

## ПРЕДИКТОРЫ РАЗВИТИЯ ОСТРОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЧЕК ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

Д. И. Крачак

Республиканский научно-практический центр «Кардиология», Минск, Беларусь



*Цель.* Выявить частоту развития острого повреждения почек в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов, оперированных в условиях искусственного кровообращения, а также определить возможные предикторы риска его возникновения.

*Материал и методы.* Выполнен анализ 103 историй болезни пациентов, у 39 из которых развилось острое повреждение почек 1-3 стадии по AKIN. Клинические и клинико-лабораторные данные собирались и анализировались на дооперационном и интраоперационном этапах.

*Результаты.* У 37,9% пациентов развились признаки острого повреждения почек. Данная группа пациентов имела тенденцию к более старшему возрасту, а также исходно характеризовалась статистически значимо более высокими уровнями креатинина, цистатина С и сниженными уровнями общего белка сыворотки крови и гемоглобина. Анализ возможных предикторов развития острого повреждения почек выявил, что на дооперационном этапе уровень цистатина С имеет наивысшую ассоциацию с развитием повреждения почек в раннем послеоперационном периоде (ОШ 15,828, 95% ДИ 1,66-150,54,  $p=0,016$ ) и превосходит традиционный маркер: сывороточный креатинин. Среди интраоперационных факторов наибольшую ассоциацию с повреждением почек показали следующие из них: длительность искусственного кровообращения (ОШ 1,015, 95% ДИ 1,006-1,023,  $p=0,001$ ) и выраженность интраоперационного гемолиза (ОШ 1,017, 95% ДИ 1,004-1,030,  $p=0,008$ ).

*Выводы.* Установлено, что риск острого повреждения почек у пациентов с предрасполагающей почечной недостаточностью в два раза выше, чем у пациентов с сохранной функцией почек, а наиболее существенные интраоперационные модифицируемые факторы, влияющие на послеоперационное почечное повреждение, – длительность искусственного кровообращения и уровень интраоперационного гемолиза.

**Ключевые слова:** острое повреждение почек, кардиохирургическая операция, искусственное кровообращение, мочевого липокалин-2, НГАЛ.

*Для цитирования:* Крачак, Д. И. Предикторы развития острого повреждения почек после выполнения кардиохирургических операций в условиях искусственного кровообращения / Д. И. Крачак // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2021. Т. 19, № 2. С. 153-158. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2021-19-2-153-158>.

### Введение

Острое повреждение почек (ОПП) после кардиохирургических операций – это быстроразвивающееся ухудшение их функции, что проявляется в значительном снижении скорости клубочковой фильтрации (СКФ). Частота развития данного патологического состояния в кардиохирургических стационарах варьирует и ассоциируется с увеличением сроков лечения, а также с повышенной летальностью [1]. Ранее проведенное исследование установило, что даже незначительное повышение уровня сывороточного креатинина (более 44,2 мкмоль/л от исходного уровня) – независимый предиктор летальности [2]. При средней летальности после кардиохирургических операций в 2-5% группа пациентов с ОПП может демонстрировать рост летальности в 4 раза [3]. Особо часто ОПП встречается у пациентов с осложненным послеоперационным течением, например с сепсисом [4].

*Цель* данной работы – выявить частоту развития острого повреждения почек в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов, оперированных в условиях искусственного кровообращения, а также определить возможные предикторы риска его возникновения.

### Материал и методы

Исследование выполнено по результатам анализа 103 историй болезни пациентов, прооперированных в государственном учреждении «РНПЦ Кардиология» (Минск, Республика Беларусь). Критерий включения – проведение кардиохирургических операций разных типов в условиях искусственного кровообращения, включая аортокоронарное шунтирование (АКШ), протезирование восходящего отдела аорты, трансплантацию сердца, протезирование или пластику клапанов сердца (табл. 1).

Критерии исключения: возраст младше 18 лет; терминальная форма хронической болезни почек (ХБП), потребовавшая программного гемодиализа; наличие онкологической патологии и ее симультанное хирургическое лечение; разные формы инфекционного эндокардита; острый инфаркт миокарда на дооперационном этапе; расщепляющаяся аневризма нисходящего отдела аорты.

Первичная конечная точка исследования – частота развития ОПП в раннем послеоперационном периоде. ОПП классифицировалось по критериям AKIN [5]. Пациенты группировались по стадиям ОПП на основании определения наибольшего значения сывороточного креатинина и

**Таблица 1.** – Типы выполненных кардиохирургических операций**Table 1.** – Types of cardiac surgery interventions

Тип операции	Количество пациентов, n (%)
АКШ	34 (33,0)
АКШ+ <sup>1)</sup>	19 (18,5)
Коррекция клапанов сердца <sup>2)</sup>	19 (18,5)
Операция на восходящем отделе аорты	4 (3,9)
Реоперации	1 (0,9)
Ортопическая трансплантация сердца	26 (25,2)

Примечания: 1 – <sup>1)</sup> операция АКШ в сочетании с пластикой/протезированием клапанов сердца и/или с коррекцией аневризмы левого желудочка сердца; 2 – <sup>2)</sup> пластика и/или протезирование клапанов сердца

наименьшего уровня диуреза в течение 48 часов после выполнения операции.

У всех исследованных пациентов искусственное кровообращение (ИК) и защита миокарда проводились с использованием нормотермической перфузии организма и комплексного метода защиты миокарда на основе холодной кровяной гиперкалиевой кардиоплегии и тепловой реперфузии. Для выполнения ИК применялись одноразовые физиологические контуры искусственного кровообращения и кардиопротекции, внутренние поверхности которых для снижения активации и адгезии тромбоцитов, а также уменьшения денатурации белков плазмы крови имели биопассивные покрытия. На протяжении нормотермического (35-37°C) искусственного кровообращения поддерживалась объемная скорость перфузии 2,2-2,5 л/мин/м<sup>2</sup>, среднее артериальное давление 50-70 мм рт. ст., показатели газового состава артериальной крови пациента: рaO<sub>2</sub> 150-200 мм рт. ст., рaCO<sub>2</sub> 35-40 мм рт. ст., а также сатурация гемоглобина венозной крови более 60%. Все операции выполнялись в условиях общей комбинированной анестезии с интубацией трахеи и искусственной вентиляцией лёгких.

Статистический анализ исследуемых данных выполнялся пакетами программного обеспечения «SPSS Statistics v.23» (США) и «MedCalc v.15.8» (MedCalc Software bvba, Бельгия). Данные представлены при их нормальном распределении как среднее значение ± стандартное отклонение (M±SD), а в случае наличия ненормального распределения как медиана и 25-75 квартили: Me (LQ-UQ). Уровень статистической значимости применяемых тестов определялся по значению p<0,05 при парном сравнении.

### Результаты и обсуждение

По результатам выполненного анализа установлено, что у 39 (37,9%) пациентов развилось ОПП (по АКIN). Данные пациенты составили группу ОПП, остальные отнесены к группе К (контрольная), таблица 2.

**Таблица 2.** – ОПП в раннем послеоперационном периоде после кардиохирургической операции**Table 2.** – Acute kidney injury in early postoperative period after cardiac surgery

ОПП	Количество пациентов, n (%)
ОПП отсутствовало	64 (62,1)
ОПП	39 (37,9)
в том числе:	
1 стадия	32 (31,1)
2 стадия	4 (3,9)
3 стадия	3 (2,9)

Клинические и демографические данные групп представлены в таблице 3. Исследуемые группы пациентов значимо не различались между собой по полу, сопутствующим заболеваниям, хотя можно отметить тенденцию к более старшему возрасту и к большей частоте хронической болезни почек (ХБП) в группе ОПП (p>0,05).

**Таблица 3.** – Клинические и демографические данные групп пациентов**Table 3.** – Clinical and demographic data of patients

Показатель	Группа К (n=64)	Группа ОПП (n=39)	Значимость различий <sup>1)</sup>
Возраст, лет	55,96±11,78	59,84±11,93	p=0,059
Пол, м/ж	53/11	32/7	p=0,866 <sup>2)</sup>
Площадь тела, м <sup>2</sup>	1,95 (1,84-2,08)	2,01 (1,87-2,13)	p=0,166
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	27,68 (24,65-31,14)	29,05 (27,11-32,71)	p=0,171
Сахарный диабет, да/нет	10/54	11/28	p=0,199 <sup>2)</sup>
ХБП, да/нет	15/49	17/22	p=0,055 <sup>2)</sup>

Примечания – 1 – <sup>1)</sup> критерий Манна-Уитни для независимых выборок; 2 – <sup>2)</sup> критерий Хи-квадрат Пирсона

По исходным биохимическим показателям можно отметить, что у пациентов в группе ОПП отмечались более высокие уровни сывороточного креатинина, цистатина С и сниженные уровни рСКФ (табл. 4). Кроме того, данная группа характеризуется более низким уровнем общего белка сыворотки крови.

Исследование исходного общего анализа крови выявило статистически значимо более низкие значения эритроцитов и гемоглобина в группе ОПП (p=0,011 и p=0,005, соответственно), таблица 5.

Для обеих исследуемых групп выполнено определение уровня маркера повреждения почек – мочевого нейтрофильного липокаина (мНГАЛ): для групп ОПП и К его уровень составил 9,4 (6,0-26,0) и 8,25 (5,38-14,95) нг/л, соответственно (рис.), что согласуется с нормальными значениями (до 79,0-131,7 нг/мл), ранее опубликованными другими авторами и производителями коммерческих комплектов для диагностики мНГАЛ [6, 7].

**Таблица 4.** – Исходные биохимические показатели крови групп пациентов**Table 4.** – Initial biochemical parameters of patients

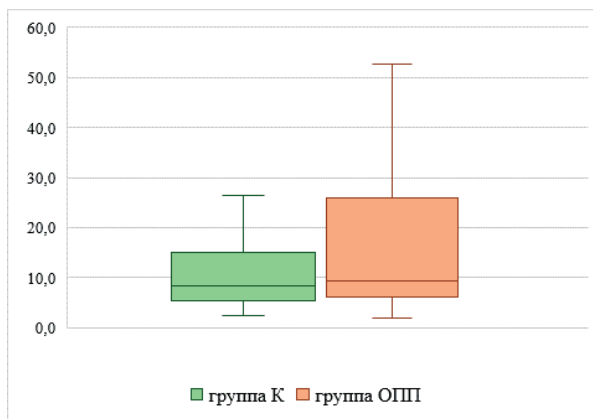
Показатель	Группа К	Группа ОПП	Значимость различий <sup>1)</sup>
АСТ, ед/л	22,6 (17,8-31,53)	25,6 (17,5-33,2)	p=0,470
АЛТ, ед/л	22,0 (16,55-34,65)	26,55 (19,03-37,4)	p=0,228
Мочевина, ммоль/л	5,85 (4,98-7,58)	6,8 (5,5-8,78)	<b>p=0,044</b>
Креатинин, мкмоль/л	86,7 (74,4-98,45)	97,4 (81,0-116,4)	p=0,003
С реактивный белок, мг/л	2,87 (1,8-7,79)	3,8 (1,25-5,95)	p=0,783
Общий билирубин, мкмоль/л	13 (9,95-18,5)	13,15 (9,88-19,38)	p=0,979
Общий белок, г/л	66,4 (62,85-69,6)	62,5 (50,93-65,53)	<b>p=0,001</b>
Миоглобин, мкг/л	87,05 (64,28-135,53)	102,3 (64,33-145,55)	p=0,510
Цистатин С, мг/л	0,77 (0,69-0,86)	1,06 (0,82-1,36)	<b>p=0,001</b>
pСКФ-EP1, мл/мин/1,73м <sup>2</sup>	80,03 (67,21-93,81)	69,79 (56,37-84,81)	<b>p=0,004</b>
pСКФ-Cys, мл/мин	106,03 (92,26-121,57)	69,24 (49,66-98,58)	<b>p=0,001</b>

Примечание – <sup>1)</sup> критерий Манна-Уитни для независимых выборок

**Таблица 5.** – Исходные клеточные показатели крови групп пациентов**Table 5.** – Initial hematological parameters of patients

Показатель	Группа К	Группа ОПП	Значимость различий <sup>1)</sup>
Эритроциты, *10 <sup>12</sup> /л	4,79 (4,26-5,02)	4,35 (4,0-4,84)	<b>p=0,011</b>
Лейкоциты, *10 <sup>9</sup> /л	6,6 (5,35-8,1)	6,5 (5,4-7,75)	p=0,800
Гемоглобин, г/л	145,0 (129,5-152,0)	127,0 (118,5-140,0)	<b>p=0,005</b>

Примечание – <sup>1)</sup> критерий Манна-Уитни для независимых выборок

**Рисунок.** – Исходные уровни мНГАЛ исследуемых групп пациентов, нг/л (p=0,267)**Figure.** – Initial uNGAL's level, ng/l (p=0,267)

Не установлено значимых различий между группами в типах выполненных кардиохирургических вмешательств (табл. 6), хотя можно отметить тенденцию к большей частоте реопераций и операций на грудном отделе аорты в группе ОПП (p>0,05).

Проведенный анализ ассоциации ОПП с типом выполненной кардиохирургической операции не выявил наличия существенной взаимосвязи (табл. 7).

В группе ОПП выявлено статистически значимо более длительное время операции, искусственного кровообращения и интраоперационной ишемии миокарда (ИМ), таблица 8.

С использованием логистической регрессии для определения возможных предикторов развития ОПП был выполнен анализ ее связей с дооперационными и интраоперационными факторами (табл. 9).

Среди дооперационных факторов наибольшие ассоциации с развитием ОПП продемонстрировали показатели функции почек, особенно исходный уровень цистатина С, а также наличие ХБП в анамнезе. Следует также отметить наличие связи развития послеоперационного ОПП с низкими исходными уровнями общего белка сыворотки крови и гемоглобина.

Анализ интраоперационных факторов выявил ассоциацию ОПП с такими факторами операции, как длительность искусственного кровообращения и ишемии миокарда, выраженность интраоперационного гемолитиза, а также уровень мНГАЛ к концу операции (таблица 10).

В ходе исследования выявлено, что частота развития ОПП при кардиохирургических операциях в условиях искусственного кровообращения, выполняемых

**Таблица 6.** – Типы выполненных кардиохирургических операций по группам сравнения**Table 6.** – Types of cardiac surgery interventions for Control and AKI groups

Тип операции	Группа К, n (%)	Группа ОПП, n (%)	Значимость различий <sup>3)</sup>
АКШ	25 (39,1)	9 (23,1)	p=0,069
АКШ+ <sup>1)</sup>	11 (17,2)	8 (20,5)	
Коррекция клапанов сердца <sup>2)</sup>	12 (18,8)	7 (17,9)	
Операция на восходящем отделе аорты	0 (0)	4 (10,3)	
Реоперации	0 (0)	1 (2,6)	
Ортопическая трансплантация сердца	16 (25,0)	10 (25,6)	

Примечания – 1 – <sup>1)</sup> операция АКШ в сочетании с пластикой/протезированием клапанов сердца и/или с коррекцией аневризмы левого желудочка сердца; 2 – <sup>2)</sup> пластика и/или протезирование клапанов сердца; 3 – <sup>3)</sup> критерий Хи-квадрат Пирсона

**Таблица 7.** – Результаты анализа ассоциации типа проведенной кардиохирургической операции с послеоперационным ОПП  
**Table 7.** – The results of analysis of association of the type of performed cardiac surgery with postoperative acute kidney injury

Фактор, тип операции	$\beta$	константа	Вальд	p	ОШ (95% ДИ)
АКШ (референтный)	--	-0,769	0,737	0,692	1,000
Клапанная коррекция (1)	0,230	-0,769	0,175	0,676	1,259 (0,428-3,704)
АКШ+ (2)	0,451	-0,769	0,693	0,405	1,569 (0,543-4,533)

**Таблица 8.** – Длительность операции и искусственного кровообращения

**Table 8.** – Duration of surgery and bypass

Показатель	Группа К	Группа ОПП	Значимость различий <sup>1)</sup>
Длительность операции, минут	330,0 (300,0-365,0)	380,0 (331,25-447,5)	p=0,006
Длительность ИК, минут	121,5 (84,75-161,25)	164,0 (130,0-200,0)	p=0,001
Длительность ИМ, минут	79,0 (59,5-99,25)	93,0 (78,0-131,0)	p=0,010

Примечание – <sup>1)</sup> критерий Манна-Уитни для независимых выборок

**Таблица 9.** – Результаты анализа однофакторной логистической регрессии дооперационных факторов, ассоциирующихся с послеоперационным ОПП

**Table 9.** – Logistic regression of preoperative risk factors associated with acute kidney injury

Фактор	$\beta$	константа	Вальд	p	ОШ (95% ДИ)
Пол, ж	0,053	-0,505	0,010	0,921	1,054 (0,371-2,995)
Возраст, лет	0,030	-2,236	2,500	0,114	1,003 (0,993-1,069)
Площадь тела, м <sup>2</sup>	1,507	-3,477	2,065	0,151	4,511 (0,578-35,206)
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	0,065	-2,368	1,997	0,158	1,068 (0,975-1,169)
ИБС, да	-0,067	-0,452	0,025	0,875	0,935 (0,407-2,152)
АГ, да	0,613	-0,916	1,624	0,203	1,845 (0,719-4,734)
ХБП, да	0,884	-0,759	4,068	<b>0,044</b>	<b>2,421 (1,025-5,718)</b>
Сахарный диабет, да	0,733	-0,638	2,191	0,139	2,082 (0,788-5,499)
Лейкоциты, *10 <sup>9</sup> /л	0,027	-0,688	0,11	0,740	1,027 (0,877-1,202)
Гемоглобин, г/л	-0,031	3,677	6,502	<b>0,011</b>	<b>0,969 (0,947-0,993)</b>
Мочевина, ммоль/л	0,142	-1,448	3,807	0,051	1,153 (0,999-1,329)
Креатинин, мкмоль/л	0,033	-3,525	9,012	<b>0,003</b>	<b>1,033 (1,011-1,056)</b>
С-реактивный белок, мг/л	0,005	-0,475	0,177	0,674	1,005 (0,981-1,03)
Общий белок, г/л	-0,101	5,929	11,465	<b>0,001</b>	<b>0,904 (0,852-0,958)</b>
мНГАЛ, нг/мл	0,013	-0,514	1,636	0,201	1,013 (0,993-1,032)
Цистатин С, мг/л	2,762	-2,956	5,775	<b>0,016</b>	<b>15,828 (1,66-150,54)</b>
pСКФ-ЕРІ, мл/мин/1,73м <sup>2</sup>	-0,029	1,796	7,16	<b>0,007</b>	<b>0,971 (0,950-0,992)</b>
pСКФ-Cys, мл/мин	-0,023	1,743	5,747	<b>0,017</b>	<b>0,977 (0,958-0,996)</b>

в ГУ РНПЦ «Кардиология», составляет 37,9%, что соответствует данным, представленным другими авторами: от 15,7-16,7% [8, 9] до 43,7% [10]. Такой относительно большой разброс данных может объясняться разнообразием подходов к стратификации ОПП, разной исходной тяжестью пациентов, многообразием типов проведенных операций.

Выполненный регрессионный анализ продемонстрировал, что пациенты с предсуществующим

нарушением функции почек имеют повышенный риск развития ОПП в раннем периоде после кардиохирургической операции. Особо высокую степень ассоциации с ОПП продемонстрировал дооперационный уровень цистатина С (ОШ 15,828, 95% ДИ 1,66-150,54, p=0,016), причем сила связи была намного существеннее, чем для традиционного маркера почечной недостаточности – креатинина (ОШ 1,033, 95% ДИ 1,011-1,056, p=0,003).

В данном исследовании выявлена ассоциация развития ОПП с такими параметрами операции, как длительность искусственного кровообращения (ОШ 1,015, 95% ДИ 1,006-1,023, p=0,001) и выраженность интраоперационного гемолиза (ОШ 1,017, 95% ДИ 1,004-1,030, p=0,008).

В то же время нами не установлена статистически значимая связь ОПП с типом выполненной кардиохирургической операции, как это было установлено, например, в исследовании Ramos и др. [10]. Но можно отметить тенденцию к увеличению частоты ОПП при протезировании/пластике клапанов сердца и при операциях АКШ в сочетании с коррекцией клапанов сердца. Данное наблюдение, возможно, связано с тем, что отсутствовали статистически значимые различия между типами операций по таким существенным для развития ОПП параметрам, как длительность искусственного кровообращения и уровень интраоперационного гемолиза (p>0,05).

Среди исследованных клинико-лабораторных предикторов ОПП следует отметить мНГАЛ, уровень которого до операции между группами статистически значимо не различался (p=0,267), но уже к концу операции продемонстрировал значимую связь с развитием острого повреждения почек (ОШ 1,001, 95% ДИ 1,001-1,003, p=0,037). Данное наблюдение говорит о связи ОПП с интраоперационными повреждающими факторами, например с такими как интраоперационный гемолиз.

### Выводы

Выявленная частота развития ОПП после кардиохирургических операций в условиях искусственного кровообращения остается достаточно высокой (более 37%), несмотря на исполь-

**Таблица 10.** – Результаты анализа однофакторной логистической регрессии интраоперационных факторов, ассоциирующихся с послеоперационным ОПП

**Table 10.** – Logistic regression of intraoperative risk factors associated with acute kidney injury

Фактор	$\beta$	константа	Вальд	р	ОШ (95% ДИ)
Время операции, минут	0,005	-2,332	5,085	<b>0,024</b>	<b>1,005 (1,001-1,010)</b>
Время ИК, минут	0,014	-2,552	10,404	<b>0,001</b>	<b>1,015 (1,006-1,023)</b>
Время ИМ, минут	0,016	-1,931	7,204	<b>0,007</b>	<b>1,016 (1,004-1,028)</b>
Гемолиз, мг%	0,017	-1,580	6,940	<b>0,008</b>	<b>1,017 (1,004-1,030)</b>
Лактат, ммоль/л	0,177	-0,466	1,344	0,246	1,193 (0,885-1,610)
С-реактивный белок, мг/л	0,010	-0,057	0,541	0,462	1,010 (0,983-1,038)
Общий белок, г/л	-0,133	6,301	3,63	0,057	0,876 (0,764-1,004)
Миоглобин, мкг/л	0,001	-0,687	2,818	0,093	1,001 (1,001-1,002)
мНГАЛ, нг/л	0,001	-0,514	4,366	<b>0,037</b>	<b>1,001 (1,001-1,003)</b>
Цистатин С, мг/л	0,360	-0,274	0,174	0,676	1,433 (0,265-7,761)

зование современных методик, расходных материалов и аппаратов ИК.

У пациентов с предсуществующей почечной недостаточностью риск развития ОПП в раннем послеоперационном периоде в два раза выше, чем у пациентов с сохранной функцией почек.

Наиболее существенные интраоперационные факторы, влияющие на послеоперационное ОПП, – длительность искусственного кровообращения, а также уровень гемолиза. Так как

отмеченные факторы являются модифицируемыми, то эффективной стратегией по снижению частоты развития ОПП могут быть сокращение длительности искусственного кровообращения, связанной с выполнением основного этапа операции, и применение технологии по снижению интраоперационной травмы крови.

*Автор выражает особую благодарность за ценные советы при подготовке и проведении исследования научному руководителю доктору медицинских наук Л. Г. Шестаковой (зав. отделением экстракорпорального кровообращения), а также благодарность за оказанную помощь сотрудникам лаборатории хирургии сердца (зав. лабораторией профессор, д-р мед. наук, академик НАН Беларуси Ю. П. Островский), клинко-диагностической лаборатории (зав. лабораторией канд. мед. наук М. Г. Колядко) и отделения анестезиологии и реанимации № 2 (зав. отделением А. В. Валентюкевич) ГУ «РНПЦ Кардиология».*

### Литература

1. The Epidemiology of Cardiac Surgery-Associated Acute Kidney Injury / E. A. Hoste [et al.] // *Int J Artif Organs*. – 2018. – Vol. 31, № 2. – P. 158-165. – doi:10.1177/039139880803100209.
2. Acute kidney injury, mortality, length of stay, and costs in hospitalized patients / G. M. Chertow [et al.] // *J Am Soc Nephrol*. – 2005. – Vol. 16, № 11. – P. 3365-3370. – doi: 10.1681/asn.2004090740.
3. Acute Kidney Injury after Cardiac Surgery / K. Karkouti [et al.] // *Circulation*. – 2009. – Vol. 119, № 4. – P. 495-502. – doi: 10.1161/circulationaha.108.786913.
4. Acute renal failure in critically ill patients: a multinational, multicenter study / S. Uchino [et al.] // *JAMA*. – 2005. – Vol. 294, № 7. – P. 813-818. – doi: 10.1001/jama.294.7.813.
5. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury / Acute Kidney Injury Work Group // *Kidney International Supplements*. – 2012. – Vol. 2, № 1. – P. 19. – doi: 10.1038/kisup.2012.4.
6. ARCHITECT Urine NGAL [Electronic resource] / Abbott Laboratories. – Mode of access: <https://tinyurl.com/y3fsubwh>. – Date of access: 14.09.2020.
7. Optimal cut points of plasma and urine neutrophil gelatinase-associated lipocalin for the prediction of acute kidney injury among critically ill adults: retrospective determination and clinical validation of a prospective multicenter study / K. M. Teesson [et al.] // *BMJ Open*. – 2017. – Vol. 7, № 7. – Art. e016028. – doi: 10.1136/bmjopen-2017-016028.
8. Acute Renal Failure after Coronary Surgery - A Study of Incidence and Risk Factors in 2009 Consecutive Patients / L.-G. Andersson [et al.] // *Thorac Cardiovasc Surg*. – 1993. – Vol. 41, № 4. – P. 237-241. – doi: 10.1055/s-2007-1013861.

9. Perioperative risk factors for acute kidney injury after off-pump coronary artery bypass grafting: a retrospective study / Y. Kumada [et al.] // *JA Clinical Reports*. – 2017. – Vol. 3, № 1. – P. 55. – doi: 10.1186/s40981-017-0125-2.
10. Ramos, K. A. Acute Kidney Injury after Cardiac Surgery in Patients without Chronic Kidney Disease / K. A. Ramos, C. B. Dias // *Braz J Cardiovasc Surg*. – 2018. – Vol. 33, № 5. – P. 454-461. – doi: 10.21470/1678-9741-2018-0084.

### References

1. Hoste EA, Cruz DN, Davenport A, Mehta RL, Piccinni P, Tetta C, Viscovo G, Ronco C. The epidemiology of cardiac surgery-associated acute kidney injury. *Int J Artif Organs*. 2008;31(2):158-165. doi: 10.1177/039139880803100209.
2. Chertow GM, Burdick E, Honour M, Bonventre JV, Bates DW. Acute kidney injury, mortality, length of stay, and costs in hospitalized patients. *J Am Soc Nephrol*. 2005;16(11):3365-3370. doi: 10.1681/asn.2004090740.
3. Karkouti K, Wijeyesundera DN, Yau TM, Callum JL, Cheng DC, Crowther M, Dupuis JY, Fremes SE, Kent B, Laflamme C, Lamy A, Legare JF, Mazer CD, McCluskey SA, Rubens FD, Sawchuk C, Beattie WS. Acute kidney injury after cardiac surgery: focus on modifiable risk factors. *Circulation*. 2009;119(4):495-502. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.786913.
4. Uchino S, Kellum JA, Bellomo R, Doig GS, Morimatsu H, Morgera S, Schetz M, Tan I, Bouman C, Macedo E, Gibney N, Tolwani A, Ronco C. Acute renal failure in critically ill patients: a multinational, multicenter study. *JAMA*. 2005;294(7):813-818. doi: 10.1001/jama.294.7.813.
5. Acute Kidney Injury Work Group. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney International Supplements*. 2012;2(1):19. doi: 10.1038/kisup.2012.4.

6. Abbott Laboratories. ARCHITECT Urine NGAL [Internet]. Available from: <https://tinyurl.com/y3fsubwh>.
7. Tecson KM, Erhardtsen E, Eriksen PM, Gaber AO, Germain M, Golestaneh L, Laviora MLA, Moore LW, McCullough PA. Optimal cut points of plasma and urine neutrophil gelatinase-associated lipocalin for the prediction of acute kidney injury among critically ill adults: retrospective determination and clinical validation of a prospective multicentre study. *BMJ Open*. 2017;7(7):e016028. doi: 10.1136/bmjopen-2017-016028.
8. Andersson L-G, Ekroth R, Bratteby L-E, Hallhagen S, Wesslen O. Acute Renal Failure after Coronary Surgery - A Study of Incidence and Risk Factors in 2009 Consecutive Patients. *Thorac Cardiovasc Surg*. 1993;41(4):237-241. doi: 10.1055/s-2007-1013861.
9. 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 Clinical Reports*. 2017;3(1):55. doi: 10.1186/s40981-017-0125-2.
10. Ramos KA, Dias CB. Acute Kidney Injury after Cardiac Surgery in Patients without Chronic Kidney Disease. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2018;33(5):454-461. doi: 10.21470/1678-9741-2018-0084.

## PREDICTORS OF ACUTE KIDNEY INJURY DEVELOPMENT AFTER CARDIAC SURGERY UNDER CARDIOPULMONARY BYPASS

**D. I. Krachak**

*Republican Scientific and Practical Center «Cardiology», Minsk, Belarus*

*Purpose: To identify the incidence of acute kidney injury in the early postoperative period in cardiac surgery patients operated under cardiopulmonary bypass, and to determine possible risk predictors of its development.*

*Material and methods: Analysis of 103 case histories of patients was performed; 39 of these patients developed acute kidney injury of stages 1-3. Clinical and clinical laboratory data were collected and analyzed at the preoperative and intraoperative stages.*

*Results: A total of 37.9% of patients developed signs of acute kidney injury. This group of patients tended to be older, and was initially characterized by statistically significantly higher levels of creatinine and cystatin C and reduced levels of total serum protein and hemoglobin. Analysis of the possible predictors of acute kidney injury revealed that at the preoperative stage, the level of cystatin C had the highest association with the development of kidney damage in the early postoperative period (OR 15.828, 95% CI 1.66-150.54,  $p=0.016$ ) and exceeded the traditional marker – serum creatinine. Among intraoperative factors, the duration of cardiopulmonary bypass (OR 1.015, 95% CI 1.006-1.023,  $p=0.001$ ) and severity of intraoperative hemolysis (OR 1.017, 95% CI 1.004-1.030,  $p=0.008$ ) demonstrated the greatest association with kidney damage.*

*Conclusion: It has been found that the risk of acute kidney injury in patients with preexisting renal failure is two times higher than in patients with intact renal function. The most significant intraoperative modifiable factors affecting postoperative renal injury are the duration of cardiopulmonary bypass and the level of hemolysis.*

**Keywords:** acute kidney injury, cardiac surgery, cardiopulmonary bypass, urinary lipocalin-2, NGAL.

**For citation:** Krachak DI. Predictors of acute kidney injury development after cardiac surgery under cardiopulmonary bypass. *Journal of the Grodno State Medical University*. 2021;19(2):153-158. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2021-19-2-153-158>.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Финансирование.** Научно-исследовательская работа «Разработать и внедрить технологию дифференцированного лечения острой почечной недостаточности в раннем послеоперационном периоде на основе использования маркеров повреждения почек у пациентов после трансплантации сердца и выполнения реконструктивных операций на сердце» (№ ГР 20115318) в рамках государственной научно-технической программы «Новые технологии диагностики и лечения», подпрограмма «Трансплантология и регенеративная медицина».

**Financing.** Research work "To develop and implement a technology for differentiated treatment of acute renal failure in the early postoperative period based on the use of markers of kidney damage in patients after heart transplantation and performing reconstructive heart surgery" (State Registration No. 20115318) within the framework of the State Scientific and Technical Program "New diagnostics and treatment technologies", subprogram "Transplantology and regenerative medicine".

**Соответствие принципам этики.** Исследование одобрено локальным этическим комитетом.  
**Conformity with the principles of ethics.** The study was approved by the local ethics committee.

**Об авторах / About the authors**

Крачак Дмитрий Иосифович / Krachak Dzmitry, e-mail: [perfus@tut.by](mailto:perfus@tut.by), ORCID: 0000-0001-6770-4449

Поступила / Received: 14.12.2020

Принята к публикации / Accepted for publication: 18.03.2021