

**Преимущества применения автоматического
инъектора MEDRAD® Avanta
с технологией ручного управления введения
контрастного средства в интервенционной радиологии**

А.Г. Осиев¹, д. м. н., профессор, заведующий отделом рентгенохирургии сердца и сосудов;

Н.Л. Шимановский², д. м. н., профессор, чл.-корр. РАН, заведующий кафедрой молекулярной фармакологии и радиобиологии им. академика П.В. Сергеева

¹ ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского» Министерства здравоохранения Московской области, ул. Щепкина, 61/2, корп. 1, Москва, 129110, Российская Федерация;

² ГБОУ ВПО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения РФ, ул. Островитянова, 1, Москва, 117997, Российская Федерация

**Advantages of automatic injector MEDRAD® Avanta
with manual operation of contrast agent injection
in interventional radiology**

A.G. Osiev¹, MD, PhD, DSc, Professor, Head of Department of Roentgen Surgery of the Heart and Vessels;
N.L. Shimanovskii², MD, PhD, DSc, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences,
Head of P.V. Sergeev Department of Molecular Pharmacology and Radiobiology

¹ M.F. Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute,
Ministry of Health of the Moscow region,
ul. Shchepkina, 61/2, korpus 1, Moscow, 129110, Russian Federation;

² N.I. Pirogov Russian National Research Medical University,
Ministry of Health of the RF,
ul. Ostrovityanova, 1, Moscow, 117997, Russian Federation

Описаны преимущества применения автоматического инъектора MEDRAD® Avanta в интервенционной радиологии. Рассмотрены вопросы выбора наиболее оптимального рентгеноконтрастного средства при проведении ангиографии и рентгеноэндоваскулярных вмешательств. Сделан вывод, что контрастирование с помощью йопромиды и автоматического инъектора MEDRAD® Avanta следует считать надежным, высокоэффективным и безопасным методом визуализации в диагностике и рентгенохирургии сердечно-сосудистой патологии, при мальформациях, опухолях, пороках развития и при других заболеваниях.

Ключевые слова: автоматический инъектор MEDRAD® Avanta; интервенционная радиология; йопромид.

Для цитирования: Осиев А.Г., Шимановский Н.Л. Преимущества применения автоматического инъектора MEDRAD® Avanta с технологией ручного управления введения контрастного средства в интервенционной радиологии. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2016; 97 (3): 165–172. DOI: 10.20862/0042-4676-2016-97-3-165-172

Для корреспонденции: Шимановский Николай Львович; E-mail: shimannn@yandex.ru

Advantages of automatic injector MEDRAD® Avanta in interventional radiology are described. The issues concerning the selection of the optimal contrast agent during angiography and endovascular interventions are considered. It is concluded that contrast enhancement with iopromide and automatic injector MEDRAD® Avanta should be considered as reliable, highly effective and safe imaging technique in the diagnosis and X-ray surgery in cardiovascular diseases, malformations, tumors and other pathology.

Index terms: automatic injector MEDRAD® Avanta; interventional radiology; iopromide.

For citation: Osiev A.G., Shimanovskii N.L. Advantages of automatic injector MEDRAD® Avanta with manual operation of contrast agent injection in interventional radiology. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2016; 97 (3): 165–172 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2016-97-3-165-172

For correspondence: Nikolay L. Shimanovskii; E-mail: shimannn@yandex.ru

Information about author:

Shimanovskii N.L., <http://orcid.org/0000-0001-8887-4420>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received 21 March 2016

Accepted 26 April 2016

В последние годы в мире происходит значительный рост количества рентгенохирургических вмешательств, большую часть из которых составляют операции на сердце и сосудах [1]. С их помощью удается восстановить кровотоки по суженным коронарным или почечным сосудам, сосудам головного мозга, периферическим сосудам, остановить кровотечения (легочное, желудочно-кишечное, печеночное, из трофических язв при артериовенозных мальформациях и пр.), функционально выключить почку, селезенку, ишемизировать опухоль и т. д. Для адекватной визуализации состояния сосудистого русла и проведения эндоваскулярных операций необходимо выполнение ангиографических исследований с введением рентгеноконтрастных средств (РКС), часто в значительном объеме [2, 3]. В этих случаях наиболее актуальными становятся вопросы безопасности и эффективности применения как РКС, так и устройства, обеспечивающего его доставку, – автоматического инжектора.

Отвечая на запросы клиницистов, в последние годы разработчики медицинского оборудования создали надежные высокоточные инжекторы с функцией синхронизации с ангиографической установкой [3, 4]. Благодаря таким устройствам удается не только улучшить качество визуализации, но и повысить безопасность проводимой процедуры, уменьшив количество вводимого РКС и дозу облучения, получаемую как пациентом, так и медицинским персоналом. Кроме того, оператор может контролировать скорость выхода контрастного средства из конечного отверстия катетера для предотвращения избыточного давления или высокой скорости инъекции. Как правило, в катетере с конечным отверстием в момент инъекции контрастного средства давление не должно превышать уровня 300–500 PSI (фунт/дюйм²). При

инъекции РКС в большие сосудистые пространства, такие как левый желудочек, аорта или легочная артерия, с помощью катетеров с множеством боковых отверстий (Pigtail, Racket, Omni Flush) допустимо использовать давление до 1200 PSI. Все конструктивные компоненты автоматического инжектора должны выдерживать такое высокое давление, и, если оператор использует какие-либо дополнительные коннекторы, следует быть уверенным в их безопасности при высоком давлении.

К важным аспектам безопасности применения автоматических инжекторов также относятся: контроль объема вводимых жидкостей (контрастного средства и физиологического раствора), обнаружение воздуха в соединительных трубках, надежность трубок и коннекторов в отношении прикладываемого давления, наличие барьеров между пациентом и соединительной системой для многоразового использования, электробезопасность и электронные помехи. Кроме того, автоматические инжекторы помогают решать вопросы радиационной безопасности (в том числе наличие дистанционного выключателя синхронизации начала сканирования с временем введения РКС), а также сокращать вероятность возникновения ошибки в параметрах инъекции для различных сосудистых исследований.

Вышеперечисленные вопросы безопасности были тщательно изучены и надлежащим образом учтены производителями инжектора MEDRAD® Avanta, который также позволяет точно регистрировать объем введенного РКС и проводить гидратацию физиологическим раствором, что снижает риск развития контраст-индуцируемой нефропатии (КИН) [5, 6].

Система управления введением жидкости MEDRAD® Avanta является устройством нового поколения, позволяющим осуществлять автоматические инъекции в коронарные и другие сосу-

ды с контролируемой скоростью. Протоколы введения программируются при помощи цветного сенсорного дисплея, а контроль подачи жидкости осуществляется за счет ручного управляющего устройства. Контрастное средство вводится при помощи поршневого шприца объемом 150 мл, который автоматически заполняется из присоединенной емкости (например, флакона объемом 500 мл) с контрастным средством. Физиологический раствор для промывания подается при помощи шлангового (перистальтического) насоса, который также заполняется из присоединенной емкости.

Набор расходных материалов состоит из компонентов, рассчитанных на одного и нескольких пациентов. Набор для нескольких пациентов содержит шприц и предварительно собранные трубки и может использоваться у 5 пациентов. Ручной блок управления также может применяться у 5 пациентов, при условии использования защитного чехла. Инъекции и введение физиологического раствора контролируются этим устройством. Набор расходных материалов для одного пациента состоит из трубок высокого давления для контрастного средства, трубок высокого давления для физиологического раствора, изолирующего клапана (для присоединения преобразователей давления) и порта для сброса отработанного раствора. Фиксированная скорость введения задается пользователем в диапазоне 1–45 мл/с, шаг повышения скорости инфузии – 1 мл/с. Ручное управление скорости введения на инжекторе MEDRAD® Avanta позволяет увеличивать ее по шкале с 10 делениями. Следовательно, если выбрана скорость введения 4 мл/с, то каждое нажатие контроллера увеличивает ее на 0,4 мл/с. Резиновый шарик-переключатель в инжекторе Acist играет похожую роль, но требует большего опыта для корректного использования [4].

Основные параметры современных автоматических инъекторов [4]

Параметр	Cvi (Acist)	MEDRAD® Avanta
Объем шприца-инъектора, мл	100 (многоразовое использование)	150 (многоразовое использование)
Набор трубок для введения контрастного средства/физиологического раствора	Одноразовое использование	Многоразовое использование (для 5 пациентов)
Контролирование скорости введения ручным способом	Однократное использование. Устройство в виде пневматического резинового шарика (удаленное управление)	Однократное/многократное использование. Электромеханическое устройство (удаленное управление)
Скорость введения, мл/с	Вариабельная/фиксированная: 0,8–40 (шаг повышения 0,10)	Фиксированная: 1–45 (шаг повышения 1). Вариабельная: 1–10 (шаг повышения 0,1)
Калибровка в каждом случае	Требуется	Не требуется
Расходные материалы для пациента	Ручной регулятор для многоразового использования, порт дистанционного датчика, соединения Люэра	Запорный клапан, закрытый датчик, защитные соединения для многоразового использования
Экран, количество протоколов	Цветной экран 26 см (10,5 дюйма), 6 протоколов	Цветной экран 26 см (10,5 дюйма), 40 протоколов
Детекторы наполнения шприца-инъектора	Электромеханические	Инфракрасные, двойные
Диапазон давления, фунт/дюйм ²	200–1200	300–1200
Подогревание флакона и шприца	Нет	Есть (35 ± 5 °С)
Синхронизация с рентгеновским устройством	Есть (задержка 0–99,9 с)	Есть (задержка 0–99,9 с)
Время нарастания скорости введения, с	От 0,1 до 1 (шаг увеличения 0,1)	От 0,1 до 9,9 (шаг увеличения 0,1)
Детекторы воздуха	Ультразвуковые	Ультразвуковые

При сравнении основных технических характеристик инъектора MEDRAD® Avanta и другого автоматического инъектора – Acist (табл.1) очевидны существенные преимущества, которыми обладает инъекционная система MEDRAD® Avanta. К ним относятся больший объем шприца, возможность безопасного многоразового использования расходных материалов, большее число протоколов введения жидкостей, более удобный ручной регулятор скорости введения и др.

Среди этих преимуществ особое значение имеет наличие у инъектора MEDRAD® Avanta функции подогревания раствора РКС, так как для достижения желаемой скорости введения, особенно при использовании ка-

тетеров с маленьким диаметром, требуется высокое давление, которое определяется вязкостью вводимых растворов. Необходимое изменение давления для обеспечения нужной скорости

введения РКС более выражено при более низких температурах, когда вязкость любого раствора выше [7]. Согласно данным, приведенным в таблице 2, вязкость растворов РКС при повышении

Таблица 2

Вязкость различных рентгеноконтрастных средств при температуре 37 и 20 °С [9]

Контрастное средство	Вязкость, мПа·с	
	37 °С	20 °С
Йогексол 300	6,1	11,6
Йогексол 350	10,7	22,1
Йопромид 300 (Ультравист*)	4,6	8,7
Йопромид 370 (Ультравист*)	9,9	20,1
Йомепрол 350	7,5	14,5
Йомепрол 400	12,6	27,5
Йодиксанол 320	11,4	25,4

* Данные не распространяются на дженерики. Ультравист® – это название оригинального препарата.

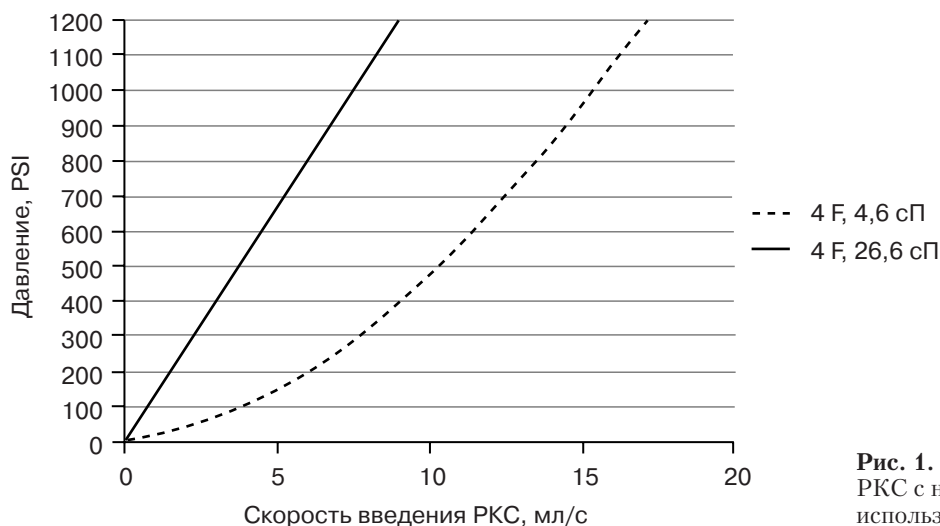


Рис. 1. Получаемые скорости введения РКС с низкой и высокой вязкостью при использовании катетера 4 F [9]

Таблица 3

Максимальные значения скорости введения растворов с различной вязкостью при использовании различного давления и катетеров с разным диаметром [10]

Вязкость вводимого раствора, сП	Давление, PSI	Максимально возможная скорость введения РКС, мл/с		
		Катетер 4 F (отверстие на конце)	Катетер 5 F (Pigtail)	Катетер 6 F (Pigtail)
4,6 (соответствует РКС с низкой вязкостью при температуре тела)	100	3,8	7,25	9,22
	300	7,58	13,55	18,86
	500	10,27	17,96	25,67
	1000	15,41	26,24	38,3
	1200	17,11	28,97	42,44
26,6 (соответствует РКС с высокой вязкостью при комнатной температуре)	100	0,75	1,7	3,63
	300	2,25	4,83	9,72
	500	3,75	7,76	15,18
	1000	7,53	14,73	27,65
	1200	9,07	17,43	32,35

температуры с 20 до 37 °С снижается примерно в 2 раза. Для снижения вязкости РКС необходимо подогревать вводимый препарат до температуры тела, что благоприятно влияет на величину требуемого давления для введения РКС и максимальную скорость потока [8].

Однако даже у подогретых до температуры тела РКС различие в вязкости имеет клиническое значение [6]. Изучение [9] зависимости максимально достижимой скорости введения раствора от его вязкости (сантипуаз, сП) показало, что введение смеси глицерин/вода с вязкостью 26,6 сП (соответствие по вязкости растворам РКС при 20 °С) значительно медленнее, чем аналогичного раствора с вязкостью 4,6 сП

(соответствие по вязкости растворам РКС при 37 °С). Согласно данным, представленным на рисунке 1, чем выше вязкость вводимого раствора, тем более высокий уровень давления необходимо использовать для достижения требуемой скорости введения РКС.

Поэтому врачам важно знать о различиях вязкости у используемых РКС (см. табл. 1).

Обычно требуемая максимальная величина давления в клинических условиях находится в пределах 300–1200 PSI. Можно сделать вывод, что для оптимизации введения РКС с помощью автоматических инъекторов необходимо: а) подогревать раствор РКС до температуры тела, чтобы достичь желательной

скорости потока при относительно низких давлениях, особенно при использовании катетеров с маленьким диаметром; б) применять РКС с низкой вязкостью (например, контрастное средство Ультравист®), особенно при использовании катетеров с маленьким диаметром.

Дополнительным аспектом безопасности новых автоматических инъекторов является постоянный контроль за величиной давления в катетере. Данная функция облегчает подтверждение коаксиальной ориентации наконечника катетера и минимизирует риск повреждения сосудистой стенки и экстравазации.

В таблице 3 представлены значения примерной скорости введения РКС при использова-

нии катетеров с различным диаметром и растворов с различной вязкостью.

В результате исследования с участием 1798 пациентов, подвергшихся чрескожным коронарным вмешательствам или диагностической катетеризации, было показано, что объем вводимого РКС был статистически достоверно ($p < 0,05$) ниже в группе использования автоматического иньектора ($145,6 \pm 107,6$ мл) по сравнению с группой, в которой применялось ручное введение ($204,3 \pm 147,1$ мл) [11]. Соответствующим образом снижалась и частота развития КИН – 13,3% против 19,3% ($p < 0,05$).

Использование электромеханического ручного управляющего устройства (контроллера) позволило врачам с высокой точностью управлять скоростью и объемом введения контрастного средства и в то же время уменьшить физические нагрузки для оператора. С помощью иньектора MEDRAD® Avanta удается получать качественные изображения



Рис. 2. Контрастирование левой коронарной артерии с использованием иньекционной системы MEDRAD® Avanta с ангиографическим катетером Vanguard Dx 4 F [12]

даже при использовании катетера с маленьким диаметром (рис. 2) [12]. Контрастное усиление было достигнуто быстрее и оказалось однороднее по сравнению с получаемым в результате иньекции, выполненной вручную (рис. 3).

Важно подчеркнуть, что высокое качество изображения при использовании автоматического иньектора достигается с применением катетера меньшего диаметра (4 F),

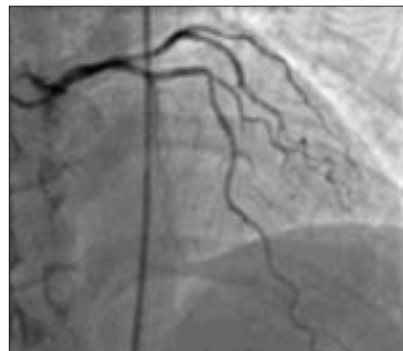


Рис. 3. Иньекция в левую коронарную артерию с использованием ангиографического катетера 6 F, выполненная вручную

это позволяет снизить необходимый объем вводимого РКС [12].

Рекомендуемые параметры введения РКС с помощью автоматического иньектора MEDRAD® Avanta представлены в таблице 4.

MEDRAD® Avanta – иньекционная система, которая позволяет контрастировать как мелкие сосуды (иньекция РКС в малом объеме, с низкой скоростью), так и крупные сосуды или полости

Таблица 4

Параметры контрастирования при использовании автоматических иньекторов [4]

Область контрастирования	Предпочтительная проекция	Скорость введения, мл/с	Объем контрастного средства, мл	Максимальное давление, PSI	Число кадров/с	Положение катетера	Тип катетера
Брюшная аорта	AP, LAO 30–60°, латеральная	15–25	30–40	700–1000	4–6	Th11–12	Pigtail, Racket, Omni Flush
Дуга аорты	LAO 30–60°	15–30	40–50	900–1200	4–6	Над клапаном аорты	Pigtail
Левый желудочек	RAO 35° или LAO 45°, 10–20° краниальная	10–15	25–40	700–1000	15	Верхушка левого желудочка	Pigtail
Ангиограмма артериальных сосудов легких	AP 40° CL	12–25	25–50	900–1200	6–8	Левая и правая ЛА	Grollman, Pigtail
Левая подключичная артерия ^{1,2}	AP	6–7	10–12	300–450	4		JR4, Davies, VTK, Berenstein
Бифуркация аорты и подключичной артерии	30° RAO 10° каудальная	7–8	10–15	300–450	4		JR4, Davies, VTK, Berenstein
Бифуркация аорты в тазовой области	AP и билатеральная, косая 35°	10–15	20–30	600–900	4	Над L4	Pigtail, Racket, Omni Flush

Область контрастирования	Предпочтительная проекция	Скорость введения, мл/с	Объем контрастного средства, мл	Максимальное давление, PSI	Число кадров/с	Положение катетера	Тип катетера
Подколенная/ большеберцовая/ подошвенная артерия ^{1, 2}	AP	5–10	10–15	300–500	2	Поверхностная бедренная артерия	Pigtail, MP, Racket, Omni Flush
Подвздошно-бедренная/ поверхностная бедренная артерия ^{1, 2}	IL 20° (подвздошная бифуркация CL 20°, бедренная бифуркация IL 40°)	5–10	10–15	300–500	3	Общая бедренная артерия	Pigtail, Racket, Omni Flush
Почечная артерия ^{1, 2}	CL 25° RAO/LAO	4–8	6–12	300–450	4–6	L1–2	Renal, JR4, LIMA, Cobra, SOS Omni (MP – доступ через верхнюю конечность)
Бифуркация сонной артерии ^{1, 2}	IL 45–90°	3–7	6–10	300–450	4–6	C5	Head Hunter, Davies, Vitek, JR4, Simons
Сонная внутричерепная артерия ^{1, 2}	Латеральная и краниальная 20°	3–7	8–10	300–450	4–6	C5	»
Чревная артерия	AP	4–6	8–15	300–450	3+1	Th12–L1	SOS Omni, Cobra
Разветвления брыжеечной артерии ^{1, 2}	AP±латеральная или LAO 30°	5–7	8–25	300–450	3+1	L1–2	»
Позвоночные артерии ^{1, 2}	AP 20°, краниальная	4–5	6–8	200–300	4		Davies, JB1
Левая коронарная артерия ^{1, 2}		3–5	6–10	300–500	15		JL 3,5–5, AL 1–3, MP
Правая коронарная артерия ^{1, 2}	LAO, краниальная	3	5	300	15		JR 4–3,5/ AR 1–2
Разветвления правой коронарной артерии ^{1, 2}	LAO	1	1	200–300	15		JR 4, 3,5 4–5 F
Левый венозный трансплантат ^{1, 2}	RAO или LAO каудальная	3	5	300	15		LCB, JR 4–3,5, AR1, AL 1–2
Правый венозный трансплантат ^{1, 2}	LAO/AP краниальная	3	5	300	15		RCB, AR1, MP, JR4–5
LIMA/RIMA ^{1, 2}	Краниальная, RAO	3–4	5–8	300	15		LIMA, JR4

Примечание. CL – контралатеральная; IL – ипсилатеральная; LAO – левая передняя косая; RAO – правая передняя косая; AP – передне-задняя; LAD – левая передняя нисходящая; RIMA/LIMA – правая/левая внутренняя грудная.

¹ Селективное введение, если не указано иное, катетер устанавливается в полость сосуда.

² Для цифровой субтракционной ангиографии контрастное средство можно разбавить на 25–50% физиологическим раствором или снизить скорость и объем введения примерно на 30%.

(инъекция больших объемов, с высокой скоростью), обеспечивая при необходимости возможность введения физиологического раствора.

Применение MEDRAD® Avanta способствует значительному сокращению времени рентгеновского облучения оператора и пациента при диагностических и интервенционных процедурах. Это стало возможным благодаря синхронизации инжектора со сканером, то есть рентгеновская установка включается только после введения контрастного средства. Кроме того, наличие дистанционного ручного управляющего устройства позволяет оператору регулировать скорость введения РКС, оставаясь на безопасном расстоянии от источника ионизирующего излучения [13]. Суммарная доза облучения благодаря использованию автоматического инжектора уменьшается в 2 раза [13]. Максимальное снижение дозы облучения наблюдалось при интервенционных процедурах [11]. Это изменение было обусловлено значительным укорочением времени, необходимого для получения отдельного изображения, а также уменьшением количества повторов.

Для периферической (не коронарной) эндоваскулярной ангиографии при проведении внутриартериальной цифровой субтракционной ангиографии общую дозу РКС снижают путем разбавления контрастного средства на 25–50% физиологическим раствором или уменьшения вводимого объема и скорости введения РКС примерно на 30%. Подобные изменения легко осуществимы с помощью инъекционной системы MEDRAD® Avanta и позволяют снизить риск повреждения почек у пациентов с почечной недостаточностью.

Заключение

Начиная с 2005 г., когда инъекционная система MEDRAD® Avanta была внедрена в клиническую практику, с ее помощью бы-

ло проведено более 1 млн диагностических и интервенционных процедур [5]. Используя инжектор MEDRAD® Avanta, оператор вручную может точно контролировать параметры введения РКС и менять их в ходе процедуры, что способствует оптимальной визуализации всех сосудистых бассейнов, даже при использовании катетеров с малым диаметром (4 F) [14]. Последнее обстоятельство имеет особое значение для проведения интервенционных процедур у детей. Существенным дополнительным практическим преимуществом использования инъекционных систем является повышение безопасности пациентов за счет сокращения требуемого количества РКС [15], а также повышение безопасности операторов вследствие снижения лучевой и физической нагрузки. Простота использования инжектора может способствовать экономии времени и ресурсов учреждения здравоохранения, достижению экономических преимуществ.

Более широкое внедрение в практику отечественной интервенционной радиологии инжектора MEDRAD® Avanta будет способствовать дальнейшему повышению безопасности процедуры для пациентов и персонала при одновременном повышении качества визуализации и сокращении расходов на здравоохранение.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература

1. Sandhu K., Nadar S.K. Percutaneous coronary intervention in the elderly. *Int. J. Cardiol.* 2015; 199: 342–55.
2. Шимановский Н.Л. Контрастные средства. Руководство по ра-

циональному применению. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2009: 463.

3. Поляев Ю.А., Гарбузов Р.В. Использование автоматического инжектора MARK V PRO VIS (MEDRAD) при проведении эндоваскулярных процедур в детской практике. *Диагностическая и интервенционная радиология.* 2009; 3 (2): 47–54.
4. Kaluski E., Moussa I.D., Heuser R. R., Kern M.J. Automated contrast injectors for angiography: Devices, methodology, and safety. *Cathet. Cardiovasc. Interv.* 2009; 74: 459–64.
5. Avanta™ Fluid Management Injection System. Available at: <http://www.radiologysolutions.bayer.com/products/angiography/injection/avanta/>
6. Кармазановский Г.Г., Поляев Ю.А., Юдин А.Л., Шимановский Н.Л. Современные рентгеноконтрастные средства и нефропатия: как снизить риск развития почечной недостаточности? *Медицинская визуализация.* 2007; 1: 135–44.
7. Brunette J., Mongrain R., Roders-Cabau J., Larose E., Leask R., Bertrand O.F. Comparative rheology of low- and iso-osmolarity contrast agents at different temperatures. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2008; 71: 78–83.
8. Halsell R.D. Heating contrast media: Role in contemporary angiography. *Radiology.* 1987; 164: 276–8.
9. Wildberger J.E., Mahnken A.H., Seidensticker P.R. Aorto-peripheral MDCT angiography: Implications for contrast medium delivery. *Imaging Decisions.* 2007; 4: 8–12.
10. Scutt C. Generic achievable space results. Indianola: Medrad Ltd. Publication; 2008.
11. Call J., Sacrinty M., Applegate R., Little W., Santos R., Baki T. et al. Automated contrast injection in contemporary practice during cardiac catheterization and PCI: Effects on contrast-induced nephropathy. *J. Invasive Cardiol.* 2006; 18: 469–74.
12. Вег Р.Дж. Линс Дж.А., Каленак Г., Белтц Р., Пфедзанин-Склак Д. Управление инъекциями контрастных препаратов во время диагностических и интервенционных процедур на коронарных сосудах. *Диагностическая и интервенционная радиология.* 2009; 3 (10): 41–5.

13. Larsen A.S., Osterås B.H. Step back from the patient: Reduction of radiation dose to the operator by the systematic use of an automatic power injector for contrast media in an interventional angiography suite. *Acta Radiol.* 2012; 53 (3): 330–4.
14. Durst R., Lotan C., Nassar H., Gotsman M., Mor E., Varshitzki B. et al. Comparison of 4 and 6 French catheters for coronary angiography: Real-world modeling. *Isr. Med. Assoc. J.* 2007; 9: 290–3.
15. Anne G., Gruberg L., Huber A., Nikolsky E., Grenadier E., Boulus M. et al. Traditional versus automated injection contrast system in diagnostic and percutaneous coronary interventional procedures: Comparison of the contrast volume delivered. *J. Invasive Cardiol.* 2004; 16 (7): 360–2.
1. Sandhu K., Nadar S.K. Percutaneous coronary intervention in the elderly. *Int. J. Cardiol.* 2015; 199: 342–55.
2. Shimanovskii N.L. Contrast agents. Guide rational use. Moscow: GEOTAR-Media; 2009: 463 (in Russ.).
3. Polyayev Yu.A., Garbuzov R.V. Use of automatic injector MARK V PRO VIS (MEDRAD) for endovascular interventions in children. *Diagnosticheskaya i Interventsionnaya Radiologiya.* 2009; 3 (2): 47–54 (in Russ.).
4. Kaluski E., Moussa I.D., Heuser R.R., Kern M.J. Automated contrast injectors for angiography: Devices, methodology, and safety. *Cathet. Cardiovasc. Interv.* 2009; 74: 459–64.
5. Avanta™ Fluid Management Injection System. Available at: <http://www.radiologysolutions.bayer.com/products/angiography/injection/avanta/>
6. Karmazanovskii G.G., Polyayev Yu.A., Yudin A.L., Shimanovskii N.L. Modern contrast media and nephropathy: How to decrease the risk of renal failure? *Meditinskaya Vizualizatsiya.* 2007; 1: 135–44 (in Russ.).
7. Brunette J., Mongrain R., Roders-Cabau J., Larose E., Leask R., Bertrand O.F. Comparative rheology of low- and iso-osmolarity contrast agents at different temperatures. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2008; 71: 78–83.
8. Halsell R.D. Heating contrast media: Role in contemporary angiography. *Radiology.* 1987; 164: 276–8.
9. Wildberger J.E., Mahnken A.H., Seidensticker P.R. Aorto-peripheral MDCT angiography: Implications for contrast medium delivery. *Imaging Decisions.* 2007; 4: 8–12.
10. Scutt C. Generic achievable space results. Indianola: Medrad Ltd. Publication; 2008.
11. Call J., Sacrinty M., Applegate R., Little W., Santos R., Baki T. et al. Automated contrast injection in contemporary practice during cardiac catheterization and PCI: Effects on contrast-induced nephropathy. *J. Invasive Cardiol.* 2006; 18: 469–74.
12. Begg R.J., Lins J.A., Kalenak G., Beltz R., Padezanin-Sklack D. Managing contrast injections during diagnostic and interventional coronary procedures. *Diagnosticheskaya i Interventsionnaya Radiologiya.* 2009; 3 (10): 41–5 (in Russ.).
13. Larsen A.S., Osterås B.H. Step back from the patient: Reduction of radiation dose to the operator by the systematic use of an automatic power injector for contrast media in an interventional angiography suite. *Acta Radiol.* 2012; 53 (3): 330–4.
14. Durst R., Lotan C., Nassar H., Gotsman M., Mor E., Varshitzki B. et al. Comparison of 4 and 6 French catheters for coronary angiography: Real-world modeling. *Isr. Med. Assoc. J.* 2007; 9: 290–3.
15. Anne G., Gruberg L., Huber A., Nikolsky E., Grenadier E., Boulus M. et al. Traditional versus automated injection contrast system in diagnostic and percutaneous coronary interventional procedures: Comparison of the contrast volume delivered. *J. Invasive Cardiol.* 2004; 16 (7): 360–2.

References

Поступила 21.03.2016
Принята к печати 26.04.2016