

© Ф.У. Дзгоева, О.В. Ремизов, 2019

УДК 616.61-036.11-001-073.755.4

Для цитирования: Дзгоева Ф.У., Ремизов О.В. Постконтрастное острое повреждение почек. Обновленные рекомендации комитета по безопасности контрастных средств европейского общества урогенитальной радиологии (ESUR) 2018. Часть 1. Нефрология 2019; 23 (3): 10–20. DOI:10.24884/1561-6274-2019-23-3-10-20

For citation: Dzgoeva F.U., Remizov O.V. Post-Contrast acute kidney injury. Recommendations for updated of the European Society of Urogenital Radiology Contrast Medium Safety Committee guidelines (2018). Part 1. Nephrology (Saint-Petersburg) 2019; 23 (3): 10–20 (In Rus.). DOI:10.24884/1561-6274-2019-23-3-10-20

Ф.У. Дзгоева^{1}, О.В. Ремизов²*

ПОСТКОНТРАСТНОЕ ОСТРОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ ПОЧЕК. ОБНОВЛЕННЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ КОМИТЕТА ПО БЕЗОПАСНОСТИ КОНТРАСТНЫХ СРЕДСТВ ЕВРОПЕЙСКОГО ОБЩЕСТВА УРОГЕНИТАЛЬНОЙ РАДИОЛОГИИ (ESUR) 2018. ЧАСТЬ 1

¹Кафедра внутренних болезней № 5, Северо-Осетинская государственная медицинская академия, Россия; ²кафедра лучевой диагностики с лучевой терапией и онкологией, Северо-Осетинская государственная медицинская академия, г. Владикавказ, Республика Северная Осетия–Алания, Россия

F.U. Dzgoeva^{1}, O.V. Remizov²*

POST-CONTRAST ACUTE KIDNEY INJURY. RECOMMENDATIONS FOR UPDATED OF THE EUROPEAN SOCIETY OF UROGENITAL RADIOLOGY CONTRAST MEDIUM SAFETY COMMITTEE GUIDELINES (2018). PART 1

¹ Department of Internal Medicine №5 North Ossetian State Medical Academy, Russia, ²Department of Radiology with radiotherapy and oncology Ossetian State Medical Academy, Republic of North Ossetia-Alania Vladikavkaz, Russia

РЕФЕРАТ

Комитет по безопасности контрастных материалов (Contrast Media Safety Committee (CMSC) Европейского общества урогенитальной радиологии (European Society of Urogenital Radiology (ESUR) обновил свои руководящие принципы 2011 года по профилактике постконтрастного острого повреждения почек (ПК-ОПП). Рекомендации основаны на данных обзора литературы. Обновленные руководящие принципы будут представлены в двух частях. В части 1 обсуждаются уточнения терминологии (в частности, отличия ПК-ОПП и контраст индуцированной нефропатии), лучшие способы определения расчетной скорости клубочковой фильтрации (рСКФ). Уточнены факторы риска ПК-ОПП, в том числе при внутривенном и внутриартериальном путях введения контрастного средства. Ключевые положения обновленных рекомендаций: 1) ПК-ОПП является предпочтительным термином для характеристики ухудшения функции почек после введения контрастного средства; 2) ПК-ОПП имеет много причин развития; 3. риск развития ОПП при внутрисосудистом введении контрастного средства, завышен; 4. важными факторами риска для ПК-ОПП являются хроническая болезнь почек и обезвоживание.

Ключевые слова: контрастные средства, острое повреждение почек, скорость клубочковой фильтрации, факторы риска, практические рекомендации как тема

ABSTRACT

The Contrast Media Safety Committee (CMSC) of the European Society of Urogenital Radiology (European Society of Urogenital Radiology (ESUR)) updated its 2011 guidelines for the prevention of post-contrast acute kidney injury (PC-AKI). The recommendations are based on literature review data. The updated guidelines will be presented in two parts: Part 1 are discussed clarification of terminology (in particular differences between PC-AKI and contrast-induced nephropathy), the best ways to estimate glomerular filtration rate (eGFR). There were refined risk factors of PC-AKI, including by intravenous and intra-arterial routes of administration of the contrast agent. The key points of the updated recommendations are: 1. PC-AKI is the preferred term to characterize the impairment of renal function after the administration of a contrast agent; 2. PC-AKI has many causes for development; 3. Risk of development of AKI with intravascular injection of a contrast agent, overestimated; 4. Important risk factors for PC-AKI are chronic kidney disease and dehydration.

Keywords: contrast agents, acute kidney injury, glomerular filtration rate, risk factors, practical recommendations as a topic

*Дзгоева Ф.У. 362040, Россия, Республика Северная Осетия–Алания, г. Владикавказ, ул. Пушкинская, д. 40. Северо-Осетинская государственная медицинская академия, кафедра внутренних болезней №5. Тел.: 8(918) 822-83-45; E-mail: fdzgoeva@mail.ru. ORCID: 0000-0002-7314-9063

ВВЕДЕНИЕ

Комитет по безопасности контрастных материалов Европейского общества урогенитальной радиологии, объединяющий практически все ведущие центры клинических радиологических исследований Европы, обновил свои руководящие принципы 2011 года по профилактике контраст-индуцированного острого повреждения почек (КИ-ОПП) [1]. Рекомендации по использованию контрастных средств (КС) у пациентов на диализной терапии и использование КС у пациентов с сахарным диабетом с использованием метформина были опубликованы в 2002 и 2014 годах [2, 3]. В данном обзоре представлена информация о руководящих принципах Комитета по безопасности контрастных материалов (Contrast Media Safety Committee, CMSC), полученных с использованием анализа структурированной литературы на основе клинических вопросов и форматирования результатов лечения по схеме «пациент–вмешательство–компаратор–исход (Patient–Intervention–Comparator–Outcome, PICO)». Поскольку литература, связанная с рассматриваемыми проблемами, обширна, результаты обзора были разделены на две части. В обзоре рассматривалось только КИ-ОПП, развивавшееся после внутрисосудистого введения КС, синтезированных на основе йода.

В первой части рекомендаций рассматривались следующие вопросы, связанные с диагностикой и риском ПК-ОПП:

- 1) клинические особенности и частота ПК-ОПП;
- 2) выбор терминов для обозначения ухудшения функции почек после введения КС, степени ухудшения функции почек, используемых при диагностике ПК-ОПП, и определения особенностей внутривенного и внутриартериального введения КС;
- 3) надежность различных формул, используемых для определения рСКФ, и соответствующих сроков определения рСКФ до введения КС;
- 4) доказательства того, что КС может вызвать ОПП, уровень функции почек, при которой увеличивается риск развития ПК-ОПП, и данные недавних исследований, свидетельствующие о том, что риск развития ПК-ОПП может быть ниже после внутривенного, чем после внутриартериального введения КС;
- 5) значимость многих факторов риска развития ПК-ОПП, описанных в литературе.

Рекомендации касаются пунктов 2–5. В рекомендации была включена версия 10 руководящих принципов CMSC, касающихся рисков развития ПК-ОПП:

а) Уровни рСКФ, при которых существует риск развития ПК-ОПП:

1. Риск развития ПК-ОПП у пациентов с рСКФ ≥ 30 мл/мин/1,73 м² после внутривенного и внутриартериального введения КС со вторичным почечным воздействием (т.е. при введении КС в кровеносные сосуды, не находящиеся в непосредственной близости от почечных сосудов) очень низок, но имеются противоречивые данные об опасности внутриартериального введения КС с первичным почечным воздействием (т.е. при введении КС в кровеносные сосуды в непосредственной близости от почечных сосудов).

Уровень доказательности: В

2. Профилактические меры рекомендуются для пациентов с рСКФ <30 мл/мин/1,73 м² до внутривенного и внутриартериального введения КС с вторичным почечным воздействием.

Уровень доказательности: С

3. Профилактические меры рекомендуются пациентам с рСКФ <45 мл/мин/1,73 м², если они находятся в отделении интенсивной терапии или если им проводится внутриартериальное введение КС с первичным почечным воздействием.

Уровень доказательности: С

4. Рекомендации по профилактике ПК-ОПП у взрослых также могут быть использованы у детей и подростков.

Уровень доказательности: D

б) Факторы риска ПК-ОПП.

1. Основным фактором риска для ПК-ОПП является нарушение функции почек. Большинство других опубликованных факторов риска, связанных с пациентом, являются факторами риска, связанными с наличием хронического заболевания почек или ОПП, и не являются специфическими для ПК-ОПП.

Уровень доказательности: В

2. Разницы между риском развития ПК-ОПП при введении изоосмолярного КС (ИОКС) и низкоосмолярного КС (НОКС) не существует. Следует избегать использования ионных, высокоосмолярных КС (ВОКС) и повторных инъекций КС за короткий период времени (48–72 ч).

Уровень доказательности: С

3. При внутривенном введении КС не доказано, что доза КС является фактором риска. При внутриартериальном введении КС отношение дозы КС (в граммах йода) к абсолютному значению рСКФ (в мл/мин) должно поддерживаться ниже 1,1 или отношение объема КС (в мл) к рСКФ (в мл/мин/1,73 м²) следует поддерживать ниже 3,0 при использовании концентрации КС 350 мг/мл.

Уровень доказательности: С.

Клинические особенности и заболеваемость ПК-ОПП

Термин ПК-ОПП используется для описания снижения функции почек, которое следует за внутрисосудистым введением КС. Снижение функции почек обычно умеренное, достигает пика через 2–3 дня, и функция почек обычно возвращается к исходным значениям в течение 1–3 нед. Как и все формы ОПП, эпизод ПК-ОПП является маркером увеличения краткосрочной и долгосрочной заболеваемости, летальности и длительности пребывания в стационаре [4, 5].

Риск ПК-ОПП после внутривенного введения КС, вероятно, был завышен. Два метаанализа наблюдения 19 000 пациентов, получивших внутривенно КС, выявили частоту КИ-ОПП в 6,4 % (95 % ДИ 5,0–8,1) и 5,0 % (95 % ДИ 3,8–6,5) [5, 6]. У 1 % всех пациентов снижение функции почек сохранялось в течение 2 мес, но частота использованной заместительной почечной терапии (ЗПТ) была всего лишь 0,06 % [6].

Высказано предположение, что внутриартериальное введение КС при ангиографии с использованием катетера с или без чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) связано с более высокой частотой ПК-ОПП, чем внутривенное введение КС [7]. Однако существуют множество причин ОПП, помимо ангиографии, и ОПП может ошибочно относиться к КС [8]. Катетерные процедуры могут быть осложнены гемодинамической нестабильностью и эмболизацией холестерином или тромбозом почечных артерий, вызванными катетерными манипуляциями [9]. Любое из этих осложнений может привести к постинтервенционному ОПП, которое часто неверно истолковывается как ПК-ОПП [10]. Большой метаанализ сердечно-сосудистых исходов после коронароангиографии (КА) показал, что связь между ПК-ОПП и летальностью могла быть взаимосвязана с исходными клиническими признаками, которые предрасполагают как к повреждению почек, так и к летальности [11]. Риск развития ПК-ОПП, о котором сообщается в исследованиях, скорректированных на смешение признаков, был намного ниже, чем риск от нескорректированных исследований. В недавнем ретроспективном исследовании с использованием контрольной группы у более чем 2000 пациентов, перенесших ЧКВ, частота ОПП составила 2,3 %, из них 0,3 % потребовалась заместительная почечная терапия (ЗПТ) [12].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Данные руководящие принципы разработаны

с использованием документа «Оценка руководящих принципов для исследований и оценок» (AGREE) II [13]. Группа по созданию рекомендаций – рабочая группа (РГ) подготовила 10 клинических вопросов в формате PICO [14]. Методы систематического поиска использованы при работе на четырех различных базах биомедицинской литературы (PubMed, Web of Science, Embase и Cochrane Library). Язык ограничен английским и немецким. Там, где это необходимо, были проведены дополнительные систематические поиски по конкретным темам, таким как педиатрическое ПК-ОПП.

Названия и тезисы были отобраны для релевантности и по predetermined критериям включения и исключения. Акцент сделан на сравнительные исследования с сильными научными данными, такими как метаанализы и систематические обзоры, а также проспективные рандомизированные контролируемые исследования (РКИ). Кроме того, получены данные из сравнительных когортных, контрольных и не сравнительных исследований. Другими важными критериями качества стали численность изучаемого населения, продолжительность наблюдения и контроль за объективностью. Для поиска дополнительных данных использовалась перекрестная ссылка. Четыре систематических поиска позволили получить 3086 ссылок, из которых 705 выбраны из их названий и рефератов. Полные тексты этих 705 публикаций подверглись пересмотру и 105 отобраны для включения в данный документ. Качество доказательности оценено в соответствии с Оксфордским центром доказательной медицины (Oxford Center for Evidence Based Medicine, OCEBM) 2011 года. Критерии доказательности: класс А – установленные научные данные; класс В – научная презумпция; класс С – низкий уровень доказательности [15]. В тех случаях, когда не было научных доказательств, рекомендации были основаны на консенсусе рабочей группы и оценивались как экспертное заключение – класс D.

Также рассмотрены другие факторы, такие как наличие методов или опыта, организационные последствия, финансовые издержки и предпочтения пациентов. Дополнительно к исследованиям, проведенным группой CMSC ESUR, были использованы руководства и рекомендации по применению КС Американского центра радиологии (ACR), Королевского австралийского и новозеландского центра радиологии (RANZCR), Национального института здравоохранения и медицины (NICE), Королевского колледжа радиологов

(RCR) и Радиологическое общество Нидерландов (RSTN), где это было уместно.

Рекомендации, подготовленные рабочей группой, обсуждались на заседании CMSC в Копенгагене, Дания, в феврале 2017 года, и текст окончательных рекомендаций и руководящих принципов был впоследствии одобрен академическими членами CMSC. После опубликования в печати срок действия руководящих принципов CMSC будет установлен на уровне 6 лет. Тем не менее, члены CMSC постоянно следят за действенностью руководящих принципов и могут предлагать их пересмотр на более раннюю дату, если это будет сочтено необходимым.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследований были представлены в виде 10 вопросов и ответов, 4 из которых рассмотрены в 1-й части статьи.

ВОПРОС 1: Каковы предпочтительные термины и определения, которые будут использоваться при характеристике ПК-ОПП?

Терминология

До недавнего времени не существовало общепринятого термина для обозначения острой почечной недостаточности, которая представляет собой сложное расстройство со многими возможными причинами и факторами риска. Несколько нефрологических исследовательских групп, таких как «Инициатива по качеству острого диализа» – Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) [16] и «Болезнь почек: улучшение глобального результата» Kidney Disease: Improving Global Outcome (KDIGO) [17], работали над поиском подходящего термина. Группа экспертов по интенсивной

терапии и нефрологии (The Acute Kidney Injury Network (AKIN) предложила острое повреждение почек (ОПП) как предпочтительный термин для острой почечной недостаточности при всех формах ОПП [18]. CMSC рекомендует, чтобы термин ПК-ОПП заменили более старый термин нефропатии, вызванной КС – контрастиндуцированная нефропатия (КИН), и предлагает использовать термины, рекомендованные Комитетом по лекарствам и контрастирующим средам Американского колледжа радиологии – ACR (American College of Radiology) [19], при развитии ОПП, следующего за введением КС (табл. 1). CMSC заявляет, что ПК-ОПП является общим термином, который следует использовать при внезапном ухудшении функции почек в течение 48 ч после внутрисосудистого введения КС, синтезированных на основе йода. Также они описывают ПК-ОПП как соответствующий диагноз и рекомендуют зарезервировать термин контраст-индуцированное острое повреждение почек (КИ-ОПП) для случаев, когда между введенным КС и ухудшением функции почек возможно выявление причинной связи. Однако в клинической практике крайне сложно отличить КИ-ОПП от ПК-ОПП, и очень немногие из опубликованных исследований имеют подходящую контрольную группу, позволяющую разделить эти два условия. Таким образом, многие случаи ПК-ОПП, наблюдаемые в клинической практике или сообщаемые в клинических исследованиях, скорее всего, будут совпадать, но не будут следствием введения КС.

Определение функции почек при ПК-ОПП

Диагноз ПК-ОПП обычно основывается на суррогатных показателях абсолютного или относительного изменения уровня креатинина сыворотки (sCr), а не на состоянии пациентов, таком как почечная недостаточность, потребность в ЗПТ или летальность. В клинических рекомендациях KDIGO [20] приняты более старые критерии ОПП [14] и рекомендовано разделение ОПП на три стадии в зависимости от уровня sCr и/или диуреза (табл. 2).

CMSC определил контраст-индуцированную нефропатию (КИН) в своем первом, основанном на исследованиях, руководстве как «состояние, при котором ухудшение функции почек (увеличение sCr более чем на 25 % или 44 мкмоль/л, или 0,5 мг/дл) происходит в течение 3 дней после внутрисосудистого введения контрастного вещества в отсутствие альтернативной этиологии» [20]. Многочисленные исследования показали, что выявляемая частота ПК-ОПП во многом зависит от

Таблица 1 / Table 1

ПК-ОПП: терминология и определение PC-AKI: Terminology and definition

Предпочтительным термином для острого повреждения почек, связанного с введением КС, при отсутствии контрольной группы, является постконтрастное острое повреждение почек (ПК-ОПП). Термин контраст-индуцированное острое повреждение почек (КИ-ОПП) должен использоваться только тогда, когда сравнение с контрольной группой позволяет предположить, что КС является причиной ОПП.

Уровень доказательности D

ПК-ОПП и КИ-ОПП следует определять как увеличение sCr \geq 0,3 мг/дл или в 1,5–1,9 раза от исходного значения (определение KDIGO ОПП) в течение 48–72 ч после введения КС.

Уровень доказательности C

Примечание. КС – контрастное средство; ОПП – острое повреждение почек; ПК-ОПП – постконтрастное ОПП; КИ-ОПП – контрастиндуцированное ОПП.

Note: CM – contrast media AKI – acute kidney injury PC-AKI – post-contrast acute kidney injury, CI-AKI – contrast induced AKI.

используемого определения. Наиболее чувствительным показателем был относительный рост уровня $sCr > 25\%$, причем абсолютные значения были менее чувствительными. При коронарной ангиографии относительные определения имели большую прогностическую значимость [21]. Однако в других исследованиях относительное увеличение sCr было переоценено как показатель ПК-ОПП, а абсолютные значения считались предпочтительными [22]. Относительные значения, по-видимому, более чувствительны для пациентов с ХБП СЗВ стадии ($eGFR 30-44$ мл/мин/1,73 м²) и ХБП С2 стадии ($pCKF 60-89$ мл/мин/1,73 м²), а абсолютные значения, по-видимому, более чувствительны для пациентов с ХБП С3А стадии ($pCKF 45-59$ мл/мин/1,73 м²) [23]. Исследования в отделениях интенсивной терапии показали, что развитие ОПП коррелирует с летальностью [24].

Критерии KDIGO являются более строгими, чем определение КИН, и в настоящее время принимаются в качестве стандарта для исследований ПК-ОПП [25]. CMSC, как и рабочая группа European Best Renal Best Practice (ERBP), рекомендует, чтобы при определении ПК-ОПП (или КИ-ОПП) использовалось определение KDIGO для ОПП: увеличение $sCr \geq 0,3$ мг/дл или увеличение sCr в 1,5–1,9 раза по сравнению с исходным уровнем [26] (см. табл. 1). Рекомендации KDIGO заключаются в том, что изменение функции почек должно быть в течение 48 ч, но CMSC рекомендует сохранить период в 48–72 ч после введения КС как более практичный для диагностики ПС-ОПП в радиологической практике,

большинство пациентов в которой включает амбулаторных больных.

Внутривенное, прямое и непрямое внутриа- ртериальное введение КС: определение тер- минов

Термин «внутривенное введение КС» указывает на то, что КС достигает почечных артерий после разведения при циркуляции через правые отделы сердца и легочное кровообращение или системное капиллярное русло. То же самое верно для термина «внутриартериального введения КС со вторичным воздействием на почки», т.е. когда сосуды при введении КС расположены далеко от почечных артерий. Например, при введении КС через катетеры в правые отделы сердца и легочные артерии и через катетеры непосредственно в сонную, подключичную, плечевую, коронарную и брыжеечную артерии, также как в подвздошную и бедренную артерии. Термин «внутриартериальное введение КС с первичным воздействием на почки» означает, что КС достигает почечных артерий в относительно неразведенном виде, когда место введения КС расположено недалеко от почечных артерий. Это происходит при инъекциях с помощью катетеров в левые отделы сердца, грудную и брюшную аорту, а также выборочно в почечные артерии.

ВОПРОС 2: Каковы наилучшие формулы для оценки СКФ в европейских популяциях?

Общая скорость клубочковой фильтрации (СКФ) считается лучшим общим показателем функции почек, но не всегда может быть легко измерена в клинической практике, поэтому

Таблица 2 / Table 2

Стадия ОПП (KDIGO) и формулы СКД-EPI и Шварца для определения pCKF AKI Staging (KDIGO) and CKD-EPI and Schwartz Equations for calculating eGFR

(а) KDIGO, стадии ОПП		
Стадии	Креатинин сыворотки	Выделение мочи
1	$sCr \geq 0,3$ мг/дл ($\geq 26,5$ мкмоль/л) или повышение sCr в 1,5–1,9 раза от исходного	$< 0,5$ мл/кг/ч в течение 6–12 ч
2	повышение sCr в 2,0–2,9 раза от исходного	$< 0,5$ мл/кг/ч в течение ≥ 12 ч
3	$sCr \geq 4,0$ мг/дл (≥ 354 мкмоль/л) или повышение sCr в $> 3,0$ раза от исходного или необходимость ЗПТ	$< 0,3$ мл/кг/ч в течение ≥ 24 ч или анурия ≥ 12 ч

(б) уравнение СКД-EPI (sCr в мкмоль/л, возраст в годах).

$pCKF$ (мл/мин/1,73 м²) =

женщины $sCr \leq 62$ мкмоль/л: $144 \times (sCr/62) - 0,329 \times 0,993^{\text{возр}}$

женщины $sCr > 62$ мкмоль/л: $144 \times (sCr/62) - 1,209 \times 0,993^{\text{возр}}$

мужчины $sCr \leq 80$ мкмоль/л: $141 \times (sCr/80) - 0,411 \times 0,993^{\text{возр}}$

мужчины $sCr > 80$ мкмоль/л: $141 \times (sCr/80) - 1,209 \times 0,993^{\text{возр}}$

Все уравнения $\times 1,159$ для афроамериканской расы

(с) Пересмотренное уравнение Шварца (sCr в мкмоль/л, длина пациента в см)

$pCKF$, мл/мин/1,73 м² = $(36,5 \times \text{длина})/sCr$

Примечание. sCr – креатинин сыворотки, ЗПТ – заместительная почечная терапия, $pCKF$ – расчетная скорость клубочковой фильтрации, ОПП – острое повреждение почек.

Note: sCr – Serum creatinine, RRT – Renal replacement therapy, $eGFR$ – Estimated glomerular filtration rate, AKI – Acute kidney injury.

СКФ оценивается с использованием сывороточного креатинина (sCr) в качестве эндогенного маркера клубочковой фильтрации. В 1999 году для расчета СКФ было предложено уравнение Modification of Diet in Renal Disease (MDRD) [27]. Качество оценок СКФ во многом зависит от точности измерений sCr и должно основываться на анализах, стандартизированных на эталонные методы [28]. Поэтому уравнение MDRD было повторно представлено для использования с sCr, стандартизованным по результатам изотопной масс-спектропии (IDMS) [29]. В 2009 году было предложено уравнение СКД-ЕПИ. В исследовании Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration (CKD-EPI) было показано, что по точности оно превосходит формулу MDRD, особенно при более высоких значениях СКФ (см. табл. 2) [30]. Национальный Почечный Фонд США (National Kidney Foundation) рекомендовал заменить формулу MDRD уравнением СКД-ЕПИ для рутинного клинического применения [31]. CMSC также рекомендует уравнение СКД-ЕПИ для рутинного использования у взрослых (табл. 3). Все уравнения, основанные на измерении уровня креатинина крови, следует использовать с осторожностью у людей с аномально высокой или низкой мышечной массой. Следует также проявлять осторожность у пациентов с ОПП, так как стабилизация sCr занимает несколько суток и может не отражать истинную СКФ в конкретный период времени.

Существуют другие формулы для конкретных

подгрупп, такие как пересмотренное уравнение Ланда–Мальмё (LM) для шведского населения [32], уравнение Берлинской инициативы (BIS-1) для пожилого населения Германии [33] и полный спектр возрастов (FAS) для детей и взрослых [34]. Однако эти формулы не были валидизированы в других популяциях.

Формулы с цистатином С для оценки СКФ могут иметь преимущества по сравнению с уравнениями на основе sCr, но ограничены дополнительными затратами и отсутствием международной эталонной системы для калибровки [35].

Оценка СКФ у детей

При оценке СКФ у детей уровни sCr следует измерять стандартизованными эталонными методами, поскольку сывороточные концентрации креатинина у них ниже, чем у взрослых. Поэтому CMSC рекомендует пересмотренное уравнение Шварца для обычного клинического использования у детей (см. табл. 3). Широко используемое уравнение Шварца [36] пересмотрели в 2009 году, включив в него метод изотопной масс-спектропии и клиренс иогексола в виде стандартных эталонных методов [37] (см. табл. 2 и 3).

Было предложено уравнение на основе цистатина С, которое показало большую точность (91 %) в комбинации с уровнем sCr, ростом, полом и азотом мочевины крови (BUN) [36]. Однако для использования этой формулы требуется дополнительное исследование уровня азота мочевины, который не имеет стандартизированных измерений, а для цистатина С требуется стандартизация и калибровка [38]. У детей с повышенной мышечной массой обе формулы, основанные на sCr и Цистатине С, имеют тенденцию переоценивать СКФ.

Point-of-care (тестирование на месте оказания медицинской помощи) при определении креатинина

Point-of-care (PoC) – метод, которым креатинин цельной крови может быть измерен с помощью более старого метода Яффе (щелочного пикрата) или ферментативным методом, причем последний считается более точным. Хотя такие измерения имеют практические преимущества у пациентов с повышенным риском ПК-ОПП, устройства PoC могут привести к переоценке при тяжелой почечной недостаточности с неправильной стратификацией риска [39]. Следует консультироваться со специалистами по лабораторной диагностике об аналитических характеристиках и обеспечении качества измерения креатинина в цельной крови.

Таблица 3 / Table 3

Формулы для рСКФ и время измерения рСКФ **Formulae for eGFR and timing of eGFR measurement**

СКД-ЕПИ рекомендуется для определения рСКФ у взрослых. Как и при всех определениях рСКФ на основе креатинина, результаты следует интерпретировать с осторожностью у людей с аномально высокой или низкой мышечной массой.

Уровень доказательности А

Пересмотренная формула Шварца (2009) для рСКФ рекомендуется для детей. Как и во всех исследованиях рСКФ на основе креатинина, результаты следует интерпретировать с осторожностью у людей с аномально высокой или низкой мышечной массой.

Уровень доказательности С

рСКФ не является надежным показателем у пациентов с установленным ОПП.

Уровень доказательности А

Примечание. рСКФ – расчетная скорость клубочковой фильтрации, ОПП – острое повреждение почек.

Note: eGFR – estimated glomerular filtration rate, AKI – acute kidney injury.

Как долго оценки СКФ остаются репрезентативными?

В настоящее время нет исследований по поводу того, в течение какого времени данные о рСКФ могут быть использованы для оценки риска ПК-ОПП. Величину рСКФ можно считать стабильной у лиц без ХБП или сопутствующих заболеваний, таких как сердечная недостаточность или гипертония, и которые не принимают нефротоксичные препараты.

CMSC считает достаточным однократное определение СКФ перед внутрисосудистым введением КС в течение:

1. 7 дней*, если у пациента:

а) имеется острое заболевание, обострение известного хронического заболевания или любое другое неблагоприятное событие, которое может отрицательно повлиять на функцию почек (рСКФ), или

б) пациент является стационарным больным.

2. в течение 3 мес:

а) если у пациента имеется хроническое заболевание со стабильной функцией почек (рСКФ) и
б) у всех других пациентов (см. табл. 3).

* Примечание. У пациентов с ОПП рСКФ следует контролировать регулярно, целесообразно максимум в 1–2 дня.

ВОПРОС 3: Каковы доказательства того, что контрастные средства действительно являются причиной ОПП и каковы значения рСКФ, ниже которых существует риск развития ОПП?

Существование контраст-индуцированной нефропатии было признано на протяжении многих лет, но в последние годы поставлено под сомнение утверждение о том, что введение КС может вызывать ухудшение функции почек [10, 40]. Имеются серьезные ограничения во многих исследованиях о возможном участии КС в развитии ОПП. В большинстве исследований оценивается внутриартериальное использование КС при коронароангиографии и/или при чрескожном коронарном вмешательстве у пациентов со значительными сопутствующими заболеваниями, и, следовательно, они, как правило, не имеют отношения к внутривенному введению, в связи с чем большинство исследований не имеют адекватных контрольных групп [41].

Внутривенное введение КС

Существуют противоречия в отношении причинно-следственной связи между воздействием внутривенно введенного КС и ПК-ОПП, поскольку нет проспективных рандомизированных контролируемых исследований (РКИ), под-

тверждающих эту связь [42]. Без контролируемых исследований многие факторы, такие как диета, гидратация, физиологические изменения в sCr с течением времени и при воздействии различных нефротоксических факторов риска, таких как медикаменты, которые могут влиять на функцию почек, нельзя отличить от какого-либо эффекта КС [10, 18, 43]. Хотя рандомизированные контролируемые исследования (РКИ) имеют самый сильный исследовательский потенциал для оценки влияния вмешательств, изучение таких редких состояний, как ПК-ОПП, с помощью РКИ требует большого числа пациентов [40].

На основании небольшого числа исследований с контрольными популяциями и без них, было высказано предположение о переоценке риска ПК-ОПП после внутривенного введения КС [40, 44]. Метаанализ, в котором ретроспективно изучали 13 нерандомизированных контролируемых исследований, не смог выявить увеличение частоты ОПП у пациентов, получавших КС внутривенно [45]. Возможно, необходимо использовать данные обсервационных исследований, несмотря на признанные методологические проблемы [46]. В недавно опубликованных крупномасштабных исследованиях с использованием метода «индекса соответствий» (propensity score, PS) для оценки ПК-ОПП пациентов после компьютерной томографии (КТ) с использованием контраста стратифицировали в соответствии с их данными о исходных значениях sCr или рСКФ [47]. При этом не был идентифицирован риск развития ПК-ОПП у пациентов с рСКФ ≥ 30 мл/мин/1,73 м², но выявлена противоречивость данных о том, имеют ли пациенты с тяжелой дисфункцией почек (рСКФ <30 мл/мин/1,73 м²) повышенный риск ПК-ОПП [47]. Отсутствие информации о статусе гидратации было ограничением, но при добавлении статуса гидратации в улучшенную модель результаты были аналогичными [48]. Невозможность приспособиться к различным предикторным переменным в предыдущих обсервационных исследованиях может объяснить различия между ними и недавними исследованиями, основанными на PS. Остальные главные ограничения обсервационных исследований – небольшое число пациентов с тяжелой почечной недостаточностью и вариабельность имеющихся данных, например, о профилактическом изменении объема и введенной дозы КС.

Сравнение внутриартериального и внутривенного введения КС у одних и тех же пациентов

В проведенных в ограниченном количестве исследованиях непосредственно сравнивалось вну-

тривенное и внутриаартериальное введение КС, при этом пациенты использовались в качестве собственного контроля. Риск ПК-ОПП, а также его клинический курс не зависели от пути введения КС в четырех ретроспективных исследованиях популяций пациентов с различной степенью почечной недостаточности [49], а частота ПК-ОПП была аналогична частоте для не усиленной КТ [50]. Однако данные исследования страдали отсутствием непредвзятости выбора, а процедуры с внутриаартериальным введением КС в зависимости от расстояния места инъекции от почечных артерий (т.е. с *первичным* или *вторичным воздействием на почки*) не были разделены.

Внутриаартериальное введение КС

Частота ПК-ОПП после прямого внутриаартериального введения КС с *первичным почечным воздействием* часто, как сообщается, выше, чем после внутривенного введения, но этот вопрос остается спорным [50]. Проблемы со смешением факторов риска наиболее важны в исследованиях у пациентов, подвергающихся катетерной коронароангиографии и/или ЧКВ, поскольку невозможно отделить эффекты КС от эффектов сопутствующей патологии, катетерных манипуляций или других процедур. В больших метаанализах по сердечно-сосудистым исходам оценка частоты ПК-ОПП, возможно, была сильно затруднена базовыми клиническими характеристиками как для *первичного*, так и для *вторичного воздействия* на почки после внутриаартериального введения КС [51]. Тем не менее, ОПП в целом является серьезной проблемой у данных пациентов и связана она с увеличением заболеваемости, увеличением продолжительности пребывания больного в стационаре, более высокой стоимостью и может быть связана с повышенной летальностью у значительного числа больных с сердечно-сосудистой патологией [52]. Считается, что внутриаартериальное введение при *вторичном воздействии на почки* не имеет более высокого риска, чем внутривенное введение КС.

В связи с проблемами разделения эффектов процедуры от результатов введения КС CMSC предложил для оптимальной безопасности выбирать более высокий уровень рСКФ для «отсева» в превентивных целях пациентов, проходящих диагностические или интервенционные обследования на основе катетеризации с использованием внутриаартериального введения КС при *первичном почечном воздействии*, хотя часть рисков ОПП могут относиться и к самой процедуре. Кроме того, CMSC решил включить коронароангиографию и/

или ЧКВ в эту же категорию, так как данные исследования часто сочетают внутриаартериальное введение КС как с *первичным*, так и со *вторичным почечным воздействием*.

Специальные популяции

Имеются ограниченные данные о ПК-ОПП в нескольких специальных популяциях, таких как пациенты с пересаженной почкой или почкой и поджелудочной железой или тяжелобольные пациенты. Среди реципиентов почечных трансплантатов, получавших КС либо внутривенно, либо внутриаартериально, частота ПК-ОПП была не выше, чем у пациентов без трансплантации, и не было случаев потери трансплантата или необходимости диализа [53]. Тяжелые пациенты с полиорганной патологией, находящиеся в отделениях интенсивной терапии (ОИТ), имеют больший профиль риска для развития ОПП, чем другие стационарные больные, а заболеваемость ОПП варьирует в зависимости от субпопуляции, структуры исследования и состояния гидратации [54]. Без контролируемых исследований невозможно понять роль КС в возникновении ОПП. Хотя ранее проведенные исследования не выявили роли КС в развитии ОПП [55], недавнее крупное контролируемое PS-исследование показало повышенный риск ПК-ОПП для пациентов ОИТ при уровне рСКФ <45 мл/мин/1,73 м² [56].

Педиатрическое ПК-ОПП

Исследований по педиатрическому ПК-ОПП крайне мало [57]. Поскольку заболеваемость ПК-ОПП кажется аналогичной у детей и подростков той, что у взрослых, CMSC считает, что для оптимальной безопасности рекомендации по определению sCr и профилактике ПК-ОПП, которые преимущественно основаны на исследованиях у взрослых (в возрасте старше 18 лет), также должны использоваться для детей и подростков.

ВОПРОС 4: Каковы факторы риска развития ПК-ОПП, связанные с пациентами и процедурами, и какие группы пациентов имеют более высокий риск развития ПК-ОПП?

Факторы риска, связанные с пациентом

Нарушение функции почек является наиболее важным фактором риска для развития ПК-ОПП. Многие метаанализы и систематические обзоры неконтролируемых исследований выявили множество возможных клинических факторов риска для ОПП в целом, таких как пожилой возраст, женский пол, низкий индекс массы тела, классические сердечно-сосудистые и метаболические факторы риска, злокачественные новообразования, воспаление, кровотечение, анемия и гиперу-

рикемия [6, 7, 58]. Тем не менее, неконтролируемые исследования не могут достоверно дифференцировать базовые клинические факторы риска от эффектов, связанных конкретно с КС. В мета-анализе контролируемых исследований не было представлено никаких дополнительных факторов риска, характерных для КС [45]. Было показано, что эффект двух факторов риска или более является аддитивным и увеличивает риск развития ПК-ОПП.

Факторы риска, связанные с процедурой: тип КС и доза

Множество факторов риска связано с типом КС и тем, как оно вводится. Многочисленные мета-анализы не представили доказательств того, что изоосмолярные КС связаны со значительно более низкой частотой ПК-ОПП, чем неионные, низкоосмолярные контрастными средства [59]. Однако риск развития ПК-ОПП увеличивается при использовании ионных высокоосмолярных КС [60]. Было показано, что повторное введение КС в течение короткого интервала (48–72 ч) увеличивает риск развития ПК-ОПП [58]. Свидетельства о влиянии дозы КС (концентрация КС \times объем КС) указывают и на зависимость от пути введения. Нет достаточных доказательств того, что доза является проблемой при внутривенном введении КС. Вместе с тем, для непосредственного внутриартериального введения КС при коронарном ангиографическом вмешательстве желателно поддерживать соотношение доз КС (в граммах йода) к абсолютной рСКФ (в мл/мин, скорректированное на площадь поверхности тела) ниже 1,1 [61] или сохранять отношение объема КС (в мл) к рСКФ (в мл/мин/1,73 м²) ниже 3,0 при использовании концентрации КС 350 мг/мл [62].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Термин ПК-ОПП был принят в качестве оптимального для применения к снижению функции почек после внутрисосудистого введения КС, так как в отличие от некоторых более старых терминов он не означает, что причиной ОПП является КС. Стадия 1 ОПП по классификации KDIGO рекомендуется как определение изменения функции почек, используемой для диагностики ПК-ОПП. Основным фактором риска для ПК-ОПП является нарушение функции почек, а рекомендуемые способы его измерения – формула СКД-ЕРІ у взрослых и формула Шварца у детей. В последние годы стало очевидным, что риск истинного ПК-ОПП в прошлом был завышен. При правильном устранении многих других возможных причин ОПП у па-

циентов с хроническим заболеванием почек риск ПК-ОПП при использовании современного низкоосмолярного КС, вводится оно внутривенно или внутриартериально, является низким. Повторное введение КС в течение 24–48 ч увеличивает риск развития КИ-ОПП. Свидетельства более высокого риска с внутриартериальным, чем с внутривенным применением КС, ограничены, но CMSC, тем не менее, считает, что уровни ограничения рСКФ, используемые для осуществления необходимой профилактики перед внутриартериальным введением КС при *первичном почечном воздействии*, должны быть более строгими, и что должен быть оптимальный объем КС, назначаемого внутриартериально во время любого обследования или процедуры при *первичном почечном воздействии*.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Stacul F, van der Molen AJ, Reimer P et al. Contrast Media Safety Committee of European Society of Urogenital Radiology (ESUR) et al. Contrast induced nephropathy: updated ESUR Contrast Media Safety Committee guidelines. *Eur Radiol* 2011;21:2527–2541. Doi: 10.1007/s00330-011-2225-0
2. Morcos SK, Thomsen HS, Webb JA et al. Contrast Media Safety Committee of the European Society of Urogenital Radiology (ESUR) et al. Dialysis and contrast media. *Eur Radiol* 2002;12:3026–3030 Doi: 10.1007/s00330-011-2225-0
3. Contrast Media Safety Committee ESUR. Guidelines on Contrast Media v9. CMSC, 2014. Available via: <http://www.esur-cm.org/index.php/en/> Accessed: 14 December 2017
4. Kooiman J, Seth M, Nallamothu BK et al. Association between acute kidney injury and in-hospital mortality in patients undergoing percutaneous coronary interventions. *Circ Cardiovasc Interv* 2015; 8:e002212. Doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.114.002212
5. Mitchell AM, Kline JA, Jones AE et al. Major adverse events one year after acute kidney injury after contrast-enhanced computed tomography. *Ann Emerg Med* 2015;66: 267–274. e4. Doi: 10.1016/j.annemergmed.2015.04.028
6. Kooiman J, Pasha SM, Zondag W et al. Meta-analysis: serum creatinine changes following contrast enhanced CT imaging. *Eur J Radiol* 2012;81:2554–2561. Doi: 10.1016/j.ejrad.2011.11.020
7. Dong M, Jiao Z, Liu T et al. Effect of administration route on the renal safety of contrast agents: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Nephrol* 2012; 25:290–301. <https://www.radiologen.nl/secties/nvvr/documenten/richtlijn-veilig-gebruik-vancontrastmiddelen-deel-1-full-english>
8. Keeley EC, Grines CL. Scraping of aortic debris by coronary guiding catheters: a prospective evaluation of 1,000 cases. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:1861–1865. Doi: 10.1016/S0735-1097(98)00497-5.
9. Wichmann JL, Katzberg RW, Litwin SE et al. Contrast-induced nephropathy. *Circulation* 2015;132:1931–1936. Doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.014672
10. Fananapazir G, Troppmann C, Corwin CK et al. Incidence of contrast-induced nephropathy after renal graft catheter arteriography using iodine-based contrast medium. *AJR Am J Roentgenol* 2016;206:783–786. Doi: 10.2214/AJR.15.1550177
11. James MT, Samuel SM, Manning MA et al. Contrast-induced acute kidney injury and risk of adverse clinical outcomes after coronary angiography a systematic review and meta-analysis. *Circ Cardiovasc Interv* 2013;6:37–43. Doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.112.974493
12. Kooiman J, Seth M, Nallamothu BK et al. Association

between acute kidney injury and in-hospital mortality in patients undergoing percutaneous coronary interventions. *Circ Cardiovasc Interv* 2015;8:e002212. Doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.114.002212

13. Feng Y, Huang X, Li L, Chen Z. N-acetylcysteine versus ascorbic acid or N-acetylcysteine plus ascorbic acid in preventing contrast-induced nephropathy: A meta-analysis. *Nephrology (Carlton)* 2018;23(6):530–538. Doi: 10.1111/nep.13068

14. Guyatt GH, Oxman AD, Kunz R et al. GRADE guidelines: 2. Framing the question and deciding on important outcomes. *J Clin Epidemiol*. 2011;64:395–400. Doi: 10.1016/j.jclinepi.2010.09.012

15. OCEBM Levels of Evidence Working Group. The Oxford 2011 Levels of Evidence. Oxford Centre for Evidence-Based Medicine. Available via: <http://www.cebm.net/index.aspx?o=5653> Accessed 14 December 2017

16. Akrawinhawong K, Ricci J, Cannon L et al. Subclinical and clinical contrast-induced acute kidney injury: data from a novel blood marker for determining the risk of developing contrast-induced nephropathy (ENCINO), a prospective study. *Ren Fail* 2015; 37: 187–191. Doi.org/10.1016/j.jacc.2016.05.099

17. Levey AS, Eckardt KU, Tsukamoto Y et al. Definition and classification of chronic kidney disease: a position statement from Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). *Kidney Int* 2005; 67:2089–2100. Doi: 10.1111/j.1523-1755.2005.00365.x

18. Thongprayoon C, Cheungpasitporn W, Srivali N. AKI after Transcatheter or Surgical Aortic Valve Replacement. *J Am Soc Nephrol* 2016;27(6):1854–1860. Doi: 10.1681/ASN.2015050577

19. ACR Committee on Drugs and Contrast Media. ACR Manual on Contrast Media, v10.3. American College of Radiology, 2017 Available via: https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Clinical-Resources/Contrast_Media.pdf Accessed: 14 December 2017

20. Kellum JA, Lameire N. Diagnosis, evaluation, and management of acute kidney injury: a KDIGO summary (Part 1). *Crit Care* 2013;17:204. Doi: 10.1186/cc11454

21. Pyxaras SA, Zhang Y, Wolf A et al. Effect of varying definitions of contrast-induced acute kidney injury and left ventricular ejection fraction on one-year mortality in patients having transcatheter aortic valve implantation. *Am J Cardiol* 2015;116:426–430. Doi: 10.1016/j.amjcard.2015.04.056

22. Azzouz M, Rømsing J, Thomsen HS. Fluctuations in eGFR in relation to unenhanced and enhanced MRI and CT outpatients. *Eur J Radiol* 2014;83:886–892. Doi: 10.1016/j.ejrad.2014.02.014

23. Garfinkle MA, Stewart S, Basi R. Incidence of CT contrast agent-induced nephropathy: toward a more accurate estimation. *AJR Am J Roentgenol* 2015;204:1146–1151. Doi: 10.2214/AJR.14.13761

24. Thomas ME, Blaine C, Dawnay A et al. The definition of acute kidney injury and its use in practice. *Kidney Int* 2015;87:62–73. Doi: 10.1038/ki.2014.328

25. Nguyen TC, Terwelp MD, Thourani VH, Zhao Y. Clinical trends in surgical, minimally invasive and transcatheter aortic valve replacement. *Eur J Cardiothorac Surg* 2017; 51(6):1086–1092. Doi: 10.1093/ejcts/ezx008

26. Fliser D, Laville M, Covic A et al. A European Renal Best Practice (ERBP) position statement on the Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO) clinical practice guidelines on acute kidney injury: part 1: definitions, conservative management and contrast-induced nephropathy. *Nephrol Dial Transplant* 2012; 27: 4263–4272. Doi: 10.1093/ndt/gfs375

27. Levey AS, Coresh J, Greene T et al. Expressing the MDRD study equation for estimating GFR with standardized serum creatinine values. *Clin Chem* 2007;53:766–772. Doi: 10.1373/clinchem.2006.077180

28. Sessa M, Rossi C, Mascolo A et al. Contrast media-induced nephropathy: how has Italy contributed in the past 30 years? A systematic review. *Dovepress* 2017; 2017: 1463–1478. Doi: <https://doi.org/10.2147/TCRM.S144418>

29. Jeong BY, Lee HY, Park CG et al. Oxidative stress caused by activation of NADPH oxidase 4 promotes contrast-induced acute kidney injury. *PLoS One* 2018 12;13(1):e0191034. Doi: 10.1371/journal.pone.0191034

30. Pottel H, Hoste L, Dubourg L et al. An estimated glomerular

filtration rate equation for the full age spectrum. *Nephrol Dial Transplant* 2016;31:798–806. Doi: 10.1093/ndt/gfv454

31. Stevens LA, Li S, Kurella Tamura M et al. Comparison of the CKD Epidemiology Collaboration (CKD-EPI) and Modification of Diet in Renal Disease (MDRD) study equations: risk factors for and complications of CKD and mortality in the Kidney Early Evaluation Program (KEEP). *Am J Kidney Dis* 2011;57:S9–S16. Doi: 10.1053/j.ajkd.2010.11.007

32. Jurado-Román A, Hernández-Hernández F, García-Tejada J et al. Role of hydration in contrast-induced nephropathy in patients who underwent primary percutaneous coronary intervention. *Am J Cardiol* 2015;115:1174–1178. Doi: 10.1016/j.amjcard.2015.02.004

33. Putzu A, Boscolo Berto M, Belletti A et al. Prevention of contrast-induced acute kidney injury by furosemide with matched hydration in patients undergoing interventional procedures: A systematic review and meta-analysis of randomized trials. *JACC Cardiovasc Interv* 2017;10:355–363. Doi: 10.1016/j.jcin.2016.11.006

34. Solomon R, Gordon P, Manoukian SV et al. Randomized trial of bicarbonate or saline study for the prevention of contrast-induced nephropathy in patients with CKD. *Clin J Am Soc Nephrol* 2015;10:1519–1524. Doi: 10.2215/CJN.05370514

35. Iranirad L, Hejazi SF, Sadeghi MS, Jang SA. Efficacy of nicorandil treatment for prevention of contrast-induced nephropathy in high-risk patients undergoing cardiac catheterization: A prospective randomized controlled trial. *Cardiol J* 2017;24(5):502–507. Doi: 10.5603/CJ.a2017.0028

36. Vassileva J, Rehani M. Diagnostic reference levels. *AJR Am J Roentgenol* 2015; 204: W1–3. Doi: 10.2214/AJR.14.12794

37. Pauwels R, Cockmartin L, Ivanauskaitė D et al. SEDEN-TEXT Project Consortium. Estimating cancer risk from dental cone-beam CT exposures based on skin dosimetry. *Phys Med Biol* 2014; 59: 3877–3891. Doi: 10.1088/0031-9155/59/14/3877

38. McCullough Peter A, Choi Georges, Feghali A et al. Contrast-Induced Acute Kidney Injury. *Journal of the American College of Cardiology* 2016; 68: 1465–1473. Doi.org/10.1016/j.jacc.2016.05.099

39. Martinez Lomakin F, Tobar C. Accuracy of point-of-care serum creatinine devices for detecting patients at risk of contrast-induced nephropathy: a critical overview. *Crit Rev Clin Lab Sci* 2014; 51:332–343. Doi: 10.3109/10408363.2014.937794

40. Roh S, Laroia A. Practicing safe use of nonionic, low-osmolality iodinated contrast. *Appl Radiol* 2015;44(7):16–19. Doi: 10.1148/radiol.2015151486

41. Nawa T, Nishigaki K, Kinomura Y et al. Continuous intravenous infusion of nicorandil for 4 hours before and 24 hours after percutaneous coronary intervention protects against contrast-induced nephropathy in patients with poor renal function. *Int J Cardiol* 2015 15;195:228–234. Doi: 10.1016/j.ijcard.2015.05.078

42. McDonald RJ, McDonald JS, Newhouse JH, Davenport MS. Controversies in contrast material-induced acute kidney injury: closing in on the truth? *Radiology* 2015;277:627–632. Doi: 10.1148/radiol.2015151486

43. Nyman U, Aspelin P, Jakobsen J, Bjork J. Controversies in contrast material-induced acute kidney injury: Propensity Score matching of patients with different dose/absolute glomerular filtration rate ratios. *Radiology* 2015;277:633–637. Doi: 10.1148/radiol.2015151341

44. Feng Y, Huang X, Li L, Chen Z. N-acetylcysteine versus ascorbic acid or N-acetylcysteine plus ascorbic acid in preventing contrast-induced nephropathy: A meta-analysis. *Nephrology (Carlton)* 2018; 23(6):530–538. Doi: 10.1111/nep.13068

45. Bei WJ, Duan CY, Chen JY et al. Remote Ischemic Conditioning for Preventing Contrast-Induced Acute Kidney Injury in Patients Undergoing Percutaneous Coronary Interventions/Coronary Angiography: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Cardiovasc Pharmacol Ther* 2016 Jan;21(1):53–63. Doi: 10.1177/1074248415590197

46. Fananapazir G, Troppmann C, Corwin MT et al. Incidences of acute kidney injury, dialysis, and graft loss following intravenous administration of low-osmolality iodinated contrast in patients

with kidney transplants. *Abdom Radiol* 2016;41:2182–2186. Doi: 10.1007/s00261-016-0827-3

47. McDonald JS, McDonald RJ, Carter RE et al. Risk of intravenous contrast material-mediated acute kidney injury: a propensity score-matched study stratified by baseline-estimated glomerular filtration rate. *Radiology* 2014;271:65–73. Doi: 10.1148/radiol.13130775

48. McDonald JS, McDonald RJ, Lieske JC et al. Risk of acute kidney injury, dialysis, and mortality in patients with chronic kidney disease after intravenous contrast material exposure. *Mayo Clin Proc* 2015;90:1046–1053. Doi: 10.1016/j.mayocp.2015.05.016

49. McDonald JS, Leake CB, McDonald RJ et al. Acute kidney injury after intravenous versus intra-arterial contrast material administration in a paired cohort. *Invest Radiol* 2016;51:804–809. Doi: 10.1097/RLI.0000000000000298. 49

50. Tong GE, Kumar S, Chong KC et al. Risk of contrast-induced nephropathy for patients receiving intravenous vs. intra-arterial iodixanol administration. *Abdom Radiol* 2016;41:91–99. Doi: 10.1007/s00261-015-0611-9

51. Prasad A, Ortiz-Lopez C, Khan A et al. Acute kidney injury following peripheral angiography and endovascular therapy: a systematic review of the literature. *Catheter Cardiovasc Interv* 2016; 88:264–273. Doi: 10.1002/ccd.26466

52. Aubry P, Brillet G, Catella L et al. Outcomes, risk factors and health burden of contrast-induced acute kidney injury: an observational study of one million hospitalizations with image-guided cardiovascular procedures. *BMC Nephrol* 2016;17:167. Doi:10.1186/s12882-016-0385-5

53. Haider M, Yessayan L, Venkat KK et al. Incidence of contrast-induced nephropathy in kidney transplant recipients. *Transplant Proc* 2015;47:379–383. Doi: 10.1016/j.transproceed.2015.01.008

54. Zuo T, Jiang L, Mao S et al. Hyperuricemia and contrast-induced acute kidney injury: A systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol* 2016;224:286–294. Doi: 10.1016/j.ijcard.2016.09.033

55. Cantais A, Hammouda Z, Mory O et al. Incidence of contrast-induced acute kidney injury in a pediatric setting: a cohort study. *Pediatr Nephrol* 2016;31:1355–1362. Doi: 10.1007/s00467-016-3313-9

56. McDonald JS, McDonald RJ, Williamson EE et al. Post-contrast acute kidney injury in intensive care unit patients: a propensity score-adjusted study. *Intensive Care Med* 2017; 43: 774–784. Doi: 10.1007/s00134-017-4699-y

57. Huggins N, Nugent A, Modem V et al. Incidence of acute kidney injury following cardiac catheterization prior to cardiopulmonary bypass in children. *Catheter Cardiovasc Interv* 2014; 84: 615–619. Doi: 10.1002/ccd.25405

58. Kanbay M, Solak Y, Afsar B et al. Serum uric acid and risk for acute kidney injury following contrast: an evaluation of epidemiology, clinical trials, and potential mechanisms. *Angiology* 2017;68:132–144. Doi: 10.1177/0003319716644395

59. Eng J, Wilson RF, Subramaniam RM et al. Comparative effect of contrast media type on the incidence of contrast-induced

nephropathy: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med* 2016;164:417–424. Doi: 10.7326/M15-1402

60. McDonald JS, McDonald RJ, Williamson EE, Kallmes DF. Is intravenous administration of iodixanol associated with increased risk of acute kidney injury, dialysis, or mortality? a Propensity Score-adjusted study. *Radiology* 2017;285: 414–424. Doi: 10.1148/radiol.12121460

61. Kooiman J, Seth M, Share D et al. The association between contrast dose and renal complications post-PCI across the continuum of procedural estimated risk. *PLoS One* 2014;9: e90233. Doi: 10.1371/journal.pone.0090233

62. Yuan Y, Qiu H, Hu X et al. Predictive value of inflammatory factors on contrast-induced acute kidney injury in patients who underwent an emergency percutaneous coronary intervention. *Clin Cardiol* 2017;40(9):719–725. Doi: 10.1002/clc.22722

Сведения об авторах:

Проф. Дзгоева Фатима Урузмаговна
362040, Россия, Республика Северная Осетия–Алания, г. Владикавказ, ул. Пушкинская, д. 40. Северо-Осетинская государственная медицинская академия, кафедра внутренних болезней №5. Тел.: (8672) 539-742; 8(918) 822-83-45; E-mail: fdzgoeva@mail.ru. ORCID: 0000-0002-7314-9063

Prof. Fatima U. Dzgoeva, MD, PhD, DMedSci
Affiliations: 362040, Russia, Republic of North Ossetia-Alania Vladikavkaz, Pushkinskaya st., 40. North Ossetian State Medical Academy, Department of Internal Medicine №5. Phone: (8672)539742; 8(918)8228345; E-mail: fdzgoeva@mail.ru. ORCID: 0000-0002-7314-9063

Проф. Ремизов Олег Валерьевич
362040, Россия, Республика Северная Осетия–Алания, г. Владикавказ, ул. Пушкинская, д. 40. Северо-Осетинская государственная медицинская академия, кафедра лучевой диагностики с лучевой терапией и онкологией. Тел.: (8672) 530-397; E-mail: oleg_remizov@mail.ru

Prof. Oleg V. Remizov, MD, PhD, DMedSci
Affiliations: 362040, Russia, Republic of North Ossetia-Alania Vladikavkaz, Pushkinskaya st., 40. North Ossetian State Medical Academy, Department of Radiology with radiotherapy and oncology. Phone: (8672)530397; E-mail: oleg_remizov@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию: 26.12.2018

Принята в печать: 26.02.2019

Article received: 26.12.2018

Accepted for publication: 26.02.2019