

УДК 616.13–089

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ КАРБОКСИАНГИОГРАФИИ ПРИ ЭНДОВАСКУЛЯРНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ НА АРТЕРИЯХ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У ПАЦИЕНТОВ ПОЖИЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА

С. В. Миар¹, С. А. Алексеев²

¹ Учреждение здравоохранения «Брестская областная клиническая больница», Брест, Республика Беларусь.

² Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Республика Беларусь

Реферат. Выполнен анализ эндоваскулярных вмешательств за 2022–2023 годы у 87 пациентов старше 60 лет с атеросклерозом артерий нижних конечностей. В исследовании пациенты разделены на группы (41 пациент с использованием СО₂-ангиографии, 46 пациентов с йодконтрастной ангиографией). При эндоваскулярных вмешательствах выполнялись баллонная ангиопластика и стентирование. Удалось снизить объем йодконтрастного препарата в группе СО₂-ангиографии (в 1-й группе 30,0 [26,3;42,2] мл, во 2-й группе 150,0 [126,8;168,4] мл, $p < 0,0001$). Уменьшение объема йодконтрастного препарата позволило снизить риск развития контраст-индуцированной нефропатии. Показано, что СО₂ является альтернативным контрастным веществом и безопасным в использовании.

Ключевые слова: карбоксиангиография, эндоваскулярные вмешательства, йодконтрастный препарат, облитерирующий атеросклероз, контраст-индуцированная нефропатия.

Введение. Облитерирующий атеросклероз артерий нижних конечностей занимает третье место в структуре заболеваний сердечно-сосудистой системы по причинам смерти и инвалидности. С увеличением возраста отмечается рост заболеваемости облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей и достигает 20 % в возрастной группе старше 70 лет, помимо этого отмечается увеличение тяжелой сопутствующей патологии сердечно-сосудистой системы (ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия, хроническая сердечная недостаточность), хронической болезни почек (по данным NHANES за 1999–2004 гг.) в США распространенность хронической болезни почек в группе населения 70–79 лет составляет 16,5 %, а в группе старше 80 лет – 51,1 %), сахарного диабета [1, 2].

Учитывая высокие риски периоперационных осложнений и летальности в группе пациентов пожилого и старческого возраста все большую роль приобретают рентгенэндоваскулярные методы лечения облитерирующего атеросклероза. К сожалению, применение йодконтрастных препаратов не обходится без таких осложнений,

как аллергические реакции и контраст-индуцированная нефропатия.

Контраст-индуцированная нефропатия – острое повреждение почек, обусловленное нефротоксическим действием йодированного рентгеноконтрастного вещества, характеризующееся увеличением уровня креатинина на 25 % от исходного или на 0,5 мг/дл (44 мкмоль/л) в течение 24–48 ч после введения йодконтрастного препарата. Пожилой возраст, наличие сахарного диабета, предшествующая почечная недостаточность, сердечная недостаточность являются наиболее важными немодифицируемыми факторами риска развития контраст-индуцированной нефропатии. Модифицируемыми факторами риска являются объем йодконтрастного вещества, гипотония, дегидратация, гипоальбуминемия, применение ингибиторов ангиотензинпревращающего фермента, диуретиков, нестероидных противовоспалительных препаратов, нефротоксических антибиотиков [3].

Применение йодконтрастных препаратов осложняется контраст-индуцированной нефропатией приблизительно в 20 % случаев при сопутствующей почечной недостаточности, а

госпитальная летальность пациентов с контраст-индуцированной нефропатией составляет около 7 % [3].

Отсутствие нефротоксичности и аллергических реакций на CO_2 в значительной мере расширяет возможности безопасного выполнения ангиографии пациентам высокого риска развития контраст-индуцированной нефропатии и при наличии аллергии на йодконтрастные препараты.

Первое использование углекислого газа (CO_2) в ангиографии датировано 70-ми годами 20-го столетия Hawkins, с появлением цифровой субстрационной ангиографии данный метод получил широкое распространение в ангиологии и прошел эволюцию от мануального шприцевого введения до использования автоматических инъекционных систем [4]. CO_2 – нетоксичный, негорючий газ, его вязкость ниже йодконтрастных препаратов в 400 раз, растворимость в крови в 20–30 раз выше, чем у кислорода.

Цель работы – изучить эффективность и безопасность применения углекислого газа в качестве контрастного вещества при эндоваскулярных вмешательствах на артериях нижних конечностей у пациентов пожилого и старческого возраста.

Материалы и методы. На базе учреждения здравоохранения «Брестская областная клиническая больница» нами выполнено когортное ретроспективное исследование эндоваскулярных вмешательств за 2022–2023 гг. у 87 пациентов старше 60 лет с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей. В исследовании пациенты были разделены на две группы: 1-я группа – 41 пациент с использованием карбоксиангиографии (CO_2 -ангиографии), 2-я группа – 46 пациентов с йодконтрастной ангиографией.

Критериями включения в исследование являются степень ишемии конечности 2б–4 по Фонтейну–Покровскому, наличие показаний к эндоваскулярной или гибридной реваскуляризации конечности, согласие пациента на вмешательство. Дополнительными критериями включения в 1-ю группу являются наличие аллергической реакции на йодконтрастные препараты и гипертиреозидизм. Критериями исключения из исследования являются наличие необратимых ишемических изменений конечности, показание к высокой ампутации, отказ пациента от вмешательства.

Всем пациентам перед эндоваскулярным вмешательством выполнялось ангиографическое исследование нижних конечностей, измерение лодыжечно-плечевого индекса до и после операции, определение уровня креатинина до операции

и через 48 ч после операции, произведена оценка выделительной функции почек (расчет скорости клубочковой фильтрации (СКФ) по формуле Кокрофта), оценивались клинический и технический успех лечения, наличие осложнений (местные осложнения – болевой синдром при введении контраста (оценивался по визуально-аналоговой шкале боли от 0 до 10 баллов), дистальная эмболизация CO_2 висцеральных органов и абдоминальная ишемия, кровотечение, гематома, тромбоз зоны интервенции; общие осложнения – развитие контраст-индуцированной нефропатии, инфаркта миокарда, нестабильной стенокардии, полиорганной недостаточности, смерть). Оперативные вмешательства выполнялись в условиях ангиографической операционной с использованием ангиографа Siemens Artis Zee Biplane. Эндоваскулярные вмешательства выполнялись под местной анестезией пункционным доступом, гибридные вмешательства выполнялись под спинномозговой анестезией из открытого доступа.

Йодконтрастные препараты (йогексол) вводились мануально: на подвздошном сегменте 15–20 мл, на бедренном, подколенном сегменте и артериях голени 7–10 мл контрастного вещества на разовое введение. CO_2 -ангиография при эндоваскулярных вмешательствах на артериях нижних конечностей производилась при помощи автоматического CO_2 -инъектора Angiodroid и с возвышенным ножным концом операционного стола (3–5°). С учетом нашего опыта выполнения диагностической CO_2 -ангиографии и возникновения выраженного болевого синдрома нами был модифицирован протокол введения CO_2 , был уменьшен объем вводимого CO_2 . Данные модифицированного протокола CO_2 -ангиографии приведены в таблице 1. С целью медицинской профилактики контраст-индуцированной нефропатии согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов и клиническим рекомендациям по медицинской профилактике и лечению контраст-индуцированной нефропатии Российской ассоциации нефрологов за 12 ч до вмешательства и в течение 12 ч после вмешательства пациентам со сниженной функцией почек ($\text{СКФ} < 60 \text{ мл/мин/1,73 м}^2$) проводилась внутривенная инфузия физиологического раствора хлорида натрия со скоростью 1 мл/кг/ч, в остальных случаях – оральная регидратация 2,5 л/сут, за 2 суток до вмешательства пациентам с сахарным диабетом отменялся метформин. Интраоперационно внутриапериально всем пациентам болюсом вводилось 5000 МЕ нефракционированного гепарина с целью медицинской профилактики тромботических осложнений.

Таблица 1 – Протокол СО₂-ангиографии в зависимости от локализации

Локализация	Рекомендовано производителем Angiodroid		Модифицированный протокол			
	Объем СО ₂ для промывки системы (мл)	Объем СО ₂ для контрастирования (мл)	Давление в системе (мм рт. ст.)	Объем СО ₂ для промывки системы (мл)	Объем СО ₂ для контрастирования (мл)	Давление в системе (мм рт. ст.)
Подвздошные артерии	10–15	40	250	10–15	25–30	250
Бедренно-подколенный сегмент	20	30	240	20	20–25	240
Артерии голени	20	30	240	20	20–25	240

В послеоперационный период все пациенты получали аспирин (75 мг) и клопидогрел (75 мг), atorvastatin (20–40 мг).

После извлечения инструментов и интродьюсера в случае эндоваскулярного вмешательства осуществлялся мануальный компрессионный гемостаз с наложением на 24 ч давящей повязки, при гибридных вмешательствах пункционное отверстие ушивалось.

Обработка полученных данных проводилась на персональной ЭВМ с использованием статистических пакетов Excel, Statistica 10.0. Проверку данных на нормальность распределения осуществляли с помощью теста Шапиро–Уилка. При нормальном распределении признака использовали методы параметрической статистики. Оценку достоверности разности сравниваемых величин проводили на основании величины критерия Стьюдента. Если гипотезу о нормальности распределения признака в совокупности отвергали, для обработки данных использовали методы непараметрической статистики – Манна–Уитни (U). Результаты исследования считали достоверными, различия между показателями значимыми при вероятности безошибочного прогноза не менее 95,5 % ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение. В настоящем исследовании производилась оценка демографических показателей пациентов (пол и возраст), степени ишемии конечности, наличия факторов риска облитерирующего атеросклероза и сопутствующих заболеваний (курение, гиперхолестеринемия, наличие сахарного диабета, ишемической болезни сердца со стенокардией напряжения, инфаркта миокарда и инфаркта мозга в анамнезе, артериальной гипертензии, фибрилляции предсердий, хронической сердечной недостаточности, хронической болезни почек, анемии). По клинико-демографическим показателям группы сопоставимы. Значимые различия между группами получены по следующим показателям: перенесенный инфаркт мозга в анамнезе в 1-й группе у 5 (12,2 %), во 2-й – у 0 ($p = 0,0157$), хроническая болезнь почек в стадии 3а и выше в 1-й группе у 23 (57,5 %), во 2-й – у 12 (26 %) ($p = 0,0047$). В 1-ю группу (СО₂-ангиографии) включены 2 пациента с аллергическими реакциями на йодконтрастные препараты и 1 пациент с гипертиреозом, которым противопоказано введение йодконтрастных препаратов. Данные по характеристике пациентов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика пациентов групп CO₂- и йодконтрастной ангиографии

Характеристика	Группа 1 CO ₂ -ангиографии, n=41	Группа 2 йодконтрастной ангио- графии, n=41	p
Мужчины	28 (68,3 %)	31 (67,4 %)	0,9450
Средний возраст	(70,14 ± 7,89) лет	(69,5 ± 7,17) лет	0,6900
Хроническая артериальная недостаточность 2Б	3 (7,3 %)	5 (10,9 %)	0,2560
Хроническая артериальная недостаточность 3	24 (58,5 %)	22 (47,8 %)	0,2390
Хроническая артериальная недостаточность 4	14 (34,2 %)	19 (41,3 %)	0,5610
Лодыжечно-плечевой индекс до операции	0,41±0,19	0,40±0,16	0,7890
Ишемическая болезнь сердца	37 (90,24 %)	40 (86,9 %)	0,6380
Инфаркт миокарда в анамнезе	11 (31 %)	8 (17,4 %)	0,2930
Фибрилляция предсердий	7 (17 %)	8 (17,4 %)	0,9720
Артериальная гипертензия	41 (100 %)	44 (95,6 %)	0,1340
Инфаркт мозга в анамнезе	5 (12,2 %)	0 (0 %)	0,0157
Хроническая артериальная недостаточность ФК 2–3 по NYHA	13 (31,7 %)	13 (21,7 %)	0,2780
Сахарный диабет	17 (41,4 %)	16 (34,8 %)	0,5950
СКФ < 60 мл/мин/1,73 м ²	23 (56 %)	12 (26 %)	0,0047
Курение	26 (63,4 %)	27 (58,7 %)	0,6580
Гиперхолестеринемия	20 (48,7 %)	19 (41,3 %)	0,4890
Анемия	11 (26,8 %)	10 (21,7 %)	0,5850

По данным диагностической ангиографии выявлено распределение пациентов по типу поражения TASC II целевого сегмента реваскуляризации: в 1-й группе TASC II А — 12 пациентов (29,2 %), В — 13 (31,7 %), С — 12 (29,2 %), D — 4 (9,9 %); во 2-й группе TASC II А — 22 пациента (47,9 %), В — 12 (26,1 %), С — 10 (21,7 %), D —

2 (4,3 %). Статистически значимых различий между группами не выявлено.

Вмешательства выполнялись как на одном сегменте, так и многоуровневые. Статистически значимых различий в группах сравнения по уровню реваскуляризации не выявлено, данные приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Уровень реваскуляризации

Уровень вмешательства		Группа 1 CO ₂ -ангиографии, n=41		Группа 2 йодконтрастной ангио- графии, n=46		p
Одноуровневые вмешательства	Подвздошный	61 %	13 (31,7 %)	69,6 %	19 (41,3 %)	0,359
	Бедренный		7 (17,1 %)		12 (26,1 %)	0,315
	Подколенный		3 (7,3 %)		1 (2,2 %)	0,260
	Берцовый		2 (4,9 %)		0 (0 %)	0,136
Многоуровневые вмешательства	Подвздошно-бедренный	39 %	4 (9,8 %)	30,4 %	2 (4,4 %)	0,327
	Бедренно-подколенный		5 (12,2 %)		6 (13 %)	0,625
	Подколенно-берцовый		7 (17 %)		6 (13 %)	0,911

При эндоваскулярных вмешательствах в группах СО₂- и йодконтрастной ангиографии на артериях подвздошного и бедренного сегмента выполнялись баллонная ангиопластика и стентирование артерий (баллонорасширяемыми на общей подвздошной артерии и нитиноловыми стендами без медикаментозного покрытия на уровне наружной подвздошной и поверхностной бедренной артерии), на подколенном и берцовом сегменте выполнялась изолированно баллонная ангиопластика (баллонами без медикаментозного покрытия). В 1-й группе у 2 пациентов выполнялась одномоментная реваскуляризация подвздошного сегмента и почечной артерии. Гибридные вмешательства при многоуровневом поражении выполнены в 1-й группе у 5 пациентов (3 случая эндоваскулярного вмешательства на подвздошном сегменте и открытых операций на бедренном сегменте, 2 случая открытых вмешательств на бедренном сегменте и эндоваскулярных вмешательств на подколенном сегменте), во 2-й группе у 3 пациентов (2 случая эндоваскулярного вмешательства на подвздошном сегменте и открытых операций на бедренном сегменте, 1 случай открытого вмешательства на бедренном сегменте и эндоваскулярного вмешательства на подколенном сегменте). Эндоваскулярные вмешательства выполнялись под местной анестезией, гибридные вмешательства выполнялись под спинальной анестезией.

Несмотря на тяжелую коморбидность и наличие ишемии по Фонтейну–Покровскому у большинства пациентов с хронической артериальной недостаточностью 3–4 в обеих группах достигнут технический и клинический успех в 97,5 % случаев. В обеих группах в 100 % случаев удалось избежать высоких ампутаций.

Прирост лодыжечно-плечевого индекса в группе СО₂-ангиографии составил $0,33 \pm 0,2$, в группе йодконтрастной ангиографии – $0,35 \pm 0,18$.

Продолжительность госпитализации в обеих группах значительно не отличалась: в 1-й группе средняя продолжительность госпитализации ($16,3 \pm 12,16$) дня, во 2-й группе ($12,3 \pm 7$) дня.

Продолжительность операции между группами значительно не отличается (в группе 1 продолжительность операции ($88,62 \pm 16,12$) мин, в группе 2 – ($75,69 \pm 36,9$) мин).

В нашем исследовании удалось значительно снизить объем использованного йодконтрастного препарата в группе СО₂-ангиографии (в 1-й группе среднее количество контрастного препарата $30,0 [26,3;42,2]$ мл, во 2-й группе – $150,0 [126,8;168,4]$ мл, $p < 0,0001$). В 1-й группе в

3 случаях удалось выполнить эндоваскулярные вмешательства без использования йодконтрастных препаратов (у пациентов с аллергической реакцией на йодсодержащие препараты и гипертиреозом). Уменьшение объема йодконтрастного препарата в 1-й группе пациентов позволило в значительной мере снизить риск развития контраст-индуцированной нефропатии (в группе 1 контраст-индуцированная нефропатия развилась в 2 (4,8 %) случаев, в группе 2 – в 10 (21,7 %) случаев), так прирост креатинина через 48 ч в 1-й группе составил $2,0 [0,1;8,5]$ мкмоль/л, во 2-й группе – $18,8 [16,3;21,3]$ мкмоль/л ($p < 0,0001$).

Одним из местных осложнений при СО₂-ангиографии является болевой синдром при введении углекислого газа. Так, в группе 1 (СО₂-ангиографии) у 3 пациентов болевой синдром по визуальной аналоговой шкале боли 6 баллов, 3 пациента – 7 баллов. В группе 2 выше 3 баллов по визуальной аналоговой шкале боли не отмечалось. Болевой синдром носит обратимый характер, купировался в течение 5 мин после введения СО₂.

В обеих группах выявлено по 1 случаю тромбоза стента и по 1 случаю дистальной эмболии атеротромботическими массами в ранний послеоперационный период, выполнена успешная тромбаспирация и баллонная ангиопластика зоны тромбоза. В 1-й группе раневых осложнений не отмечалось, во 2-й группе – 2 случая гематомы области артериальной пункции (место пункционного дефекта ушито из открытого доступа).

В послеоперационный период в 1-й и 2-й группах летальных исходов, инфаркта миокарда и инфаркта мозга не было.

В последние десятилетия с улучшением эндоваскулярной техники отмечается увеличение количества эндоваскулярных вмешательств на артериях нижних конечностей у пациентов пожилого и старческого возраста, что ведет к увеличению использования йодконтрастных препаратов и риска развития контраст-индуцированной нефропатии. В нашем ретроспективном исследовании впервые в Беларуси проведен анализ безопасности и эффективности СО₂-ангиографии при эндоваскулярных вмешательствах на артериях нижних конечностей в группе пациентов пожилого и старческого возраста.

Сравнивая результаты нашей работы по предотвращению контраст-индуцированной нефропатии с результатами исследований других авторов, мы получили сопоставимые результаты: достоверное снижение объема использования йодконтрастных препаратов и частоты развития контраст-индуцированной нефропатии в группе

СО₂-ангиографии 4,8 % по сравнению с группой йодконтрастной ангиографии (21,7 %) (по данным исследования Tim Jakobi и соавторов (2020) контраст-индуцированная нефропатия в группе СО₂-ангиографии развилась в 6,6 %, в группе йодконтрастной ангиографии – в 19,6 %, в исследовании Evilia Stegemann и соавторов (2016) контраст-индуцированная нефропатия в группе СО₂ ангиографии развилась в 5 %, в группе йодконтрастной ангиографии – 19 %) [5, 6]. Во всех случаях контраст-индуцированная нефропатия купирована водной нагрузкой без применения гемодиализа. При оценке рисков развития контраст-индуцированной нефропатии выявлено, что относительный риск контраст-индуцированной нефропатии в группе 2 составил 4,46 [95 %ДИ: 1,04–19,16].

При выполнении СО₂-ангиографии зачастую возникает болевой синдром при внутриапериартериальной инъекции газа, что приводит к движению конечности и возникновению артефактов и снижению качества изображения. На качестве СО₂-ангиографии при аортографии и артериографии таза негативно сказываются артефакты

перистальтики и газированность кишечника. Качество изображения оценивалось по предложенной Masahiko Fujihara (2014) схеме: тип I – сосуд и стеноз визуализируется, локализация и степень стеноза полностью определяются, тип II – сосуд контрастируется, но степень стеноза невозможно определить, тип III – четко не контрастируется сосуд, невозможно оценить локализацию стенотического поражения (рисунок 1) [7].

Наше исследование показало, что качество изображения йодконтрастной ангиографии превосходит СО₂-ангиографические изображения. Так, типа I в 1-й группе 11 (26,8 %), во 2-й группе – 38 (82,6 %), типа II в 1-й группе 27 (65,8 %), во 2-й группе – 8 (17,4 %), типа III в группе СО₂-ангиографии в 3 (7,4 %) случаях с наложением на изображение артефактов перистальтики кишечника и движения конечности. Однако комбинированное применение СО₂- и йодконтрастного препарата позволило улучшить качество получаемого ангиографического изображения и уменьшить объем применения йодсодержащего контрастного вещества со 150 мл во 2-й группе до 30 мл в 1-й группе.

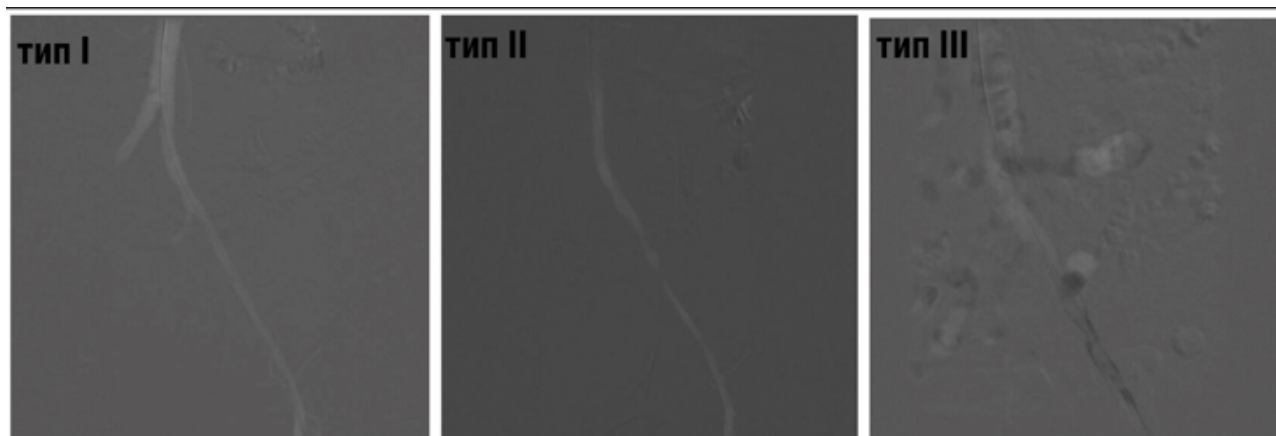


Рисунок 1 – Оценка качества изображения при СО₂-ангиографии

Стоит отметить и низкую стоимость применения углекислого газа в качестве контрастного вещества. Так, стоимость заправки баллона СО₂ на 3 кг составляет 40 белорусских рублей (не менее 50 ангиографических исследований), а стоимость 100 мл йогексола (Омнипак) — около 45 белорусских рублей.

Заключение. Риск развития контраст-индуцированной нефропатии обуславливает оценку функции почек при планировании эндоваскулярного вмешательства с применением йодконтрастных препаратов. Углекислый газ является альтернативным контрастным веществом и, как

показало наше исследование, безопасным в использовании. Не было зарегистрировано ни одного случая СО₂-эмболии висцеральных артерий, коронарных артерий и артерий головного мозга.

Применение комбинированной СО₂ ангиографии безопасно в сочетании с йодсодержащими контрастными препаратами и позволяет уменьшить объем йодконтрастного препарата и снизить риск развития контраст-индуцированной нефропатии.

Снижение объема вводимого СО₂ позволило уменьшить болевой синдром при карбоксиангиографии.

Список цитированных источников

1. Safety of Contemporary Percutaneous Peripheral Arterial Interventions in the Elderly / B. R. Plaisance [et al.] // J. Am. Coll. Cardiol. Interv. – 2011. – Vol. 4 (6). – P. 694–701.
2. Bowling, B. C. Epidemiology of Chronic Kidney Disease Among Older Adults: A Focus on the Oldest Old / C. B. Bowling, P. Muntner // J. Gerontol. Sci. Med. Sci. – 2012. – Vol. 67, N 12. – P. 1379–1386.
3. Mehran, R. Contrast-induced nephropathy: Definition, epidemiology, and patients at risk / R. Mehran, E. Nikolsky // Kidney International. – 2006. – Vol. 69. – P. 11–15.
4. Hawkins, I. F. Carbon Dioxide Digital Subtraction Arteriography / I. F. Hawkins // AJR. – 1982. – Vol. 139. – P. 19–24.
5. Feasibility and impact of carbon dioxide angiography on acute kidney injury following endovascular interventions in patients with peripheral artery disease and renal impairment / T. Jakobi [et al.] // J. Nephrol. – 2021. – Vol. 34 (3). – P. 811–820.
6. Carbondioxide-Aided Angiography Decreases Contrast Volume and Preserves Kidney Function in Peripheral Vascular Interventions / E. Stegmann [et al.] // Angiology. – 2016. – Vol. 67 (9). – P. 875–81.
7. Endovascular Therapy by CO₂ Angiography to prevent Contrast-Induced Nephropathy in Patients With Chronic Kidney Disease: A Prospective Multicenter Trial of CO₂ Angiography Registry / M. Fujihara [et al.] // Catheter Cardiovasc Interv. – 2015 – Vol. 85, N 5. – P. 870–877.

Effectiveness and safety of carboxyangiography in endovascular interventions on lower limb arteries in elderly patients

Mshar S. V.¹, Alexeev S. A.²

¹Brest Regional Hospital, Brest, Republic of Belarus,

²Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus

To assess the safety and effectiveness of using carbon dioxide as a contrast agent during endovascular interventions on the lower extremities in elderly patients.

An analysis of endovascular interventions for 2022–2023 was performed in 87 patients with atherosclerosis of the arteries of the lower extremities. Patients were divided into groups (41 patients using CO₂, 46 patients with iodine contrast).

For endovascular interventions balloon angioplasty and stenting were performed. It was possible to reduce the volume of iodine contrast agent in the CO₂ angiography group. Reducing the volume of iodine contrast decreased the risk of developing contrast-induced nephropathy. CO₂ is an alternative contrast agent and is safe to use.

Keywords: carboxyangiography, endovascular interventions, iodine contrast, obliterating atherosclerosis, contrast-induced nephropathy.

Поступила 05.06.2024