2, 7 и 25 %. При скрининге после операции авторы выделили 4 группы пациентов, при этом прогнозируемый риск ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, составил 1, 3, 9 и 30 %.

Модель K. Birnie и соавт.

В 2014 г. K. Birnie и соавт. разработали модель предиктивной диагностики ОПП, ассоциированного с кардиохирургическим вмешательством, основанную на проспективном анализе исходов 30 854 кардиохирургических вмешательств в 3 крупных центрах Великобритании [33]. В этой работе авторами использовалось унифицированное определение ОПП (KDIGO). K. Birnie и соавт. поставили задачу разработать прогностическую модель ОПП с достаточной предсказательной силой, идентифицирующую риски всех стадий ОПП. В исследовании включали пациентов в возрасте от 16 лет, прооперированных на сердце с использованием ИК или без него, в том числе вмешательства на грудной аорте. Не включали пациентов с терминальной почечной недостаточностью, требующей проведения ЗПТ, после

трансплантации почки, с летальным исходом непосредственно в операционной. Для идентификации значимых переменных использовался реестр Национального аудита взрослой кардиохирургии (англ. National Adult Cardiac Surgery Audit). Анализ включал исходную почечную функцию (оцениваемую по скорости клубочковой фильтрации), сопутствующие заболевания и ассоциированные состояния, медикаментозную терапию, а также факторы, зависящие от операции. Риски ОПП любой стадии и 3-й стадии моделировались отдельно с использованием логистических регрессионных моделей. Разработан онлайн-калькулятор для оценки риска ОПП любой стадии. Данная модель позволяет прогнозировать развитие ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, вне зависимости от стадии в процентах. Валидизация данной модели в отношении развития ОПП вне зависимости от стадии была лучше, чем у шкал EuroSCORE, Клиники Кливленда, и эквивалентна шкале R.H. Mehta и соавт. и шкале S.Y. Ng и соавт. При этом использовалось консенсусное определение ОПП в качестве конечной точки, что важно для стандартизации отчетности и сравнительного анализа научно-поисковых исследований. Шкала K. Birnie и соавт. — это единственный инструмент для прогнозирования ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, 1-й и 2-й стадий. При этом используется онлайн-калькулятор прогноза всех стадий ОПП, доступный для клиницистов. Однако для изолированной предиктивной диагностики ОПП 3-й стадии онлайн-калькулятор еще не разработан. Критике подвергается тот факт, что интра- и послеоперационные события и переменные, важные для реализации ОПП, не учитываются. Авторы заявляют о намеренном применении такого подхода для идентификации пациентов с высоким риском ОПП на дооперационном этапе для возможности реализации профилактических стратегий до хирургического вмешательства, а не после операции, когда, вероятно, ОПП произошло [36]. Современные исследования потенциальных ренопротективных интервенций в кардиохирургии базируются на применении именно этой модели прогноза ОПП, охватывающей в том числе ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, невысоких градаций [57].

Заключение

Применение прогностических моделей для предиктивной диагностики ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, является важной стратегией для идентификации пациентов высокого риска. Данный подход позволяет, с одной стороны, применять превентивные стратегии для предупреждения развития ОПП в рутинной клинической практике, с другой стороны, обладает отчетливыми преимуществами при проведении когортных клинических исследований новых ренопротективных технологий. Ни одна из шкал прогнозирования риска ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, не является «золотым стандартом» предиктивной диагностики. Авторы предлагают рассматривать предиктивную диагностику ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией, с помощью прогностических шкал в парадигме взвешенного решения. Необходимо учитывать, что каждая модель разработана для конкретной категории пациентов на основе определенного принципа. Руководствоваться целесообразностью или применимостью подходящей шкалы риска в каждом случае необходимо с учетом конкретной клинической ситуации. Принимая во внимание все сильные стороны и недостатки существующих моделей, мы используем онлайн-калькулятор для прогнозирования кумулятивного риска ОПП любой стадии в сочетании с подсчетом баллов по шкале Клиники Кливленда для прицельной идентификации пациентов с риском диализ-зависимого ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией [47; 57]. Данный подход позволяет минимизировать «серую зону» предиктивной диагностики ОПП, ассоциированного с кардиохирургической операцией.

Список литературы / References

- Смирнов А.В., Добронравов В.А., Румянцев А.Ш., Шилов Е.М., Ватазин А.В., Каюков И.Г., Кучер А.Г., Есяян А.М. Национальные рекомендации. Острое повреждение почек: основные принципы диагностики, профилактики и терапии. Часть I. *Нефрология*. 2016;20(1):79-104. [Smirnov A.V., Dobronravov V.A., Rumyantsev A.S., Shilov E.M., Vatazin A.V., Kayukov I.G., Kucher A.G., Yesayan M.A. National guidelines acute kidney injury: basic principles of diagnosis, prevention and therapy. Part I. *Nephrology* (Saint-Petersburg). 2016;20(1):79-104. (In Russ.)] <https://doi.org/10.24884/1561-6274-2016-20-1-8-15>
- Meersch M., Schmidt C., Zarbock A. Perioperative acute kidney injury: an under-recognized problem. *Anesth Analg*. 2017;125(4):1223-1232. PMID: 28787339. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002369>
- Lagny M.-G., Jouret F., Koch J.-N., Blaffart F., Donneau A.-F., Albert A., Roediger L., Krzesinski J.-M., Defraigne J.-O. Incidence and outcomes of acute kidney injury after cardiac surgery using either criteria of the RIFLE classification. *BMC Nephrol*. 2015;16:76. PMID: 26025079, PMCID: PMC4448315. <https://doi.org/10.1186/s12882-015-0066-9>
- Смирнов А.В., Румянцев А.Ш. Острое повреждение почек. Часть I. *Нефрология*. 2020;24(1):67-95. [Smirnov A.V., Rumyantsev A.S. Acute kidney disease. Part I. *Nephrology* (Saint-Petersburg). 2020;24(1):67-95. (In Russ.)] <https://doi.org/10.36485/1561-6274-2020-24-1-67-95>
- KDIGO clinical practice guideline for acute kidney injury. *Kidney International Supplements*. 2012;2(1):1-138. <https://doi.org/10.1038/kisup.2012.1>
- Kellum J.A., Sileanu F.E., Bihorac A., Hoste E.A.J., Chawla L.S. Recovery after acute kidney injury. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017;195(6):784-791. PMID: 27635668, PMCID: PMC5363967. <https://doi.org/10.1164/rccm.201604-0799OC>
- National Institute for Health and Care Excellence (NICE). Acute kidney injury: prevention, detection and management. *Clinical guideline* [CG169]; c2013. [cited 2020 July 10]. Available from: <https://www.nice.org.uk/guidance/cg169/>
- Gameiro J., Fonseca J.A., Neves M., Jorge S., Lopes J.A. Acute kidney injury in major abdominal surgery: incidence, risk factors, pathogenesis and outcomes. *Ann Intensive Care*. 2018;8(1):22. PMID: 29427134, PMCID: PMC5807256. <https://doi.org/10.1186/s13613-018-0369-7>
- Karkouti K. Transfusion and risk of acute kidney injury in cardiac surgery. *Br J Anaesth*. 2012;109(Suppl 1):i29-i38. PMID: 23242748. <https://doi.org/10.1093/bja/aes422>
- Grams M.E., Sang Y., Coresh J., Ballew S., Matsushita K., Molnar M.Z., Szabo Z., Kalantar-Zadeh K., Kovesdy C.P. Acute kidney injury after major surgery: a retrospective analysis of Veterans Health Administration Data. *Am J Kidney Dis*. 2016;67(6):872-880. PMID: 26337133, PMCID: PMC4775458. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2015.07.022>
- Canet E., Bellomo R. Perioperative renal protection. *Curr Opin Crit Care*. 2018;24(6):568-574. PMID: 30308540. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000560>
- Zheng Z., Jayaram R., Jiang L., Emberson J., Zhao Y., Li Q., Du J., Guarguagli S., Hill M., Chen Z., Collins R., Casadei B. Perioperative rosuvastatin in cardiac surgery. *N Engl J Med*. 2016;374(18):1744-1753. PMID: 27144849. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1507750>
- Mcllroy D.R., Lopez M.G., Billings F.T. 4th. Perioperative Clinical Trials in AKI. *Semin Nephrol*. 2020;40(2):173-187. PMID: 32303280, PMCID: PMC7172010. <https://doi.org/10.1016/j.semnephrol.2020.01.008>
- Park J.H., Shim J.-K., Song J.-W., Soh S., Kwak Y.-L. Effect of atorvastatin on the incidence of acute kidney injury following valvular heart surgery: a randomized, placebo-controlled trial. *Intensive Care Med*. 2016;42(9):1398-1407. PMID: 27120082. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4358-8>
- Argalious M., Xu M., Sun Z., Smedira N., Koch C.G. Preoperative statin therapy is not associated with a reduced incidence of postoperative acute kidney injury after cardiac surgery. *Anesth Analg*. 2010;111(2):324-330. PMID: 20375302. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181d8a078>
- Prowle J.R., Calzavacca P., Licari E., Ligabo E.V., Echeverri J.E., Haase M., Haase-Fielitz A., Bagshaw S.M., Devarajan P,

- Bellomo R. Pilot double-blind, randomized controlled trial of short-term atorvastatin for prevention of acute kidney injury after cardiac surgery. *Nephrology (Carlton)*. 2012;17(3):215-224. PMID: 22117606. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1797.2011.01546.x>
17. Kheterpal S., Tremper K.K., Heung M., Rosenberg A.L., Englesbe M., Shanks A.M., Campbell D.A. Jr. Development and validation of an acute kidney injury risk index for patients undergoing general surgery: results from a national data set. *Anesthesiology*. 2009;110(3):505-515. PMID: 19212261. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181979440>
 18. Hansen M.K., Gammelager H., Mikkelsen M.M., Hjortdal V.E., Layton J.B., Johnsen S.P., Christiansen C.F. Post-operative acute kidney injury and five-year risk of death, myocardial infarction, and stroke among elective cardiac surgical patients: a cohort study. *Crit Care*. 2013;17(6):R292. PMID: 24330762, PMCID: PMC4057271. <https://doi.org/10.1186/cc13158>
 19. Gammelager H., Christiansen C.F., Johansen M.B., Tonnesen E., Jespersen B., Sorensen H.T. One-year mortality among Danish intensive care patients with acute kidney injury: a cohort study. *Crit Care*. 2012;16(4):R124. PMID: 22789072, PMCID: PMC3580703. <https://doi.org/10.1186/cc11420>
 20. Gaffney A.M., Sladen R.N. Acute kidney injury in cardiac surgery. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2015;28(1):50-59. PMID: 25486486. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000154>
 21. Hobson C.E., Yavas S., Segal M.S., Schold J.D., Tribble C.G., Layon A.J., Bihorac A. Acute kidney injury is associated with increased long-term mortality after cardiothoracic surgery. *Circulation*. 2009;119(18):2444-2453. PMID: 19398670. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.800011>
 22. Guida P., Mastro F., Scrascia G., Whitlock R., Paparella D. Performance of the European system for cardiac operative risk evaluation II: a meta-analysis of 22 studies involving 145,592 cardiac surgery procedures. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;148(6):3049-3057.e1. PMID: 25161130. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.07.039>
 23. Sepehrpour A.H., Chaudhry U.A., Harling L., Athanasiou T. Off-pump or on-pump beating heart: which technique offers better outcomes following coronary revascularization? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2015;20(4):546-549. PMID: 25583646. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivu451>
 24. Lagny M.G., Jouret F., Koch J.-N., Blaffart F., Donneau A.-F., Albert A., Roediger L., Krzesinski J.-M., Defraigne J.-O. Incidence and outcomes of acute kidney injury after cardiac surgery using either criteria of the RIFLE classification. *BMC Nephrol*. 2015;16:76. PMID: 26025079, PMCID: PMC4448315. <https://doi.org/10.1186/s12882-015-0066-9>
 25. Kuo Y.-T., Chiu K.-M., Tsang Y.-M., Chiu C.-M., Chien M.-Y. Influence of chronic kidney disease on physical function and quality of life in patients after coronary artery bypass grafting. *Cardiorenal Med*. 2015;5(4):237-245. PMID: 26648940, PMCID: PMC4662289. <https://doi.org/10.1159/000433447>
 26. Bataille Y., Plourde G., Machaalany J., Abdelaal E., Déry J.-P., Larose E., Déry U., Noël B., Barbeau G., Roy L., Costerousse O., Bertrand O.F. Interaction of chronic total occlusion and chronic kidney disease in patients undergoing primary percutaneous coronary intervention for acute ST-elevation myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 2013;112(2):194-199. PMID: 23601580. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.03.010>
 27. Valdez G.D., Mihos C.G., Santana O., Heimowitz T.B., Goldszer R., Lamas G.A., Lamelas J. Incidence of postoperative acute kidney injury in patients with chronic kidney disease undergoing minimally invasive valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013;146(6):1488-1493. PMID: 23972261. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.06.034>
 28. Lim J.Y., Deo S.V., Jung S.H., Altarabsheh S.E., Erwin P.J., Dillon J.J., Park S.J. Does off-pump coronary artery bypass confer any advantage in patients with end-stage renal failure? A systematic review and meta-analysis. *Heart Lung Circ*. 2015;24(1):55-61. PMID: 25153358. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2014.06.005>
 29. Kumada Y., Yoshitani K., Shimabara Y., Ohnishi Y. Perioperative risk factors for acute kidney injury after off-pump coronary artery bypass grafting: a retrospective study. *JA Clin Rep*. 2017;3(1):55. PMID: 29457099m PMCID: PMC5804651. <https://doi.org/10.1186/s40981-017-0125-2>
 30. Heise D., Sundermann D., Braeuer A., Quintel M. Validation of a clinical score to determine the risk of acute renal failure after cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2010;37(3):710-716. PMID: 19716313. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.07.018>
 31. Englberger L., Suri R.M., Li Z., Dearani J.A., Park S.J., Sundt T.M. 3rd, Schaff H.V. Validation of clinical scores predicting severe acute kidney injury after cardiac surgery. *Am J Kidney Dis*. 2010;56(4):623-631. PMID: 20630639. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2010.04.017>
 32. Knapik P., Rozentryt P., Nadziakiewicz P., Polonski L., Zembala M. Retrospective cross-validation of simplified predictive index for renal replacement therapy after cardiac surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2008;7(6):1101-1106. PMID: 18669528. <https://doi.org/10.1510/icvts.2008.181438>
 33. Birnie K., Verheyden V., Pagano D., Bhabra M., Tilling K., Sterne J.A., Murphy G.J., UK AKI in Cardiac Surgery Collaborators. Predictive models for kidney disease: improving global outcomes (KDIGO) defined acute kidney injury in UK cardiac surgery. *Crit Care*. 2014;18(6):606. PMID: 25673427, PMCID: PMC4258283. <https://doi.org/10.1186/s13054-014-0606-x>
 34. Wijesundera D.N., Karkouti K., Dupuis J.Y., Rao V., Chan C.T., Granton J.T., Beattie W.S. Derivation and validation of a simplified predictive index for renal replacement therapy after cardiac surgery. *JAMA*. 2007;297(16):1801-1809. PMID: 17456822. <https://doi.org/10.1001/jama.297.16.1801>
 35. Aronson S., Fontes M.L., Miao Y., Mangano D.T., Investigators of the Multicenter Study of Perioperative Ischemia Research Group, Ischemia Research and Education Foundation. Risk index for perioperative renal dysfunction/failure: critical dependence on pulse pressure hypertension. *Circulation*. 2007;115(6):733-742. PMID: 17283267. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.623538>
 36. Ng S.Y., Sanagou M., Wolfe R., Cochrane A., Smith J.A., Reid C.M. Prediction of acute kidney injury within 30 days of cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;147(6):1875-18. PMID: 23993316. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.06.049>
 37. Shahian D.M., He X., Jacobs J.P., Rankin J.S., Welke K.F., Edwards F.H., Filardo G., Fazzalari F.L., Furnary A., Kurlansky P.A., Brennan J.M., Badhwar V., O'Brien S.M. The STS AVR+CABG composite score: a report of the STS Quality Measurement Task Force. *Ann Thorac Surg*. 2014;97(5):1604-1609. PMID: 24657032. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.10.114>
 38. Sullivan P.G., Wallach J.D., Ioannidis J.P.A. Meta-analysis comparing established risk prediction models (EuroSCORE II, STS Score, and ACEF Score) for perioperative mortality during cardiac surgery. *Am J Cardiol*. 2016;118(10):1574-1582. PMID: 27687052. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2016.08.024>

39. Borde D., Gandhe U., Hargave N., Pandey K., Khullar V. The application of European system for cardiac operative risk evaluation II (EuroSCORE II) and Society of Thoracic Surgeons (STS) risk-score for risk stratification in Indian patients undergoing cardiac surgery. *Ann Card Anaesth.* 2013;16(3):163-166. PMID: 23816669. <https://doi.org/10.4103/0971-9784.114234>
40. Mehta R.H., Grab J.D., O'Brien S.M., Bridges C.R., Gammie J.S., Haan C.K., Ferguson T.B., Peterson E.D., Society of Thoracic Surgeons National Cardiac Surgery Database Investigators. Bedside tool for predicting the risk of postoperative dialysis in patients undergoing cardiac surgery. *Circulation.* 2006;114(21):2208-1226. PMID: 17088458. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.635573>
41. Hillis L.D., Smith P.K., Anderson J.L., Bittl J.A., Bridges C.R., Byrne J.G., Cigarroa J.E., Disesa V.J., Hiratzka L.F., Hutter A.M. Jr, Jessen M.E., Keeley E.C., Lahey S.J., Lange R.A., London M.J., Mack M.J., Patel M.R., Puskas J.D., Sabik J.F., Selnes O., Shahian D.M., Trost J.C., Winniford M.D., American College of Cardiology Foundation; American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society of Thoracic Surgeons. 2011 ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery. A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. Developed in Collaboration With the American Association for Thoracic Surgery, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58(24):e123-e210. PMID: 22070836. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.08.009>
42. Rewa O., Bagshaw S.M. Acute kidney injury-epidemiology, outcomes and economics. *Nat Rev Nephrol.* 2014;10(4):193-207. PMID: 24445744. <https://doi.org/10.1038/nrneph.2013.282>
43. Mariscalco G., Lorusso R., Dominici C., Renzulli A., Sala A. Acute kidney injury: a relevant complication after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2011;92(4):1539-1547. PMID: 21872837. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.04.123>
44. Huen S.C., Parikh C.R. Predicting acute kidney injury after cardiac surgery: a systematic review. *Ann Thorac Surg.* 2012;93(1):337-347. PMID: 22186469, PMCID: PMC3286599. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.09.010>
45. Nigwekar S.U., Kandula P., Hix J.K., Thakar C.V. Off-pump coronary artery bypass surgery and acute kidney injury: a meta-analysis of randomized and observational studies. *Am J Kidney Dis.* 2009;54(3):413-423. PMID: 19406542. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2009.01.267>
46. Taher T., Khan N.A., Devereaux P.J., Fisher B.W., Ghali W.A., McAlister F.A., Canadian Perioperative Research Group. Assessment and reporting of perioperative cardiac risk by Canadian general internists: art or science? *J Gen Intern Med.* 2002;17(12):933-936. PMID: 12472929, PMCID: PMC1495134. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1497.2002.11230.x>
47. Thakar C.V., Arrigain S., Worley S., Yared J.P., Paganini E.P. A clinical score to predict acute renal failure after cardiac surgery. *J Am Soc Nephrol.* 2005;16(1):162-168. PMID: 15563569. <https://doi.org/10.1681/ASN.2004040331>
48. Kiers H.D., van den Boogaard M., Schoenmakers M.C., van der Hoeven J.G., van Swieten H.A., Heemskerck S., Pickkers P. Comparison and clinical suitability of eight prediction models for cardiac surgery-related acute kidney injury. *Nephrol Dial Transplant.* 2013;28(2):345-351. PMID: 23222415. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfs518>
49. Kristovic D., Horvatic I., Husedzinovic I., Sutlic Z., Rudez I., Baric D., Unic D., Blazekovic R., Crnogorac M. Cardiac surgery-associated acute kidney injury: risk factors analysis and comparison of prediction models. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2015;21(3):366-373. PMID: 26091696. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivv162>
50. García-Fernández N., Pérez-Valdivieso J.R., Bes-Rastrollo M., Vives M., Lavilla J., Herreros J., Monedero P., GEDRCC. Timing of renal replacement therapy after cardiac surgery: a retrospective multicenter Spanish cohort study. *Blood Purif.* 2011;32(2):104-111. PMID: 21372568. <https://doi.org/10.1159/000324195>
51. Candela-Toha A., Elías-Martín E., Abraira V., Tenorio M.T., Parise D., de Pablo A., Centella T., Liaño F. Predicting acute renal failure after cardiac surgery: external validation of two new clinical scores. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2008;3(5):1260-1265. PMID: 18463173, PMCID: PMC2518781. <https://doi.org/10.2215/CJN.00560208>
52. Drummond J.C. The lower limit of autoregulation: time to revise our thinking? *Anesthesiology.* 1997;86(6):1431-1433. PMID: 9197320. <https://doi.org/10.1097/00000542-199706000-00034>
53. Benetos A., Zureik M., Morcet J., Thomas F., Bean K., Safar M., Ducimetière P., Guize L. A decrease in diastolic blood pressure combined with an increase in systolic blood pressure is associated with a higher cardiovascular mortality in men. *J Am Coll Cardiol.* 2000;35(3):673-680. PMID: 10716470. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(99\)00586-0](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(99)00586-0)
54. Guerin A.P., Blacher J., Pannier B., Marchais S.J., Safar M.E., London G.M. Impact of aortic stiffness attenuation on survival of patients in end-stage renal failure. *Circulation.* 2001;103(7):987-992. PMID: 11181474. <https://doi.org/10.1161/01.cir.103.7.987>
55. Blacher J., Staessen J.A., Girerd X., Gasowski J., Thijs L., Liu L., Wang J.G., Fagard R.H., Safar M.E. Pulse pressure not mean pressure determines cardiovascular risk in older hypertensive patients. *Arch Intern Med.* 2000;160(8):1085-1089. PMID: 10789600. <https://doi.org/10.1001/archinte.160.8.1085>
56. Vaccarino V., Holford T.R., Krumholz H.M. Pulse pressure and risk for myocardial infarction and heart failure in the elderly. *J Am Coll Cardiol.* 2000;36(1):130-138. PMID: 10898424. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(00\)00687-2](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(00)00687-2)
57. Aujla H., Kumar T., Woźniak M., Dott W., Sullo N., Joel-David L., Morris T., Brookes C., Barber S., Murphy G.J. Effect of sildenafil (Revatio) on postcardiac surgery acute kidney injury: a randomised, placebo-controlled clinical trial: the REVAKI-2 trial protocol. *Open Heart.* 2018;5(2):e000838. PMID: 30364431, PMCID: PMC6196934. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2018-000838>

Acute kidney injury in cardiac surgery: preoperative predictive diagnostics

Nikolay O. Kamenshchikov, Yury K. Podoksenov, Mariia L. Diakova, Alexandr M. Boyko, Boris N. Kozlov

Cardiology Research Institute, Tomsk, Russian Federation

Corresponding author. Mariia L. Diakova, prima.maria@mail.ru

Acute kidney injury (AKI) and its delayed diagnosis often lead to an increase in the number of patients with chronic kidney disease. There is no denying the importance of studying the pathogenetic mechanisms of AKI, timely predictive identification of patients at high risk of CSA-AKI, as well as the need to search for and improve perioperative strategies to prevent CSA-AKI. The development of new approaches regarding predictive diagnostics of AKI and their widespread introduction into a wide clinical practice will improve the prognosis and survival of these patients.

The modern diagnostic continuum of AKI considers risk factors as pre-existing conditions against which adverse factors of the perioperative period are realised. Risk factors for AKI in cardiac surgery are divided into two categories: 1) patient-dependent and 2) operations-associated or modifiable risk factors for the development of AKI, to some extent secondary to iatrogenic effects (adverse factors of the perioperative period). A clear understanding of the significance of these factors regarding the development of AKI in cardiac surgery patients allows us to form risk scales for predicting CSA-AKI in the postoperative period. This review presents the following work, which is a milestone for the predictive diagnosis of AKI in cardiac surgery: model Association of Nephrology and the Association of Anaesthesiologists and Reanimatologists of Russia, the scale EuroSCORE II, the STS Score, Score Mehta, 'risk index perioperative renal dysfunction/failure', S. Aronson et al., scale S.Y. Ng et al., model K. Birnie et al.

The use of predictive models for the predictive diagnosis of CSA-AKI is an important strategy for identifying high-risk patients. This approach allows active application of preventive strategies regarding AKI in routine clinical practice. It also has distinct advantages regarding conducting cohort clinical studies of new renoprotective technologies. To date, there is no 'gold standard' scale for predicting the risk of cardiac AKI. The authors propose consideration of their application as a weighted 'Solomon' solution, according to a specific clinical situation.

Keywords: acute kidney injury; predictive diagnosis; risk scale

Received 10 July 2020. Revised 9 September 2020. Accepted 10 September 2020.

Funding: The study did not have sponsorship.

Conflict of interest: Authors declare no conflict of interest.

Author contributions

Conception and design: N.O. Kamenshchikov, Yu.K. Podoksenov, M.L. Diakova

Drafting the article: N.O. Kamenshchikov, M.L. Diakova, A.M. Boyko

Critical revision of the article: M.L. Diakova, Yu.K. Podoksenov

Final approval of the version to be published: N.O. Kamenshchikov, Yu.K. Podoksenov, M.L. Diakova, A.M. Boyko, B.N. Kozlov

ORCID ID

N.O. Kamenshchikov, <https://orcid.org/0000-0003-4289-4439>

Yu.K. Podoksenov, <https://orcid.org/0000-0002-8939-2340>

M.L. Diakova, <https://orcid.org/0000-0001-9353-7234>

A.M. Boyko, <https://orcid.org/0000-0002-2408-8874>

B.N. Kozlov, <https://orcid.org/0000-0002-0217-7737>

Copyright: © 2021 Kamenshchikov et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

How to cite: Kamenshchikov N.O., Podoksenov Y.K., Diakova M.L., Boyko A.M., Kozlov B.N. Acute kidney injury in cardiac surgery: preoperative predictive diagnostics. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2021;25(1):52-63. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2021-1-40-51>