



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-3-88-106>

Методики томографической визуализации ушка левого предсердия при планировании интервенционного лечения фибрилляции предсердий

© Каштанова Н.Ю.^{1*}, Кондратьев Е.В.¹, Ратников В.А.³, Карпов Р.А.²

¹ ФГБУ «НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России; 117997 Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27, Российская Федерация

² ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны России; 194044 Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6, Российская Федерация

³ ФГБУЗ «Клиническая больница №122 им. Л.Г. Соколова» ФМБА России; 194291, Санкт-Петербург, пр. Культуры, д. 4, Российская Федерация

Изменение внутрисердечной гемодинамики на фоне неправильного ритма фибрилляции предсердий создает условия для формирования тромбов в полости ушка левого предсердия. Наличие тромба в ушке является неблагоприятным прогностическим фактором последующих кардиоваскулярных событий, являясь источником до 64% случаев ишемических инсультов, а сопутствующая антикоагулянтная терапия приводит к большой частоте геморрагической трансформации. Симптомная и рефрактерная к медикаментозному лечению фибрилляция предсердий требует хирургической коррекции ритма или электрической кардиоверсии. Во время вмешательства существует высокий риск кардиоэмболического инсульта, поэтому на дооперационном этапе для его профилактики необходимо исключить тромбоз ушка левого предсердия. Основным методом визуализации ушка – чреспищеводная эхокардиография, но на сегодняшний день определенный вклад вносит компьютерная томография и, в меньшей степени, магнитно-резонансная томография. Целью данного научного обзора было изучение возможностей каждой методики и их роли в диагностическом алгоритме при обследовании пациентов перед катетерной абляцией источников фибрилляции предсердий.

Ключевые слова: МСКТ, фибрилляция предсердий, радиочастотная абляция, тромбоз ушка левого предсердия

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Каштанова Н.Ю., Кондратьев Е.В., Ратников В.А., Карпов Р.А. Методики томографической визуализации ушка левого предсердия при планировании интервенционного лечения фибрилляции предсердий. *Медицинская визуализация*. 2020; 24 (3): 88–106. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-3-88-106>

Поступила в редакцию: 13.01.2020. **Принята к печати:** 08.05.2020. **Опубликована online:** #####.

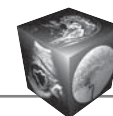
Techniques of left atrial appendage tomography for planning intervention treatment of atrial fibrillation

© Nataliya Yu. Kashtanova^{1*}, Evgenij V. Kondratyev¹, Vyacheslav A. Ratnikov³, Roman A. Karpov²

¹ A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery; 27, Bol'shaya Serpukhovskaya str., Moscow, 117997, Russian Federation

² FSBMEI HE "S.M. Kirov Military Medical Academy"; 6, Academic Lebedev str., St. Petersburg, 194044, Russian Federation

³ L.G. Sokolov Clinical hospital №122 FMBA of Russia; 4, prosp. Kultury, St. Petersburg, 194291, Russian Federation



Due to intracardiac circulatory changes atrial fibrillation creates conditions for thrombus formation in the left atrial appendage (LAA). The presence of thrombus in LAA is poor prognostic factor of subsequent cardiovascular events. It is the source of up to 64% of ischemic stroke cases, and concomitant anticoagulant therapy leads to a high frequency of hemorrhagic conversion. For patient with symptomatic and drug-refractory arrhythmia is recommended surgical rhythm correction or electrical cardioversion. There is a high risk of cardioembolic stroke during the intervention, so it is necessary to exclude LAA thrombosis at pre-operation stage. The main method of LAA visualization is transesophageal echocardiography, but today computed tomography and, less, magnetic resonance tomography become important. The purpose of this review is to analyze the possibilities of each visualisation technique and their role in the diagnostic algorithm when examining patients before catheter ablation of atrial fibrillation sources.

Keywords: MDCT, atrial fibrillation, radiofrequency ablation, left atrial appendage trombosis

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Kashtanova N.Yu., Kondratyev E.V., Ratnikov V.A., Karpov R.A. Techniques of left atrial appendage tomography for planning intervention treatment of atrial fibrillation. *Medical Visualization*. 2020; 24 (3): 88–106. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-3-88-106>

Received: 13.01.2020.

Accepted for publication: 08.05.2020.

Published online: 30.09.2020.

Актуальность

Численность пациентов, страдающих от фибрилляции предсердий (ФП) в популяции составляет более 33 млн человек, это самая распространенная форманарушения ритма сердца [1]. Госпитализация по причине пароксизма аритмии или возникших осложнений ассоциирована с высокими экономическими затратами на лечение и реабилитацию. Важны раннее выявление бессимптомной ФП, медикаментозный контроль ритма и частоты сердечных сокращений или кардиоверсия, а также антикоагулянтная терапия [2, 3]. При продолжительности приступа аритмии более 48 ч или при постоянной форме ФП нарушения внутрисердечной гемодинамики создают благоприятные условия для формирования тромбов, в частности в полости ушка левого предсердия (ЛП) [4]. В дальнейшем тромбоэмболия на фоне ФП является источником от 21 до 64% ишемических инсультов [5–7]. Наличие тромба в полости ушка ЛП является неблагоприятным прогностическим фактором последующих сердечно-сосудяных событий, даже на фоне антикоагулянтной терапии [8]. Нарушения мозгового кровообращения, имеющие кардиоэмболическую этиологию, как правило, поражают крупные мозговые артерии. Ввиду неразвитой коллатеральной сети возникает обширная область гипоперфузии, а сопутствующая ФП антикоагулянтная терапия приводит к большой частоте геморрагической трансформации [9], что обуславливает тяжесть состояния и неблагоприятный прогноз [5, 10]. Лакунарные гипертонические инфаркты имеют более благоприятный прогноз ввиду предшествующих транзиторных ишемических атак и формирования коллатерального кровотока [7].

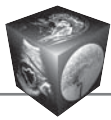
Для профилактики кардиоэмболии во время процедуры электрической кардиоверсии или ка-

тетерной абляции источников аритмий необходимо исключить наличие тромбов в камерах сердца [3, 4]. Основной метод визуализации ушка – чреспищеводная эхокардиография (ЧПЭхоКГ), но на сегодняшний день определенный вклад вносит компьютерная томография (КТ) и в меньшей степени магнитно-резонансная томография (МРТ) [11]. Особое внимание требуется уделить пациентам перед интервенционным лечением предсердных аритмий, которым в обязательном порядке перед операцией выполняется КТ сердца для оценки размеров предсердий и анатомии легочных вен [4, 12], а также для интеграции томографических данных в системы электроанатомического картирования [13–16]. Необходимо ограничиваться минимальным набором диагностических процедур и стремиться к сокращению инвазивных методик, которые доставляют дискомфорт пациенту, в максимально возможном количестве случаев.

Чреспищеводная эхокардиография

ЧПЭхоКГ является “золотым стандартом” визуализации тромбов в камерах сердца и выполняется всем пациентам перед кардиоверсией, изоляцией легочных вен и другими инвазивными процедурами в ЛП и ушке [17, 18]. Специфичность ЧПЭхоКГ в определении тромбов в ушке ЛП достигает 99–100% [18].

Первично нарушение сократимости предсердий при ФП приводит к замедлению кровотока в ушке и стазу эритроцитов, проявляющимся при ЭхоКГ в виде подвижных, наподобие дыма, эхосигналов, формирующих вихри потока в течение сердечного цикла [19]. Это не истинный тромбоз, и данные изменения принято называть эффектом спонтанного эхоконтрастирования (ЭСЭ) [17, 18,



20]. Прогрессирующий сладж элементов крови проявляется уплотнением “дымчатого” эхосигнала и слоистостью, напоминает студенистый эхоплотный сигнал от менисков, но подвижный в отличие от хряща и не формирующий отчетливую массу, сохраняющийся в течение всего сердечного цикла [19]. Дальнейший сладж приводит к формированию тромбов [17]. Тромботические массы при ЭхоКГ визуализируются как отграниченные эхоплотные структуры, четко дифференцирующиеся от прилежащего эндокарда ЛП или ушка и гребенчатых мышц, но менее гетерогенные и подвижные, чем сладж [19, 21].

Отмечено, что риск тромбоэмболии из ушка заметно выше среди пациентов с ЭСЭ при ЧПЭхоКГ, чем при нормальном кровотоке (12% против 3% в год; $p = 0,002$) даже при отсутствии явного тромбоза [18]. “Плотность” эхоконтрастирования влияет на риск тромбоэмболии, и пациенты с ФП и “плотным” ЭСЭ имеют более высокий риск церебральной эмболии и смерти [22]. Выявление ЭСЭ является важным, хоть и не влияет на тактику хирургического лечения и выбор типа антикоагулянтной терапии. Однако ложноположительное заключение о тромбозе по результатам ЧПЭхоКГ при наличии сладжа или объемных гребенчатых мышц может привести к отмене кардиоверсии или операции. Использование эхоконтрастного усиления снижает частоту данных артефактов с 29 до 2% ($p < 0,001$) [23].

ЧПЭхоКГ является мини-инвазивной процедурой и осложнения встречаются крайне редко [24]. В ряде случаев (около 1,9%) процедура не может быть проведена по техническим причинам (трудности при проведении зонда при некоторых заболеваниях пищевода и желудка), а в 0,88% – по причине отказа пациента [18]. В таких случаях Американское общество эхокардиографии рекомендует заменить ЧПЭхоКГ альтернативными методиками [24].

Компьютерная томография

КТ с внутривенным контрастным усилением является основным методом визуализации ЛП, легочных вен, взаимоотношения их с соседними структурами и вариантной анатомии, поэтому выполняется всем пациентам перед катетерной абляцией источников предсердных аритмий [25]. КТ позволяет оценить форму и размеры ушка ЛП, а также обладает высокой чувствительностью в диагностике тромбоза, при этом метод не является операторозависимым. В отличие от ультразвукового исследования, это статический метод, изображения фиксируются через несколько секунд после поступления контрастного средства (КС)

в левые отделы сердца [12, 26]. Внутриполостные тромбы в ЛП или ушке визуализируются как дефекты наполнения (рис. 1) [27]. Недостаточная сократимость предсердий при ФП приводит к неполному перемешиванию КС и крови в раннюю артериальную фазу [28] и возникновению псевдодефекта наполнения, аналогично ЭСЭ при ЭхоКГ, который в данном случае обозначается как эффект замедленного кровотока – “slow flow” или эффект замедленного контрастирования (ЭЗК) (рис. 2) [27, 29]. При обнаружении данного феномена диагностическая ценность методики значительно снижается. Помимо этого, повышенная трабекулярность и объемные гребенчатые мышцы также могут проявляться псевдодефектами контрастирования, что приводит к ложноположительному заключению о тромбозе [28, 30]. Грамотный подход к выбору методики контрастного усиления и количества фаз сканирования, выбор наиболее точного количественного параметра для оценки контрастирования ушка важен для выявления истинного тромбоза и дифференцировки с ЭЗК. Это позволит снизить частоту уточняющей диагностики ЧПЭхоКГ, а также избежать ошибочной отмены операции или электрической кардиоверсии в случаях невозможности выполнения инвазивной ЭхоКГ. Применяемые в практике томографические протоколы отражены в таблице и подробно будут рассмотрены далее.

Монофазное сканирование, монофазное контрастное усиление

Самым распространенным исследованием сердца является КТ-коронарография. Большинство исследователей для визуализации коронарных артерий используют монофазный протокол контрастного усиления, включающий введение КС в количестве от 30 до 140 мл со скоростью от 2,8 до 6 мл/с [31]. Сканирование при этом проводится в артериальную фазу с минимальной задержкой после введения КС. Наряду с ангиографией получают изображения с хорошей контрастностью между миокардом и кровью в левых отделах сердца, поэтому данный протокол исследования используется и при КТ сердца за рамками диагностики ИБС, в том числе при оценке ЛП и ушка ЛП перед катетерной абляцией.

Согласно результатам метаанализа J. Romero и соавт. (2013), объединившим 11 статей, суммарная чувствительность, специфичность, положительное и отрицательное прогностическое значение ранней артериальной фазы в определении тромбоза ушка составляет 96, 92, 41, 99% соответственно [26]. При этом для повышения точности метода ряд исследователей использовали

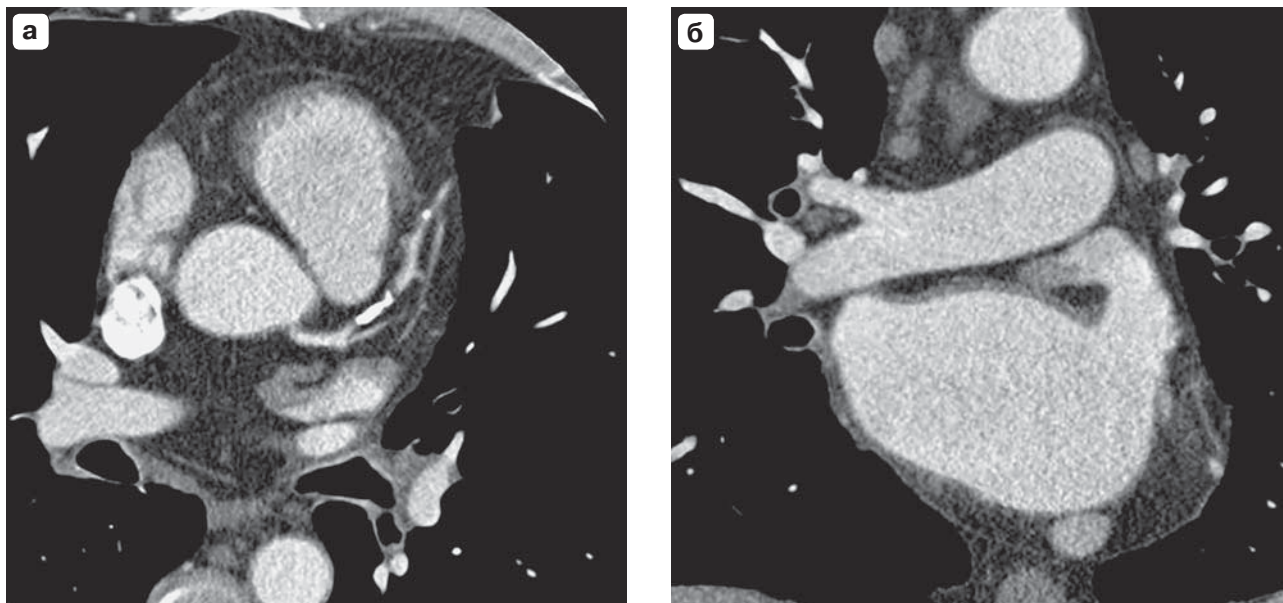
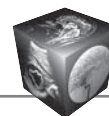


Рис. 1. КТ, монофазное контрастное усиление, артериальная фаза (**а** – аксиальная реконструкция, **б** – корональная реконструкция). В верхушке ушка ЛП определяется дефект наполнения с четкими контурами, вероятно, тромб. При ЧПЭхоКГ: ушко ЛП с поперечной трабекулой ближе к верхушке и тромботическими массами.

Fig. 1. CT, monophasic contrast enhancement, arterial phase (**a** – axial reconstruction, **b** – coronal reconstruction). There is filling defect in the left atrial appendage (LAA) apex, probably related to thrombus. TEE: there is thrombus and transverse trabecula in the LAA apex.

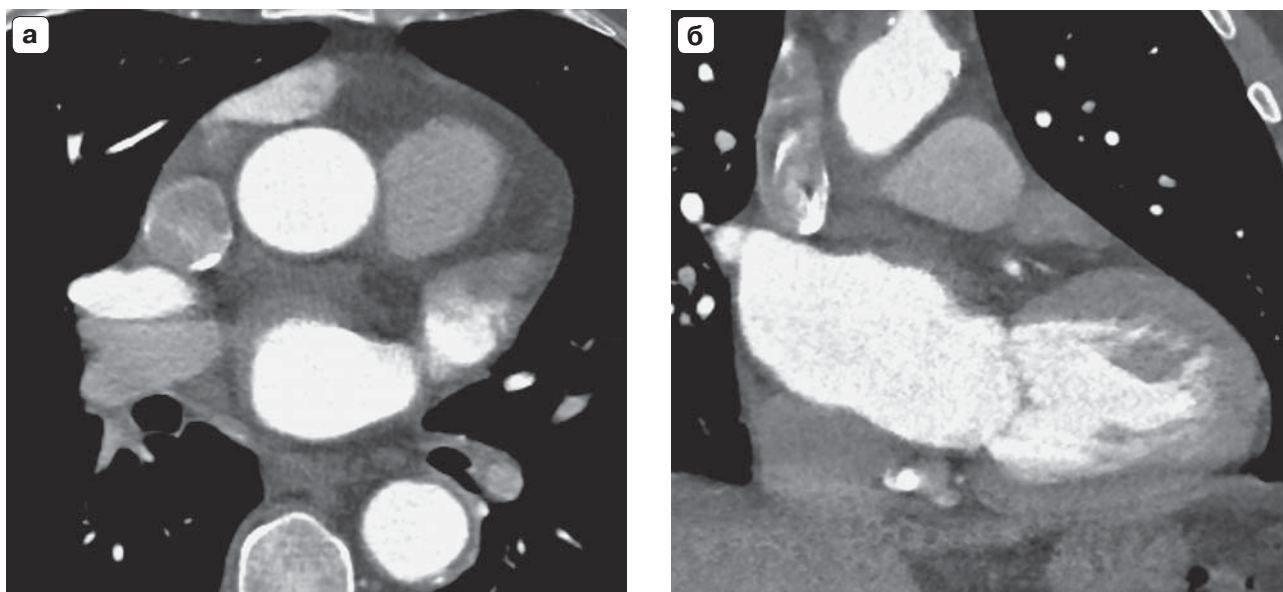


Рис. 2. КТ, монофазное контрастное усиление, артериальная фаза (**а** – аксиальная реконструкция, **б** – корональная реконструкция). В ушке ЛП определяется дефект контрастирования с нечеткими контурами, занимающий до 1/2 объема ушка, вероятно, тромб. При ЧПЭхоКГ: в полости и ушке ЛП выраженный эффект спонтанного эхоконтрастирования, дополнительных образований не выявлено.

Fig. 2. CT, monophasic contrast enhancement, arterial phase (**a** – axial reconstruction, **b** – coronal reconstruction). There is filling defect in the LAA, occupying up to 1/2 the volume, probably a trombus. TEE: there is spontaneous echo contrast in the LAA.

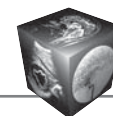


Таблица 1. Протоколы контрастного усиления при КТ левого предсердия и легочных вен (данные мировых исследований)

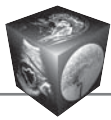
Table 1. Contrast enhancement CT-protocols for left atrium and pulmonary veins (global research data)

Автор, год публикации	Число наблюдений	КС	Тип протокола	I болюс КС, мл	II болюс КС, мл	Физраствор, мл
N.K. Singh et al., 2009 [32]	52	Йопамидол 370	ММ	80–100	–	–
Y.Y. Kim et al., 2007 [33]	233	Йопромид 300	ММ	90–100	–	–
M. Dorenkamp et al., 2013 [34]	329	Йомепрол 400	ММ	80	–	–
J. Saucedo et al., 2014 [35]	172		ММ		–	–
M. Hioki et al., 2016 [36]	459	Йогексол 350	ММ	70	–	–
L. Wang et al., 2016 [37]	831	Йодиксанол 320	ММ	65–85	–	–
R. Homsy et al., 2016 [38]	124	Йопамидол 370	ММ	90	–	–
J. Hur et al., 2009 [39]	55	Йопамидол, 370	ДМ	60–90	–	–
S.C. Kim et al., 2010 [21]	314	Йомепрол 400	ДМ	80	–	–
S.T. Sawit et al., 2012 [29]	176	Йопамидол 300	ДМ	60–80	–	50
O. Lazoura et al., 2016 [40]	122	Йопромид 370	ДМ	90	–	–
M.J. Budoff et al., 2016 [41]	84		ДМ	40–80	–	–
K.C. Bilchick et al., 2016 [42]	320		ДМ	60	–	–
J. Hur et al., 2012 [43]	63	Йодиксанол 320	МД	50	70	50
J. Hur et al., 2013 [44]	117	Йодиксанол 320	МД	50	70	50
W. Staab et al., 2014 [45]	182	Йомепрол 350	МД	30	70	40
C. Teunissen et al., 2017 [28]	477	Йопромид 300	МД	30	70	60 мл (30% КС: 70% saline)

Примечание. ММ – монофазное сканирование, монофазное контрастное усиление, ДМ – двухфазное сканирование, монофазное контрастное усиление, МД – монофазное сканирование, двухфазное контрастное усиление.



Скорость введения КС	Задержка артериальной фазы	Задержка отсроченной фазы	Томограф
4–5 мл/с		–	Sensation 64, Siemens Medical Solutions
3,5–4,5 мл/с		–	Sensation 16/Sensation 64, Siemens Medical Solutions; Brilliance 40, Philips Medical Systems
		–	VCT LightSpeed, GE Healthcare
		–	64-slice Somatom Definition CT, Siemens; 128-slice dual head scanner Somatom Definition Flash CT, Siemens
		–	128-slice CT scanner, Somatom Definition FLASH, Siemens Healthcare
4 мл/с	5 с	–	Siemens Sensation 15 cardiac 64; GE Lightspeed VCT 64
6 мл/с	6 с	–	Brilliance 64, Philips Medical Systems
5 мл/с	6 с	30 с	Sensation 64, Siemens Medical Solutions
4 мл/с		120 с	Brilliance 64, Philips Medical Systems
4 мл/с		60 с	256-slice Brilliance iCT, Philips Medical System; 128-slice Somatom Definition AS 128, Siemens Medical Solutions; 64-slice Lightspeed VR 64-multislice computed tomograph, GE.
6 мл/с		60 с	Somatom Definition Flash Dual Source CT, Siemens
5 мл/с		40 с	64-slice GE Lightspeed Volume CT (VCT)
	4	40с	Siemens FLASH
5 мл/с	–	180 с	Dual-energy CT 64-row multidetector CT scanner (Discover CT750 HD), GE Healthcare
5 мл/с	–	180 с	Dual-source CT scanner Somatom Definition Flash, Siemens Medical Solutions
2–4 мл/с	–	20 с	64-slice MDCT scanner VCT LightSpeed, GE Healthcare
6 мл/с	–	25 с	256-slice CT system, Philips Healthcare



количественные параметры: плотность крови в ушке ЛП и отношение плотности крови в ушке ЛП к плотности крови в восходящей аорте (LAA/AA). Применение количественного критерия – значение LAA/AA 0,78 и менее – позволило точнее диагностировать нарушение контрастирования ушка (с повышением отрицательного прогностического значения до 100%). Однако дифференцировать причины его развития затруднительно: отношение LAA/AA при тромбозе и ЭЗК составило 0,614 и 0,626 соответственно, при их отсутствии – 0,9 (положительное прогностическое значение 25%) [32]. Y.Y. Kim и соавт. [33] было предложено использование порогового значения коэффициента LAA/AA 0,25 для разграничения причин изменения контрастирования ушка ЛП: для тромбоза характерно значение менее 0,25, для ЭЗК более 0,25. Отдельной категорией авторы выделяют выраженный ЭЗК, для которого также характерно значение LAA/AA менее 0,25, что снижает чувствительность до 30%. Несмотря на это, использование порогового значения 0,25 позволяет повысить положительное и отрицательное прогностическое значение до 75 и 96% соответственно.

С другой стороны, M. Dorenkamp и соавт. [34] получили чувствительность и положительное прогностическое значение КТ в диагностике тромбоза, равные 29 и 20%. Среди 10 случаев дефектов контрастирования при КТ лишь 2 подтверждены при ЭхоКГ, а 5 случаев истинного тромбоза ушка были не распознаны при КТ. Сахарный диабет, CHADS2 score ≥ 3 и CHA2DS2-VASc score ≥ 4 являлись независимыми предикторами тромбоза даже на фоне антикоагулянтной терапии. Поэтому при обследовании данной когорты авторы рекомендуют не ограничиваться только КТ при негативных результатах и перед операцией выполнять ЧПЭхоКГ.

В исследовании J. Saucedo и соавт. также была продемонстрирована высокая суммарная диагностическая точность однофазного сканирования для диагностики тромбоза перед изоляцией легочных вен (96,2%). Принималась во внимание только визуальная оценка, также не проводилась дифференцировка с ЭЗК. Это привело к высокой частоте ложноположительных результатов – только 2 случая дефектов контрастирования на компьютерной томограмме из 16 соответствовали тромбозу при ЧПЭхоКГ, положительное прогностическое значение составило всего 12,5%. Чувствительность, специфичность и отрицательное прогностическое значение составили 100, 91,8 и 91,8% соответственно. Исследователи сделали вывод, что результатов однофазного сканирова-

ния достаточно для исключения тромбоза ушка ЛП, а ЧПЭхоКГ должно быть следующим шагом лишь у пациентов с дефектами контрастирования при КТ [35].

Данные M. Nioki и соавт. также указывают на высокую точность артериальной фазы КТ для диагностики тромбоза ушка (чувствительность 100%, специфичность 91% и отрицательное прогностическое значение 100%), что дает возможность отказаться от выполнения ЧПЭхоКГ перед катетерной абляцией почти в 90% случаев. Было отмечено, что дефекты контрастирования при КТ встречались в 2 раза чаще на фоне ритма ФП, чем на фоне синусового ритма. При контрольном исследовании через 3 мес после радиочастотной абляции ни у одного из 450 пациентов, включая 42 пациента с дефектами контрастирования при первичной КТ, не наблюдалось нарушения контрастирования ЛП и ушка. Это доказывает наличие обратного функционального и анатомического ремоделирования ЛП и улучшения гемодинамики после операции [36].

L. Wang и соавт. доказали, что монофазное сканирование в артериальную фазу даже без ЭКГ-синхронизации обладает 100% чувствительностью и отрицательным прогностическим значением в отношении диагностики тромбоза ушка ЛП, специфичность составила 91%, что позволило бы теоретически снизить частоту выполнения ЧПЭхоКГ на 80%. Положительное прогностическое значение составило 3%, что подтверждает более ранние исследования. Количественный анализ не улучшал диагностическую точность КТ и не помогал в дифференциации тромбоза и замедленного контрастирования. В большинстве случаев ложноположительные результаты были ассоциированы со снижением пиковой скорости кровотока в ушке ЛП, ритмом фибрилляции или трепетания предсердий, снижением фракции выброса левого желудочка менее 50% [37].

В свою очередь R. Homsi и соавт. получили несколько другие результаты: чувствительность и специфичность диагностики тромбоза или его высокой вероятности при визуальной оценке контрастирования при КТ в артериальную фазу составили 81,5 и 96,9% соответственно, положительное и отрицательное прогностическое значение – 87,5 и 95,2% соответственно по сравнению с ЧПЭхоКГ. Количественный анализ – расчет отношения LAA/LA и его значение $< 0,75$ для диагностики тромбоза, определенное согласно ROC-анализу, не улучшало диагностическую точность КТ (чувствительность, специфичность, положительное и отрицательное прогностическое значе-

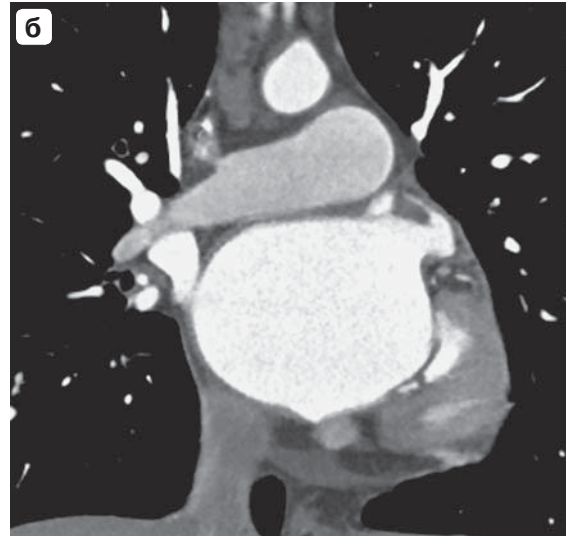
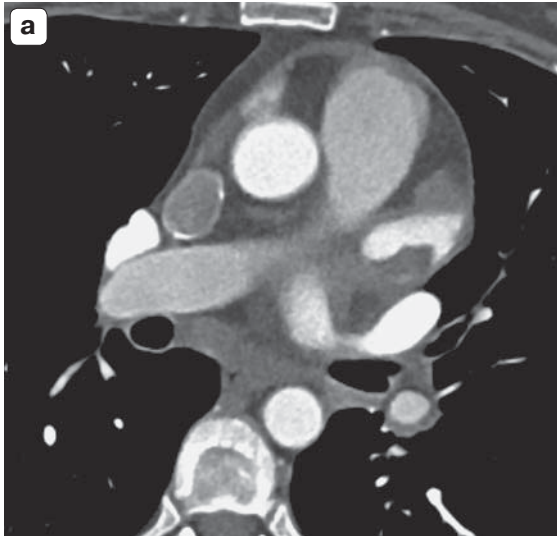
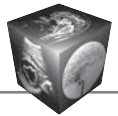
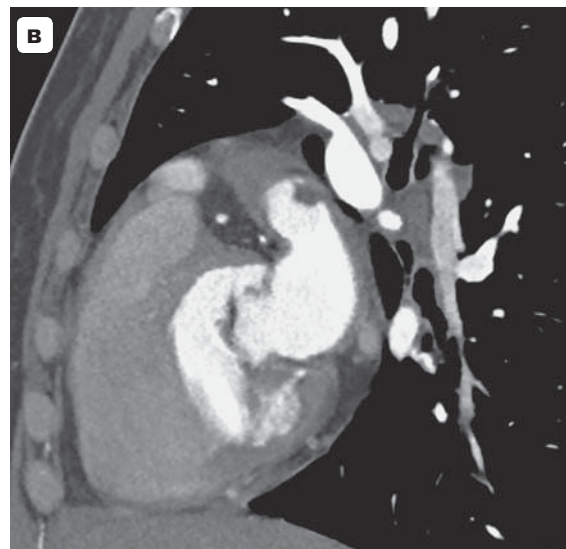


Рис. 3. КТ, монофазное контрастное усиление, артериальная фаза (**а** – аксиальная реконструкция, **б** – корональная реконструкция, **в** – сагиттальная реконструкция). В ушке ЛП по заднебоковой стенке определяется дефект контрастирования неправильной формы с четкими контурами, а также дефект контрастирования в верхушке ушка, вероятно, соответствующие тромботическим массам. При ЧПЭхоКГ: в ушке ЛП определяется эффект спонтанного эхоконтрастирования, по боковой стенке – пристеночный тромб ближе к треугольной форме размерами 10 × 10 мм без флотации.

Fig. 3. CT, monophasic contrast enhancement, arterial phase (**a** – axial reconstruction, **б** – coronal reconstruction, **в** – sagittal reconstruction). In the LAA define filling defects: near posterio-lateral wall and in the apex. TEE: there is spontaneous echo contrast in the LAA with mural thrombus near lateral wall (10 × 10 mm) without flotation.



ние составили 77,8, 91,8, 72,4, 94,9% соответственно). Однако вывод соотносился с другими исследователями: высокое отрицательное прогностическое значение позволяет использовать артериальную фазу КТ для скрининга тромбоза ушка ЛП, особенно у пациентов с противопоказаниями к ЧПЭхоКГ [38].

Таким образом, визуальная оценка контрастирования в раннюю артериальную фазу и расчет количественных показателей обладают достаточной чувствительностью для подозрения на наличие тромбоза, но не позволяют дифференцировать выраженное явление замедленного контрастирования от тромба (рис. 3). Высокая частота ложноположительных результатов обуславливает низкую положительную прогностическую значимость и требует дополнительного проведения ЧПЭхоКГ.

Двухфазное сканирование, монофазное контрастное усиление

Дальнейшее внимание исследователей было направлено на минимизацию ложноположительных результатов КТ. Для этого ряд авторов использовали дополнительную фазу – отсроченное сканирование через 1–5 мин после введения КС. Предполагалось, что пролонгирование исследования позволит улучшить дифференциальную диагностику между замедленным контрастированием и тромбозом. При более позднем сканировании ЭЗК должен исчезать за счет более полного и равномерного заполнения контрастом (рис. 4, 5). Сохраняющийся в течение минуты от начала введения КС дефект контрастирования более соответствует тромбу [20, 26].

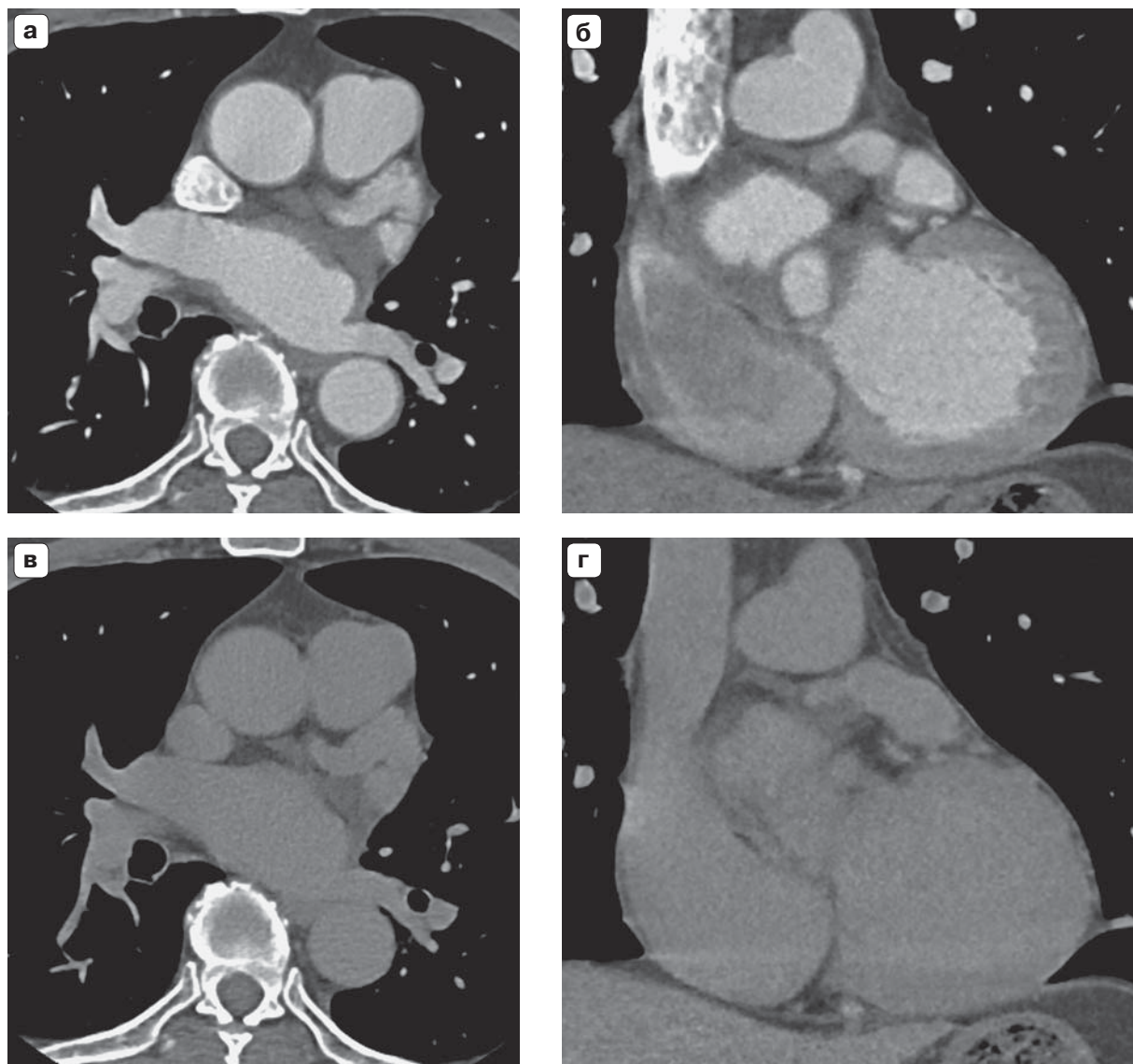
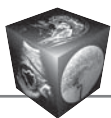


Рис. 4. КТ, монофазное контрастное усиление: артериальная фаза (**а** – аксиальная реконструкция, **б** – корональная реконструкция) и отсроченная фаза (**в** – аксиальная реконструкция, **г** – корональная реконструкция). В верхушке ушка в артериальную фазу определяется дефект контрастирования, отсутствующий в отсроченную фазу – эффект замедленного контрастирования. При ЧПЭхоКГ: в увеличенной полости ЛП эффекта спонтанного контрастирования нет. В полости и ушке ЛП дополнительных образований не выявлено.

Fig. 4. CT, monophasic contrast enhancement, arterial phase (**a** – axial reconstruction, **б** – coronal reconstruction) and delayed phase (**в** – axial reconstruction, **г** – coronal reconstruction). In the LAA apex at arterial phase defines filling defect, that is missing at delayed phase – “slow flow”. TEE: LA volume is increased, there is no spontaneous echo contrast and no thrombotic masses in LAA.

J. Nur и соавт. подтвердили эту теорию, выполняя КТ сердца пациентам после инсульта в течение 7 дней [39]. Протокол сканирования включал раннюю и позднюю (спустя 30 с после окончания ранней) артериальную фазы. Во всех случаях тромбоза ушка визуализировался дефект контрастирования овальной или округлой формы как в раннюю, так и позднюю фазу. ЭЗК определялся при дефекте контрастирования, визуализируемом

только в раннюю фазу. Благодаря этому чувствительность, специфичность, положительное и отрицательное прогностическое значение двухфазной методики составили 100, 98, 93 и 100% соответственно. Измерение количественного параметра соотношения плотности LAA/AA в раннюю фазу не выявило значимых различий показателя при тромбозе и ЭЗК ($0,12 \pm 0,12$ и $0,19 \pm 0,06$ соответственно), в отсроченную фазу разница была более

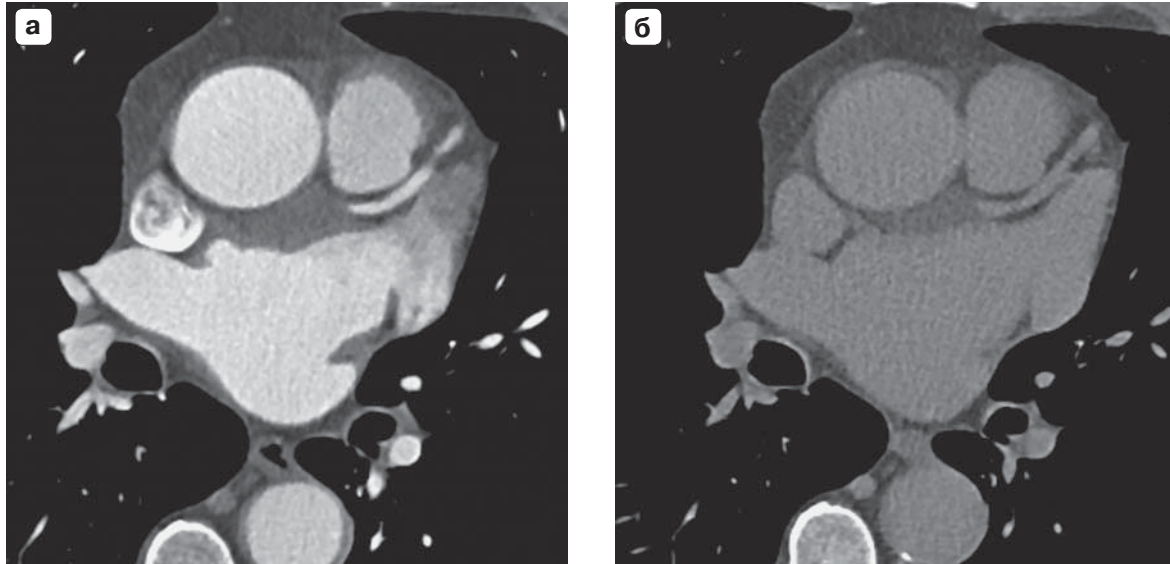
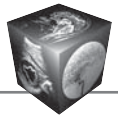


Рис. 5. КТ, монофазное контрастное усиление, аксиальная реконструкция (**а** – артериальная фаза, **б** – отсроченная фаза). В артериальную фазу в ушке ЛП определяется дефект контрастирования гетерогенной плотности, исчезающий к отсроченному сканированию через 90 с – эффект замедленного контрастирования.

Fig. 5. CT, monophasic contrast enhancement, axial reconstruction (**a** – arterial phase, **b** – delayed phase). In the LAA at arterial phase defines filling defect, that is missing at delayed phase (90 s) – “slow flow”.

значительная ($0,29 \pm 0,12$ и $0,85 \pm 0,12$ соответственно). Однако даже количественный анализ плотности ушка не позволял оценить выраженность ЭЗК, как это возможно во время ЧПЭхоКГ [39].

Результаты исследования S.C. Kim и соавт. также показали значимость двухфазной методики в выявлении тромбоза ушка у пациентов с предшествующим инсультом в течение 7 дней до КТ (чувствительность, специфичность, положительное и отрицательное прогностическое значение при качественной оценке составили 100, 97,9, 79,3 и 100% соответственно). Поздняя фаза контрастирования выполнялась спустя 2 мин после старта введения КС. Отмечались значимые различия в LAA/AA в раннюю артериальную фазу между нормально контрастируемым ушком ($0,99 \pm 0,06$) и при дефектах контрастирования, связанных с ЭЗК различной степени выраженности (от $0,24 \pm 0,06$ до $0,44 \pm 0,30$) и тромбозом ($0,21 \pm 0,05$). В позднюю фазу отмечались значимые различия в показателе LAA/AA при тромбозе ($0,31 \pm 0,06$) и нормальном ушке ($0,99 \pm 0,039$), а также при тромбозе и выраженном ЭЗК ($0,92 \pm 0,90$). По данным статистического анализа отношение LAA/AA, равное 0,5, являлось оптимальным для дифференцировки явления ЭЗК и тромба. Исследование показало, что сочетание качественной оценки и количественного показателя LAA/AA менее 0,5 в позднюю фазу повышает показатели чувствительности, специфичности, положительного и отрицательно-

го прогностического значения для диагностики тромбоза до 100%, однако создает повышенную лучевую нагрузку на пациента [21].

S.T. Sawit и соавт. получили сходные результаты: чувствительность, специфичность, положительное и отрицательное прогностическое значение метода для определения тромбов при раннем сканировании составили 100, 85, 15 и 100% соответственно, а при добавлении отсроченной фазы через 1 мин точность достигает 100%. Для количественного анализа рассчитывались следующие параметры: коэффициент контрастного усиления в предсердии (отношение плотности крови в отсроченную фазу к ранней), аналогичный коэффициент для ушка, а также отношение плотности крови в ушке к плотности в предсердии (LAA/LA) и отношение плотности крови в ушке к плотности крови в восходящей аорте (LAA/AA) отдельно для первичной и отсроченной фазы. Достоверно отмечено, что наличие тромботических масс в ушке или спонтанного эхоконтрастирования при ЧПЭхоКГ сопровождается более низкими значениями плотности при КТ с контрастированием в раннюю и отсроченную фазы. При анализе количественных параметров у различных клинических групп с высокой степенью достоверности доказаны более низкие показатели контрастного усиления ушка у пациентов с ФП или значительным увеличением объема ЛП (более 140 мл), что доказывает формирующиеся нарушения гемодинамики [29].



Результаты метаанализа J. Romero и соавт., включившим вышеописанные и ряд других исследований, показали, что суммарная чувствительность, специфичность, положительное и отрицательное прогностическое значение при добавлении в протокол отсроченной фазы контрастного усиления повышаются с 96, 92, 41, 99% соответственно до 100, 99, 92, 100% соответственно [26].

Данные более поздних исследований также подтверждают эффективность отсроченной фазы. O. Lazouga и соавт. применяли раннее и отсроченное (через 60 с) сканирование пациентам, которым планировалась катетерная абляция источника ФП или окклюзия ушка. Из 20 дефектов контрастирования, выявленных в артериальную фазу, к отсроченной фазе сохранялись и интерпретировались как тромб только 3 (15% случаев), впоследствии факт тромбоза был подтвержден при ЧПЭхоКГ. Таким образом, чувствительность, специфичность, диагностическая точность, положительное и отрицательное прогностическое значение сканирования при первом прохождении КС составили 100, 85,7, 86,1, 15,0 и 100% соответственно, а при отсроченном сканировании все параметры составили 100%. К тромбозу предрасполагали ритм ФП на момент исследования, а также форма ушка типа “цветной капусты” или “флюгера”. Благодаря тому что отсроченная фаза сканирования выполнялась по низкодозовому протоколу, суммарная доза облучения за все исследование превышала дозу однофазного сканирования всего на 11,4% [40].

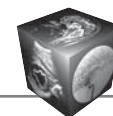
В исследовании M.J. Budoff и соавт. несмотря на то что отсроченное сканирование выполнялось всем пациентам (через 40 с), интерпретировали результаты только ранней фазы сканирования. Качественный анализ контрастирования ушка ЛП показал чувствительность, специфичность, положительное и отрицательное прогностическое значение, равные 100, 77,9, 51,6, 100% соответственно, и суммарную диагностическую точность 82,1%. Показатель плотности в полости ушка < 119 HU повышал чувствительность до 88%, специфичность до 86%, положительное прогностическое значение до 56% для диагностики тромбоза, а значение $LAA/AA < 0,242$ увеличивало положительное прогностическое значение до 64%. Исследователи сделали вывод, что отсроченное сканирование необходимо выполнять всегда для снижения частоты ложноположительных результатов при качественной оценке контрастирования ушка. Однако представленные количественные параметры могут помочь в случаях, когда по каким-либо причинам выполнялось только раннее сканирование и дефекты кон-

трастирования были диагностированы уже после окончания процедуры [41].

К.С. Bilchick и соавт. в 2016 г. на основании имеющихся данных об эффективности КТ с отсроченной фазой контрастирования предложили новый клинический протокол предоперационного обследования пациентов перед катетерной абляцией источников ФП [42]. КТ ЛП рекомендуется выполнять всем накануне операции, протокол исследования должен включать раннюю артериальную и отсроченную фазу (спустя 40 с после окончания первой фазы). При низком или промежуточном клиническом риске отсутствие дефектов контрастирования в обе фазы считается достоверным признаком отсутствия тромбоза и пациент допускается к операции (при обязательном выполнении интракардиальной ЭхоКГ). По данным дальнейшего наблюдения ни у одного из этих пациентов не зафиксировано случаев интраоперационной церебральной эмболии. При положительных или сомнительных КТ-признаках тромбоза ушка (невозможность по томограммам отсроченной фазы дифференцировать тромб и повышенную трабекулярность) пациент направляется на ЧПЭхоКГ, по результатам которого пациент допускается до операции или выписывается для продолжения антикоагулянтной терапии. Пациенты с высоким клиническим риском инсульта вне зависимости от результатов КТ направляются для предоперационной ЧПЭхоКГ. По данным наблюдения ни один случай тромбоза ушка ЛП, зафиксированный при ЧПЭхоКГ, не был пропущен при КТ. Таким образом, данный клинический протокол позволит отказаться в ряде случаев от травмирующей инвазивной процедуры ЧПЭхоКГ и снизить частоту проведения до 24% [42].

Монофазное сканирование, двухфазное контрастное усиление

Ранее было сказано, что двухфазное сканирование повышает лучевую нагрузку на пациента. Этот факт особенно неблагоприятен для пациентов, которые проходят обследование перед процедурой катетерной абляции, так как интраоперационно используется рентгеноскопия. В целях оптимизации лучевой нагрузки на пациента учеными было предложено использование только отсроченной фазы сканирования как для исключения тромбоза ушка ЛП, так и для получения основных анатомических данных. Согласно протоколам контрастного усиления, описанным ранее, к моменту отсроченного сканирования степень заполнения КС ЛП значительно снижается, поэтому использовался второй болюс непосредственно перед стартом сканирования. Таким образом, за один цикл



сканирования возможно получить артериальную фазу для визуализации полости ЛП и устьев легочных вен и отсроченную – для ушка ЛП.

J. Nur и соавт. поддержали идею стандартизации однофазного сканирования для снижения лучевой нагрузки [43, 44]. Выполнялась МСКТ с проспективной ЭКГ-синхронизацией на двухэнергетическом томографе. Применялось два болюса КС: 1) тест-болюс в объеме 50 мл; 2) основной болюс в объеме 70 мл, который вводился через 180 с после окончания введения тест-болюса. Старт сканирования осуществлялся одновременно с началом основного болюса, таким образом, получались изображения только в отсроченную фазу. По результатам визуальной оценки чувствительность, специфичность, положительное и отрицательное прогностическое значение данной методики для определения тромбов составили 97, 100, 100 и 97% соответственно. Показатели соотношения LAA/AA значительно отличались в группах пациентов с циркуляторным стазом и тромбозом, а показатель LAA/AA, равный 0,2, признан диагностически значимым в разграничении этих двух состояний (меньшие значения соответствуют тромбозу). Недостатком этой методики является использование гораздо большего объема КС – около 120 мл.

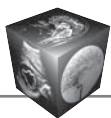
W. Staab и соавт., аналогично исследованиям J. Nur и соавт., использовали дробное введение КС [45]. Модифицированная методика сплит-болюс включала в себя 2 этапа: 1) 30 мл КС при медленной скорости введения (2 мл/с); 2) после паузы 20 с введение 70 мл КС с обычной скоростью (4 мл/с). Данная КТ-методика позволила подтвердить все случаи тромбоза, выявленные при ЧПЭхоКГ (чувствительность, специфичность, положительное и отрицательное прогностическое значение составили 100%). Однако в двух случаях ЭСЭ при КТ дефекты контрастирования не были визуализированы, таким образом, чувствительность, специфичность, положительное и отрицательное прогностическое значение для выявления тромбоза и нарушения гемодинамики в ушке в итоге составили 87,5, 100, 98,8, 100% соответственно. Авторы сделали вывод: при отношении LAA/AA > 0,5 по данным КТ с внутривенным контрастированием по модифицированной методике сплит-болюс и < 1 балла по шкале CHADS2 внутрисердечный тромбоз достоверно исключается и выполнение ЧПЭхоКГ не обязательно [45].

C. Teunissen и соавт. [28] также применяли методику двухфазного контрастирования с однофазным сканированием при обследовании 477 пациентов перед катетерной абляцией ФП. Методика позволила выявить дефекты контрастирования

у 26 пациентов. Однако из них при дальнейшей ЧПЭхоКГ только у 2 диагностирован тромбоз. Остальные 24 случая соответствовали выраженному (6 пациентов) и умеренному (8 пациентов) спонтанному эхоконтрастированию, а в 8 случаях – нормальной эхокартине. В течение последующих 6 мес наблюдения после операции ни у одного из 477 пациентов не выявлено тромбоемболических осложнений, что свидетельствует о применимости данной методики в клинической практике. Встречаемость псевдодефектов контрастирования в ЛП и ушке редкая благодаря более полному заполнению контрастом полостей при использовании двойного болюса. Однако положительное прогностическое значение выявленных изменений мало, поэтому выполнение ЧПЭхоКГ необходимо для дифференцировки тромба и ЭСЭ при наличии дефектов контрастирования с признаками высокой вероятности тромбоза (гомогенный дефект контрастирования, низкая плотность (менее 100 HU), ровные контуры). Высокая частота ложноположительных КТ-заключений о тромбозе в данном исследовании могла быть связана с малым временем задержки сканирования – пауза между введением болюсов КС составляла всего 25 с, или использованием КС с меньшей концентрацией йода (300 мг/мл). Несмотря на это, по сравнению с протоколом обследования, предложенным K.S. Bilchick [42], в данном исследовании выполнение ЧПЭхоКГ потребовалось лишь в 5% случаев против 24%.

Биохимические маркеры тромбоза

Оптимизированные методики томографической визуализации ушка имеют высокие показатели точности, однако, как уже было сказано выше, обладают недостатками. Добавление отсроченного сканирования приводит к повышению лучевой нагрузки на пациента. Двухфазное введение КС с одной фазой сканирования может быть выполнено не всем, так как возрастные пациенты с ФП зачастую имеют коморбидность, в числе которой нарушение функции почек. Изменения свертывающей системы крови в сторону активации коагуляции или фибринолиза отражаются повышением биомаркера – Д-димера [46]. Согласно данным метаанализа H. Wan и соавт. [47], уровень Д-димера значительно повышается у пациентов с клапанной и неклапанной ФП при тромбозе ушка или спонтанном эхоконтрастировании ушка при ЧПЭхоКГ. Уровень повышения биомаркера варьирует в различных пределах, но при тромбозе его увеличение более выражено. Таким образом, анализ на Д-димер потенциально можно приме-



нять для диагностики тромбоза ушка ЛП с чувствительностью и специфичностью теста 75 и 81% соответственно. Отрицательные результаты теста выявляют группу низкого риска тромбоза и тромбоэмболии, что позволяет отказаться от дополнительных инвазивных визуализационных методик у данных пациентов [47].

Основываясь на этих данных, X. Du и соавт. [48] предложили в диагностический протокол добавлять анализ на Д-димер вместо отсроченной фазы контрастного усиления. Получив показатели чувствительности, специфичности, положительного и отрицательного прогностического значения, равные 100, 97,9, 88,2 и 100% соответственно, исследователи доказали, что однофазовый, на одном введении КС протокол в совокупности с биохимическим маркером тромбоза имеет хорошую диагностическую значимость. Пациенты с отрицательными результатами этих двух тестов могут быть допущены к кардиоверсии или катетерной изоляции устьев легочных вен без последующей ЧПЭхоКГ. При положительном результате обоих тестов операция или аппаратное восстановление ритма должно быть отложено с назначением антикоагулянтной терапии [48].

Магнитно-резонансная томография

МРТ – это альтернативный метод диагностики, преимуществом которого по сравнению с КТ является отсутствие воздействия ионизирующего излучения и использование меньшего объема КС, обладающего к тому же меньшим риском возникновения аллергоподобных реакций и повреждения почек, а по сравнению с ЧПЭхоКГ – неинвазивность [11]. Основная роль МРТ перед хирургическим лечением предсердных нарушений ритма отводится выявлению и оценке распространенности фиброза миокарда предсердий во время отсроченного сканирования через 15 мин от введения КС, который влияет на эффективность процедуры и позволяет предсказать риск рецидива аритмии [49–51]. Базовые МР-последовательности позволяют оценить размеры ЛП и устьев легочных вен, аналогично КТ, функциональные показатели [4] и интегрировать их в системы электроанатомического картирования [16].

Факторами, препятствующими широкому распространению МР-исследования ЛП, являются низкое пространственное разрешение, длительность исследования и большая зависимость от дыхания пациента, невозможность исследования пациентов с имплантированными МР-несовместимыми сердечными устройствами, протезами и т.д. [11]. Тем не менее ряд исследователей гово-

рят о высокой точности МРТ в оценке размеров и функции ушка ЛП, а также возможности визуализации тромба у пациентов с ФП, при этом чувствительность и специфичность соизмеримы с результатами КТ [52–54]. V.K. Rathi и соавт. [53] получили 100% совпадение заключения о наличии тромбоза ушка между результатами МРТ с контрастным усилением и ЧПЭхоКГ, причем стоимость ультразвукового исследования была выше почти на 35%.

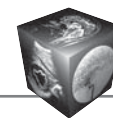
Согласно результатам метаанализа J. Chen и соавт. [55], чувствительность и специфичность различных методик МР-визуализации ушка (кинопоследовательности, контрастная МР-ангиография, сканирование в отсроченную фазу контрастного усиления) составили в среднем 80 и 99% соответственно, суммарная диагностическая точность – 97,7%. Однако МРТ с отсроченным контрастированием показала наибольшую точность в диагностике тромбоза ушка (чувствительность 100%, специфичность 99%).

L.D. Burrell и соавт. также отметили, что у пациентов с ФП и острым нарушением мозгового кровообращения в анамнезе объем ушка ЛП, оцененный по данным МРТ, превышал средние значения здоровых пациентов, а объем ушка >34 см³ повышает риск тромбообразования и тромбоэмболии [52]. N. Akoum и соавт. в свою очередь доказали, что распространенность фиброза миокарда предсердий более 20% в совокупности с 2 и более баллами по шкале CHADS2 ассоциированы с тромбозом ушка ЛП и спонтанным эхоконтрастированием полости ЛП [54].

МРТ, таким образом, является оптимальной методикой при планировании катетерной абляции ФП, так как позволяет в течение одного исследования получить детальную информацию об анатомии, функции интересующих структур, исключить тромбоз ушка ЛП и также предположить эффективность операции на основании распространенности фиброза миокарда.

Заключение

Симптомная и рефрактерная к медикаментозному лечению ФП требует хирургической коррекции ритма или электрической кардиоверсии. На дооперационном этапе необходимо исключить тромбоз ушка ЛП для профилактики интраоперационного кардиоэмболического инсульта. ЧПЭхоКГ до сих пор является “золотым стандартом” выявления или исключения тромбов в полости ЛП и ушка. Однако данные мировых исследований наглядно показывают, что ЧПЭхоКГ ввиду инвазивности процедуры рекомендуется выполнять только при противопоказаниях к контрастно-



му усилению йодсодержащими КС и неоднозначных результатах отсроченной фазы КТ-сканирования, выполненного на фоне одно- или двухфазного контрастного усиления. В остальных случаях КТ-ангиография с выполнением ранней артериальной и отсроченной фаз сканирования является альтернативным методом, не уступающим по диагностическим возможностям ЧПЭхоКГ, особенно при анализе количественных параметров контрастного усиления. Это особенно актуально для пациентов, которым планируется катетерная абляция источников предсердных аритмий, так как в данном случае КТ входит в протокол обязательных диагностических процедур и методика ее выполнения может быть с легкостью дополнена сканированием отсроченной фазы, что значительно повысит диагностическую ценность метода в плане исключения тромбоза ушка ЛП. МРТ с отсроченным контрастированием также обладает высокой точностью визуализации ушка ЛП, обладая важным преимуществом – отсутствием ионизирующего излучения. МРТ предоставляет наибольший спектр анатомических особенностей, функциональных и структурных изменений миокарда предсердий, что позволяет предсказать эффективность оперативного лечения. Однако меньшая распространенность МР-томографов, сложность и длительность исследования, ряд общих противопоказаний к МР-исследованию ограничивают его рутинное применение.

Участие авторов

Каштанова Н.Ю. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка, создание опубликованной работы, ответственность за целостность всех частей статьи.

Кондратьев Е.В. – концепция и дизайн исследования, подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, подготовка, создание опубликованной работы, утверждение окончательного варианта статьи.

Ратников В.А. – концепция и дизайн исследования, участие в научном дизайне, редактирование текста.

Карпов Р.А. – проведение исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных.

Authors' participation

Kashtanova N.Yu. – concept and design of the study, conducting research, collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, preparation and creation of the published work, responsibility for the integrity of all parts of the article.

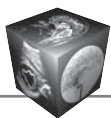
Kondratyev E.V. – conducting research, collection and analysis of data, analysis and interpretation of the obtained data.

Ratnikov V.A. – concept and design of the study, participation in scientific design, text editing.

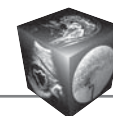
Karpov R.A. – concept and design of the study, text preparation and editing, participation in scientific design, preparation and creation of the published work, approval of the final version of the article.

Список литературы

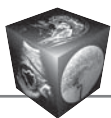
1. Chugh S.S., Havmoeller R., Narayanan K., Singh D., Rienstra M., Benjamin E.J., Gillum R.F., Kim Y.H., McAnulty J.H. Jr., Zheng Z.J., Forouzanfar M.H., Naghavi M., Mensah G.A., Ezzati M., Murray C.J. Worldwide epidemiology of atrial fibrillation: a Global Burden of Disease 2010 Study. *Circulation*. 2014; 129: 837–847. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.113.005119>.
2. Blomstrom Lundqvist C., Lip G.Y., Kirchhof P. What are the costs of atrial fibrillation? *Europace*. 2011; 13 (2): ii9–12. <https://doi.org/10.1093/europace/eur087>.
3. Сулимов В.А., Голицын С.П., Панченко Е.П., Попов С.В., Ревিশвили А.Ш., Шубик Ю.В., Явелов И.С. Диагностика и лечение фибрилляции предсердий. Рекомендации РКО, ВНОА и АССХ. *Российский кардиологический журнал*. 2013; (4S3); 5–100.
4. Calkins H., Hindricks G., Cappato R., et al.; 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *EP Europace*. 2018; 20 (1): e1–e160. <https://doi.org/10.1093/europace/eux274>.
5. Kimura K., Minematsu K., Yamaguchi T. Atrial fibrillation as a predictive factor for severe stroke and early death in 15,831 patients with acute ischaemic stroke. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*. 2005; 76 (5): 679–683. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2004.048827>.
6. Han S.W., Nam H.S., Kim S.H., Lee J.Y., Lee K.Y., Heo J.H. Frequency and significance of cardiac sources of embolism in the TOAST classification. *Cerebrovasc. Dis*. 2007; 24: 463–468. <https://doi.org/10.1159/000108438>.
7. Tu H.T., Campbell B.C., Christensen S., Desmond P.M., De Silva D.A., Parsons M.W., Churilov L., Lansberg M.G., Mlynash M., Olivot J.M., Straka M., Bammer R., Albers G.W., Donnan G.A., Davis S.M. Worse stroke outcome in atrial fibrillation is explained by more severe hypoperfusion, infarct growth, and hemorrhagic transformation. *Int. J. Stroke*. 2015; 10: 534–540. <https://doi.org/10.1111/ijss.12007>
8. Fukuda S., Watanabe H., Shimada K., Aikawa M., Kono Y., Jissho S., Taguchi H., Umemura J., Yoshiyama M., Shiota T., Sumiyoshi T., Yoshikawa J. Left atrial thrombus and prognosis after anticoagulation therapy in patients with atrial fibrillation. *J. Cardiol*. 2011; 58: 266–277. <https://doi.org/10.1016/j.jcc.2011.06.009>
9. Tan S., Wang D., Liu M., Zhang S., Wu B., Liu B. Frequency and predictors of spontaneous hemorrhagic transformation in ischemic stroke and its association with prognosis. *J. Neurol*. 2014; 261 (5): 905–912. <https://doi.org/10.1007/s00415-014-7297-8>
10. Henninger N., Goddeau R.P.Jr., Karmarkar A., Helenius J., McManus D.D. Atrial Fibrillation Is Associated With a Worse 90-Day Outcome Than Other Cardioembolic Stroke Subtypes. *Stroke*. 2016; 47 (6): 1486–1492. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.116.012865>
11. Beigel R., Wunderlich N.C., Ho S.Y., Arsanjani R., Siegel R.J. The left atrial appendage: anatomy, function, and noninvasive evaluation. *J. Am. Coll. Cardiol. Img*. 2014; 7: 1251–1265. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2014.08.009>
12. Гурина В.И., Кондратьев Е.В., Ревিশвили А.Ш., Кармазановский Г.Г., Алимурзаева М.З. Оценка анатомии и функции левого предсердия по данным мультиспи-



- ральной компьютерной томографии при подготовке к радиочастотной катетерной абляции у пациентов с фибрилляцией предсердий. *Медицинская визуализация*. 2017; 21 (5): 39–55. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2017-5-39-55>
13. Della Bella P., Fassini G., Cireddu M., Riva S., Carbucicchio C., Giraldo F., Maccabelli G., Trevisi N., Moltrasio M., Pepi M., Galli C.A., Andreini D., Ballerini G., Pontone G. Image integration-guided catheter ablation of atrial fibrillation: a prospective randomized study. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2009; 20 (3): 258–265. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2008.01311.x>
 14. Liu S.X., Zhang Y., Zhang X.W. Impact of image integration on catheter ablation for atrial fibrillation using three-dimensional electroanatomic mapping: a meta-analysis. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2012; 35 (10): 1242–1247. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2012.03492.x>
 15. Imanli H., Bhatti S., Jeudy J., Ghzally Y., Ume K., Vunnam R., Itah R., Amit M., Duell J., See V., Shorofsky S., Dickfeld T.M. Validation of a novel CARTOSEG™ segmentation module software for contrast-enhanced computed tomography-guided radiofrequency ablation in patients with atrial fibrillation. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2017; 40 (11): 1206–1212. <https://doi.org/10.1111/pace.13189>
 16. Borlich M., Iden L., Kuhnhardt K., Paetsch I., Hindricks G., Sommer P. 3D Mapping for PVI-geometry, image integration and incorporation of contact force into work flow. *J. Atr. Fibrillation.* 2018; 10 (6): 1795. <https://doi.org/10.4022/jafib.1795>
 17. Saric M., Armour A.C., Arnaout M.S., Chaudhry F.A., Grimm R.A., Kronzon I., Landeck B.F., Maganti K., Michelena H.I., Tolstrup K. Guidelines for the use of echocardiography in the evaluation of a cardiac source of embolism. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2016; 29: 1–42. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2015.09.011>
 18. Pathan F., Hecht H., Narula J., Marwick T.H. Roles of transesophageal echocardiography and cardiac computed tomography for evaluation of left atrial thrombus and associated pathology: review and critical analysis. *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2018; 11 (4): 616–627. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2017.12.019>
 19. Hajjiri M., Bernstein S., Saric M., Benenstein R., Aizer A., Dym G., Fowler S., Holmes D., Bernstein N., Mascarenhas M., Park D., Chinitz L. Atrial fibrillation ablation in patients with known sludge in the left atrial appendage. *J. Interv. Card. Electrophysiol.* 2014; 40: 147–151. <https://doi.org/10.1007/s10840-014-9892-0>
 20. Глазкова Е.Ю. Компьютерная томография в диагностике тромбоза ушка левого предсердия: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2011. 25 с.
 21. Kim S.C., Chun E.J., Choi S.I., Lee S.J., Chang H.J., Han M.K., Bae H.J., Park J.H. Differentiation between spontaneous echocardiographic contrast and left atrial appendage thrombus in patients with suspected embolic stroke using two-phase multidetector computed tomography. *Am. J. Cardiol.* 2010; 106 (8): 1174–1181. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2010.06.033>
 22. Bernhardt P., Schmidt H., Hammerstingl C., Luderitz B., Omran H. Patients with atrial fibrillation and dense spontaneous echo contrast at high risk a prospective and serial follow-up over 12 months with transesophageal echocardiography and cerebral magnetic resonance imaging. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005; 45: 1807–1812. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2004.11.071>
 23. Bernier M., Abdelmoneim S.S., Stuart Moir W., Eifert Rain S.S., Chandrasekaran K., Ammash N.M., Mulvagh S.L. CUTE-CV: a prospective study of enhanced left atrial appendage visualization with microbubble contrast agent use during transesophageal echocardiography guided cardioversion. *Echocardiography.* 2013; 30: 1091–1097. <https://doi.org/10.1111/echo.12240>
 24. Hilberath J.N., Oakes D.A., Shernan S.K., Bulwer B.E., D'Ambra M.N., Eltzschig H.K. Safety of transesophageal echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2010; 23: 1115–1127. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2010.08.013>
 25. Liddy S., Buckley U., Kok H.K., Loo B., Glover B., Dhillon G.R., Buckley O. Applications of cardiac computed tomography in electrophysiology intervention. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2017; 0: 1–9. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jex312>
 26. Romero J., Husain S.A., Kelesidis I., Sanz J., Medina H.M., Garcia M.J. Detection of left atrial appendage thrombus by cardiac computed tomography in patients with atrial fibrillation: a metaanalysis. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2013; 6: 185–194. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.112.000153>
 27. Wu X., Wang C., Zhang C., Zhang Y., Ding F., Yan J. Computed tomography for detecting left atrial thrombus: a meta-analysis. *Arch. Med. Sci.* 2012; 8 (6): 943–951. <https://doi.org/10.5114/aoms.2012.32400>
 28. Teunissen C., Habets J., Velthuis B.K., Cramer M.J., Loh P. Double-contrast, single-phase computed tomography angiography for ruling out left atrial appendage thrombus prior to atrial fibrillation ablation. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2017; 33 (1): 121–128. <https://doi.org/10.1007/s10554-016-0973-2>
 29. Sawit S.T., Garcia-Alvarez A., Suri B., Gaztanaga J., Fernandez-Friera L., Mirelis J.G., D'Anca M., Fuster V., Sanz J., Garcia M.J. Usefulness of cardiac computed tomographic delayed contrast enhancement of the left atrial appendage before pulmonary vein ablation. *Am. J. Cardiol.* 2012; 109 (5): 677–684. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2011.10.028>
 30. Maltagliati A., Pontone G., Annoni A., Formenti A., Galli C.A., Tamborini G., Alimento M., Andreini D., Tondo C., Pepi M. Multidetector computed tomography vs multiplane transesophageal echocardiography in detecting atrial thrombi in patients candidate to radiofrequency ablation of atrial fibrillation. *Int. J. Cardiol.* 2011; 152 (2): 251–254. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2011.07.086>
 31. Mihal C., Maas M., Turek J., Seehofnerova A., Leijenaar R.T., Kok M., Lobbes M.B., Wildberger J.E., Das M. Contrast media administration in coronary computed tomography angiography – a systematic review. *Fortschr. Röntgenstr.* 2017; 189: 312–325. <https://doi.org/10.1055/s-0042-121609>
 32. Singh N.K., Nallamothe N., Zuck V.P., Issa Z.F. Left atrial appendage filling defects on 64-slice multidetector computed tomography in patients undergoing pulmonary vein isolation: predictors and comparison to transesophageal echocardiography. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2009; 33 (6): 946–951. <https://doi.org/10.1097/RCT.0b013e31819cab3>
 33. Kim Y.Y., Klein A.L., Halliburton S.S., Popovic Z.B., Kuzmiak S.A., Sola S., Garcia M.J., Schoenhagen P., Natale A., Desai M.Y. Left atrial appendage filling defects identified by multidetector computed tomography in patients undergoing radiofrequency pulmonary vein antral isolation: a comparison with transesophageal echocardiography. *Am. Heart J.* 2007; 154: 1199–1205. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2007.08.004>
 34. Dorenkamp M., Sohns C., Vollmann D., Lüthje L., Seegers J., Wachter R., Puls M., Staab W., Lotz J., Zabel M. Detection of left atrial thrombus during routine



- diagnostic work-up prior to pulmonary vein isolation for atrial fibrillation: role of transesophageal echocardiography and multidetector computed tomography. *Int. J. Cardiol.* 2013; 163 (1): 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2011.06.124>
35. Saucedo J., Martinho S., Frankel D., Slim A.M., Eckart R.E. Exclusion of left atrial appendage thrombus using single phase coronary computed tomography as compared to transesophageal echocardiography in patients undergoing pulmonary vein isolation. *ISRN Cardiol.* 2014; 2014: 838727. <https://doi.org/10.1155/2014/838727>
 36. Hioki M., Matsuo S., Tokutake K., Yokoyama K., Narui R., Ito K., Tanigawa S., Tokuda M., Yamashita S., Anan I., Inada K., Sakuma T., Sugimoto K.I., Yoshimura M., Yamane T. Filling defects of the left atrial appendage on multidetector computed tomography: their disappearance following catheter ablation of atrial fibrillation and the detection of LAA thrombosis by MDCT. *Heart Vessels.* 2016; 31 (12): 2014–2024. <https://doi.org/10.1007/s00380-016-0819-9>
 37. Wang L., Kadiyala M., Koss E., Yarramaneni A., Rapelje K., Kamper S., Reichel N., Hoch D., Jayam V., Levine J., Cao J.J. CTA detection of left atrial stasis and thrombus in patients with atrial fibrillation. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2016; 39 (12): 1388–1393. <https://doi.org/10.1111/pace.12959>
 38. Homsy R., Nath B., Luetkens J.A., Schwab J.O., Schild H.H., Naehle C.P. Can contrast-enhanced multidetector computed tomography replace transesophageal echocardiography for the detection of thrombotic milieu and thrombi in the left atrial appendage: a prospective study with 124 patients. *Rofo.* 2016; 188 (1): 45–52. <https://doi.org/10.1055/s-0041-106067>
 39. Hur J., Kim Y.J., Lee H.J., Ha J.W., Heo J.H., Choi E.Y., Shim C.Y., Kim T.H., Nam J.E., Choe K.O., Choi B.W. Left atrial appendage thrombi in stroke patients: detection with two-phase cardiac CT angiography versus transesophageal echocardiography. *Radiology.* 2009; 251 (3): 683–690. <https://doi.org/10.1148/radiol.2513090794>
 40. Lazoura O., Ismail T.F., Pavitt C., Lindsay A., Sriharan M., Rubens M., Padley S., Duncan A., Wong T., Nicol E. A low-dose, dual-phase cardiovascular CT protocol to assess left atrial appendage anatomy and exclude thrombus prior to left atrial intervention. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2016; 32 (2): 347–354. <https://doi.org/10.1007/s10554-015-0776-x>
 41. Budoff M.J., Shittu A., Hacıoglu Y., Gang E., Li D., Bhatia H., Alvergue J., Karlsberg R.P. Comparison of transesophageal echocardiography versus computed tomography for detection of left atrial appendage filling defect (thrombus). *Am. J. Cardiol.* 2014; 113 (1): 173–177. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.09.037>
 42. Bilchick K.C., Mealar A., Gonzalez J., Norton P., Zhuo D., Mason P., Ferguson J.D., Malhotra R., Mangrum J.M., Darby A.E., DiMarco J., Hagspiel K., Dent J., Kramer C.M., Stukenborg G.J., Salerno M. Effectiveness of integrating delayed computed tomography angiography imaging for left atrial appendage thrombus exclusion into the care of patients undergoing ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2016; 13: 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2015.09.002>
 43. Hur J., Kim Y.J., Lee H.J., Nam J.E., Hong Y.J., Kim H.Y., Lee J.W., Choi B.W. Cardioembolic stroke: dual-energy cardiac CT for differentiation of left atrial appendage thrombus and circulatory stasis. *Radiology.* 2012; 263 (3): 688–695. <https://doi.org/10.1148/radiol.12111691>
 44. Hur J., Pak H.N., Kim Y.J., Lee H.J., Chang H.J., Hong Y.J., Choi B.W. Dual-enhancement cardiac computed tomography for assessing left atrial thrombus and pulmonary veins before radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation. *Am. J. Cardiol.* 2013; 112 (2): 238–244. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.03.018>
 45. Staab W., Sohns C., Zwaka P.A., Sohns J.M., Schwarz A., Schneider S., Vollmann D., Zabel M., Hasenfub G., Lotz J. Split-bolus single-phase cardiac multidetector computed tomography for reliable detection of left atrial thrombus: comparison to transesophageal echocardiography. *Rofo.* 2014; 186 (11): 1009–1015. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1366247>
 46. Lippi G., Cervellin G., Franchini M., Favaloro E.J. Biochemical markers for the diagnosis of venous thromboembolism: the past, present and future. *J. Thromb. Thrombolysis.* 2010; 30(4): 459–471. <https://doi.org/10.1007/s11239-010-0460-x>
 47. Wan H., Wu S., Yang Y., Zhu J., Zhang A., Liang Y. Plasma fibrin D-dimer and the risk of left atrial thrombus: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2017; 12 (2): e0172272. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172272>
 48. Du X., Wang Y. The diagnostic efficacy of cardiac CTA combined with D-dimer assay for the detection of left atrial thrombus in patients with atrial fibrillation. *Am. J. Emerg. Med.* 2019; 14: S0735-6757(19)30014-2. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.01.014>
 49. Marrouche N.F., Wilber D., Hindricks G., Jais P., Akoum N., Marchlinski F., Kholmovski E., Burgon N., Hu N., Mont L., Deneke T., Duytschaever M., Neumann T., Mansour E., Mahnkopf C., Herweg B., Daoud E., Wissner E., Bansmann P., Brachmann J. Association of atrial tissue fibrosis identified by delayed enhancement MRI and atrial fibrillation catheter ablation: the DECAAF study. *JAMA.* 2014; 311 (5): 498–506. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.3>
 50. McGann C., Akoum N., Patel A., Kholmovski E., Revelo P., Damal K., Wilson B., Cates J., Harrison A., Ranjan R., Burgon N.S., Greene T., Kim D., Dibella E.V., Parker D., Macleod R.S., Marrouche N.F. Atrial fibrillation ablation outcome is predicted by left atrial remodeling on MRI. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2014; 7 (1): 23–30. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.113.000689>
 51. Стукалова О.В., Апарина О.П., Пархоменко Д.В., Терновой С.К. Оценка структурных изменений миокарда левого предсердия у больных мерцательной аритмией методом магнитно-резонансной томографии с отсроченным контрастированием. *REJR.* 2014; 4 (4): 7–15.
 52. Burrell L.D., Horne B.D., Anderson J.L., Muhlestein J.B., Whisenant B.K. Usefulness of left atrial appendage volume as a predictor of embolic stroke in patients with atrial fibrillation. *Am. J. Cardiol.* 2013; 112: 1148–1152. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.05.062>
 53. Rathi V.K., Reddy S.T., Anreddy S., Belden W., Yamrozik J.A., Williams R.B., Doyle M., Thompson D.V., Biederman R.W. Contrast enhanced CMR is equally effective as TEE in the evaluation of left atrial appendage thrombus in patients with atrial fibrillation undergoing pulmonary vein isolation procedure. *Heart Rhythm.* 2013; 10: 1021–1027. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2013.02.029>
 54. Akoum N., Fernandez G., Wilson B., McGann C., Kholmovski E., Marrouche N. Association of atrial fibrosis quantified using LGE-MRI with atrial appendage thrombus and spontaneous contrast on transesophageal echocardiography in patients with atrial fibrillation. *J.*

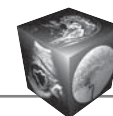


Cardiovasc. Electrophysiol. 2013; 24: 1104–1109. <https://doi.org/10.1111/jce.12199>

55. Chen J., Zhang H., Zhu D., Wang Y., Byanju S., Liao M. Cardiac MRI for detecting left atrial/left atrial appendage thrombus in patients with atrial fibrillation: Meta-analysis and systematic review. *Herz.* 2019; 44 (5): 390–397. <https://doi.org/10.1007/s00059-017-4676-9>

References

1. Chugh S.S., Havmoeller R., Narayanan K., Singh D., Rienstra M., Benjamin E.J., Gillum R.F., Kim Y.H., McAnulty J.H. Jr., Zheng Z.J., Forouzanfar M.H., Naghavi M., Mensah G.A., Ezzati M., Murray C.J. Worldwide epidemiology of atrial fibrillation: a Global Burden of Disease 2010 Study. *Circulation.* 2014; 129: 837–847. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.113.005119>.
2. Blomstrom Lundqvist C., Lip G.Y., Kirchhof P. What are the costs of atrial fibrillation? *Europace.* 2011; 13 (2): ii9–12. <https://doi.org/10.1093/europace/eur087>.
3. Sulimov V.A., Golitsyn S.P., Panchenko E.P., Popov S.V., Revishvili A.Sh., Shubik Yu.V., Yavelov I.S. Diagnosis and treatment of atrial fibrillation. Recommendations of the RKO, VNOA and the ACVS. *Russian Journal of Cardiology.* 2013; (4s3): 5–100. (In Russian)
4. Calkins H., Hindricks G., Cappato R., et al.; 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *EP Europace.* 2018; 20 (1): e1–e160. <https://doi.org/10.1093/europace/eux274>.
5. Kimura K., Minematsu K., Yamaguchi T. Atrial fibrillation as a predictive factor for severe stroke and early death in 15,831 patients with acute ischaemic stroke. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 2005; 76 (5): 679–683. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2004.048827>.
6. Han S.W., Nam H.S., Kim S.H., Lee J.Y., Lee K.Y., Heo J.H. Frequency and significance of cardiac sources of embolism in the TOAST classification. *Cerebrovasc. Dis.* 2007; 24: 463–468. <https://doi.org/10.1159/000108438>.
7. Tu H.T., Campbell B.C., Christensen S., Desmond P.M., De Silva D.A., Parsons M.W., Churilov L., Lansberg M.G., Mlynash M., Olivot J.M., Straka M., Bammer R., Albers G.W., Donnan G.A., Davis S.M. Worse stroke outcome in atrial fibrillation is explained by more severe hypoperfusion, infarct growth, and hemorrhagic transformation. *Int. J. Stroke.* 2015; 10: 534–540. <https://doi.org/10.1111/ijvs.12007>
8. Fukuda S., Watanabe H., Shimada K., Aikawa M., Kono Y., Jissho S., Taguchi H., Umemura J., Yoshiyama M., Shiota T., Sumiyoshi T., Yoshikawa J. Left atrial thrombus and prognosis after anticoagulation therapy in patients with atrial fibrillation. *J. Cardiol.* 2011; 58: 266–277. <https://doi.org/10.1016/j.jcc.2011.06.009>
9. Tan S., Wang D., Liu M., Zhang S., Wu B., Liu B. Frequency and predictors of spontaneous hemorrhagic transformation in ischemic stroke and its association with prognosis. *J. Neurol.* 2014; 261 (5): 905–912. <https://doi.org/10.1007/s00415-014-7297-8>
10. Henninger N., Goddeau R.P.Jr., Karmarkar A., Helenius J., McManus D.D. Atrial Fibrillation Is Associated With a Worse 90-Day Outcome Than Other Cardioembolic Stroke Subtypes. *Stroke.* 2016; 47 (6): 1486–1492. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.116.012865>
11. Beigel R., Wunderlich N.C., Ho S.Y., Arsanjani R., Siegel R.J. The left atrial appendage: anatomy, function, and noninvasive evaluation. *J. Am. Coll. Cardiol. Img.* 2014; 7: 1251–1265. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2014.08.009>
12. Gurina V.I., Kondrat'ev E.V., Revishvily A. Sh., Alimurzaeva M.Z. Evaluation of Left Atrial Anatomy and Function using Multidetector Computed Tomography in Patients Undergoing Catheter Ablation for Atrial Fibrillation. *Medical Visualization.* 2017; 21 (5): 39–55. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2017-5-39-55> (In Russian)
13. Della Bella P., Fassini G., Cireddu M., Riva S., Carbucicchio C., Giraldo F., Maccabelli G., Trevisi N., Moltrasio M., Pepi M., Galli C.A., Andreini D., Ballerini G., Pontone G. Image integration-guided catheter ablation of atrial fibrillation: a prospective randomized study. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2009; 20 (3): 258–265. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2008.01311.x>
14. Liu S.X., Zhang Y., Zhang X.W. Impact of image integration on catheter ablation for atrial fibrillation using three-dimensional electroanatomic mapping: a meta-analysis. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2012; 35 (10): 1242–1247. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2012.03492.x>
15. Imanli H., Bhatti S., Jeudy J., Ghzally Y., Ume K., Vunnam R., Itah R., Amit M., Duell J., See V., Shorofsky S., Dickfeld T.M. Validation of a novel CARTOSEG™ segmentation module software for contrast-enhanced computed tomography-guided radiofrequency ablation in patients with atrial fibrillation. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2017; 40 (11): 1206–1212. <https://doi.org/10.1111/pace.13189>
16. Borlich M., Iden L., Kuhnhardt K., Paetsch I., Hindricks G., Sommer P. 3D Mapping for PVI-geometry, image integration and incorporation of contact force into work flow. *J. Atr. Fibrillation.* 2018; 10 (6): 1795. <https://doi.org/10.4022/jafib.1795>
17. Saric M., Armour A.C., Arnaout M.S., Chaudhry F.A., Grimm R.A., Kronzon I., Landeck B.F., Maganti K., Michelenia H.I., Tolstrup K. Guidelines for the use of echocardiography in the evaluation of a cardiac source of embolism. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2016; 29: 1–42. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2015.09.011>
18. Pathan F., Hecht H., Narula J., Marwick T.H. Roles of transesophageal echocardiography and cardiac computed tomography for evaluation of left atrial thrombus and associated pathology: review and critical analysis. *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2018; 11 (4): 616–627. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2017.12.019>
19. Hajjiri M., Bernstein S., Saric M., Benenstein R., Aizer A., Dym G., Fowler S., Holmes D., Bernstein N., Mascarenhas M., Park D., Chinitz L. Atrial fibrillation ablation in patients with known sludge in the left atrial appendage. *J. Interv. Card. Electrophysiol.* 2014; 40: 147–151. <https://doi.org/10.1007/s10840-014-9892-0>
20. Glazkova E.Yu. Computed tomography for left atrium appendage thrombus diagnosing. *Avtoref. of dis. ... cand. med. sci. M., 2011. 25 p.* (In Russian)
21. Kim S.C., Chun E.J., Choi S.I., Lee S.J., Chang H.J., Han M.K., Bae H.J., Park J.H. Differentiation between spontaneous echocardiographic contrast and left atrial appendage thrombus in patients with suspected embolic stroke using two-phase multidetector computed tomography. *Am. J. Cardiol.* 2010; 106 (8): 1174–1181. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2010.06.033>
22. Bernhardt P., Schmidt H., Hammerstingl C., Luderitz B., Omran H. Patients with atrial fibrillation and dense spontaneous echo contrast at high risk a prospective and serial follow-up over 12 months with transesophageal echocardiography and cerebral magnetic resonance imaging. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005; 45: 1807–1812. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2004.11.071>
23. Bernier M., Abdelmoneim S.S., Stuart Moir W., Eifert Rain S.S., Chandrasekaran K., Ammash N.M., Mulvagh



- S.L. CUTE-CV: a prospective study of enhanced left atrial appendage visualization with microbubble contrast agent use during transesophageal echocardiography guided cardioversion. *Echocardiography*. 2013; 30: 1091–1097. <https://doi.org/10.1111/echo.12240>
24. Hilberath J.N., Oakes D.A., Shernan S.K., Bulwer B.E., D'Ambra M.N., Eltzhischig H.K. Safety of transesophageal echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2010; 23: 1115–1127. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2010.08.013>
 25. Liddy S., Buckley U., Kok H.K., Loo B., Glover B., Dhillon G.R., Buckley O. Applications of cardiac computed tomography in electrophysiology intervention. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2017; 0: 1–9. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jex312>
 26. Romero J., Husain S.A., Kelesidis I., Sanz J., Medina H.M., Garcia M.J. Detection of left atrial appendage thrombus by cardiac computed tomography in patients with atrial fibrillation: a metaanalysis. *Circ. Cardiovasc. Imaging*. 2013; 6: 185–194. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.112.000153>
 27. Wu X., Wang C., Zhang C., Zhang Y., Ding F., Yan J. Computed tomography for detecting left atrial thrombus: a meta-analysis. *Arch. Med. Sci.* 2012; 8 (6): 943–951. <https://doi.org/10.5114/aoms.2012.32400>
 28. Teunissen C., Habets J., Velthuis B.K., Cramer M.J., Loh P. Double-contrast, single-phase computed tomography angiography for ruling out left atrial appendage thrombus prior to atrial fibrillation ablation. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2017; 33 (1): 121–128. <https://doi.org/10.1007/s10554-016-0973-2>
 29. Sawit S.T., Garcia-Alvarez A., Suri B., Gaztanaga J., Fernandez-Friera L., Mirelis J.G., D'Anca M., Fuster V., Sanz J., Garcia M.J. Usefulness of cardiac computed tomographic delayed contrast enhancement of the left atrial appendage before pulmonary vein ablation. *Am. J. Cardiol.* 2012; 109 (5): 677–684. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2011.10.028>
 30. Maltagliati A., Pontone G., Annoni A., Formenti A., Galli C.A., Tamborini G., Alimento M., Andreini D., Tondo C., Pepi M. Multidetector computed tomography vs multiplane transesophageal echocardiography in detecting atrial thrombi in patients candidate to radiofrequency ablation of atrial fibrillation. *Int. J. Cardiol.* 2011; 152 (2): 251–254. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2011.07.086>
 31. Mihal C., Maas M., Turek J., Seehofnerova A., Leijenaar R.T., Kok M., Lobbes M.B., Wildberger J.E., Das M. Contrast media administration in coronary computed tomography angiography – a systematic review. *Fortschr. Röntgenstr.* 2017; 189: 312–325. <https://doi.org/10.1055/s-0042-121609>
 32. Singh N.K., Nallamothe N., Zuck V.P., Issa Z.F. Left atrial appendage filling defects on 64-slice multidetector computed tomography in patients undergoing pulmonary vein isolation: predictors and comparison to transesophageal echocardiography. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2009; 33 (6): 946–951. <https://doi.org/10.1097/RCT.0b013e31819cabc3>
 33. Kim Y.Y., Klein A.L., Halliburton S.S., Popovic Z.B., Kuzmiak S.A., Sola S., Garcia M.J., Schoenhagen P., Natale A., Desai M.Y. Left atrial appendage filling defects identified by multidetector computed tomography in patients undergoing radiofrequency pulmonary vein antral isolation: a comparison with transesophageal echocardiography. *Am. Heart J.* 2007; 154: 1199–1205. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2007.08.004>
 34. Dorenkamp M., Sohns C., Vollmann D., Lüthje L., Seegers J., Wachter R., Puls M., Staab W., Lotz J., Zabel M. Detection of left atrial thrombus during routine diagnostic work-up prior to pulmonary vein isolation for atrial fibrillation: role of transesophageal echocardiography and multidetector computed tomography. *Int. J. Cardiol.* 2013; 163 (1): 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2011.06.124>
 35. Saucedo J., Martinho S., Frankel D., Slim A.M., Eckart R.E. Exclusion of left atrial appendage thrombus using single phase coronary computed tomography as compared to transesophageal echocardiography in patients undergoing pulmonary vein isolation. *ISRN Cardiol.* 2014; 2014: 838727. <https://doi.org/10.1155/2014/838727>
 36. Hioki M., Matsuo S., Tokutake K., Yokoyama K., Narui R., Ito K., Tanigawa S., Tokuda M., Yamashita S., Anan I., Inada K., Sakuma T., Sugimoto K.I., Yoshimura M., Yamane T. Filling defects of the left atrial appendage on multidetector computed tomography: their disappearance following catheter ablation of atrial fibrillation and the detection of LAA thrombi by MDCT. *Heart Vessels*. 2016; 31 (12): 2014–2024. <https://doi.org/10.1007/s00380-016-0819-9>
 37. Wang L., Kadiyala M., Koss E., Yarramaneni A., Rapelje K., Kampfer S., Reichel N., Hoch D., Jayam V., Levine J., Cao J.J. CTA detection of left atrial stasis and thrombus in patients with atrial fibrillation. *Pacing Clin. Electrophysiol.* 2016; 39 (12): 1388–1393. <https://doi.org/10.1111/pace.12959>
 38. Homsy R., Nath B., Luetkens J.A., Schwab J.O., Schild H.H., Naehle C.P. Can contrast-enhanced multidetector computed tomography replace transesophageal echocardiography for the detection of thrombogenic milieu and thrombi in the left atrial appendage: a prospective study with 124 patients. *Rofo.* 2016; 188 (1): 45–52. <https://doi.org/10.1055/s-0041-106067>
 39. Hur J., Kim Y.J., Lee H.J., Ha J.W., Heo J.H., Choi E.Y., Shim C.Y., Kim T.H., Nam J.E., Choe K.O., Choi B.W. Left atrial appendage thrombi in stroke patients: detection with two-phase cardiac CT angiography versus transesophageal echocardiography. *Radiology.* 2009; 251 (3): 683–690. <https://doi.org/10.1148/radiol.2513090794>
 40. Lazoura O., Ismail T.F., Pavitt C., Lindsay A., Sriharan M., Rubens M., Padley S., Duncan A., Wong T., Nicol E. A low-dose, dual-phase cardiovascular CT protocol to assess left atrial appendage anatomy and exclude thrombus prior to left atrial intervention. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2016; 32 (2): 347–354. <https://doi.org/10.1007/s10554-015-0776-x>
 41. Budoff M.J., Shittu A., Hacıoglu Y., Gang E., Li D., Bhatia H., Alvergue J., Karlsberg R.P. Comparison of transesophageal echocardiography versus computed tomography for detection of left atrial appendage filling defect (thrombus). *Am. J. Cardiol.* 2014; 113 (1): 173–177. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.09.037>
 42. Bilchick K.C., Mealar A., Gonzalez J., Norton P., Zhuo D., Mason P., Ferguson J.D., Malhotra R., Mangrum J.M., Darby A.E., DiMarco J., Hagspiel K., Dent J., Kramer C.M., Stukenborg G.J., Salerno M. Effectiveness of integrating delayed computed tomography angiography imaging for left atrial appendage thrombus exclusion into the care of patients undergoing ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2016; 13: 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2015.09.002>
 43. Hur J., Kim Y.J., Lee H.J., Nam J.E., Hong Y.J., Kim H.Y., Lee J.W., Choi B.W. Cardioembolic stroke: dual-energy cardiac CT for differentiation of left atrial appendage thrombus and circulatory stasis. *Radiology.* 2012; 263 (3): 688–695. <https://doi.org/10.1148/radiol.12111691>



44. Hur J., Pak H.N., Kim Y.J., Lee H.J., Chang H.J., Hong Y.J., Choi B.W. Dual-enhancement cardiac computed tomography for assessing left atrial thrombus and pulmonary veins before radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation. *Am. J. Cardiol.* 2013; 112 (2): 238–244. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.03.018>
45. Staab W., Sohns C., Zwaka P.A., Sohns J.M., Schwarz A., Schneider S., Vollmann D., Zabel M., Hasenfub G., Lotz J. Split-bolus single-phase cardiac multidetector computed tomography for reliable detection of left atrial thrombus: comparison to transesophageal echocardiography. *Rofo.* 2014; 186 (11): 1009–1015. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1366247>
46. Lippi G., Cervellini G., Franchini M., Favalaro E.J. Biochemical markers for the diagnosis of venous thromboembolism: the past, present and future. *J. Thromb. Thrombolysis.* 2010; 30(4): 459–471. <https://doi.org/10.1007/s11239-010-0460-x>
47. Wan H., Wu S., Yang Y., Zhu J., Zhang A., Liang Y. Plasma fibrin D-dimer and the risk of left atrial thrombus: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2017; 12 (2): e0172272. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172272>
48. Du X., Wang Y. The diagnostic efficacy of cardiac CTA combined with D-dimer assay for the detection of left atrial thrombus in patients with atrial fibrillation. *Am. J. Emerg. Med.* 2019; 14: S0735-6757(19)30014-2. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.01.014>
49. Marrouche N.F., Wilber D., Hindricks G., Jais P., Akoum N., Marchlinski F., Kholmovski E., Burgon N., Hu N., Mont L., Deneke T., Duytschaever M., Neumann T., Mansour M., Mahnkopf C., Herweg B., Daoud E., Wissner E., Bansmann P., Brachmann J. Association of atrial tissue fibrosis identified by delayed enhancement MRI and atrial fibrillation catheter ablation: the DECAAF study. *JAMA.* 2014; 311 (5): 498–506. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.3>
50. McGann C., Akoum N., Patel A., Kholmovski E., Revelo P., Damal K., Wilson B., Cates J., Harrison A., Ranjan R., Burgon N.S., Greene T., Kim D., Dibella E.V., Parker D., Macleod R.S., Marrouche N.F. Atrial fibrillation ablation outcome is predicted by left atrial remodeling on MRI. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2014; 7 (1): 23–30. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.113.000689>
51. Stukalova O.V., Aparina O.P., Parkhomenko D.V., Ternovoy S.K. Evaluation of left atrial structural changes of myocardium in patients with atrial fibrillation using late gadolinium enhancement magnetic resonance imaging. *REJR.* 2014; 4 (4): 7–15. (In Russian)
52. Burrell L.D., Horne B.D., Anderson J.L., Muhlestein J.B., Whisenant B.K. Usefulness of left atrial appendage volume as a predictor of embolic stroke in patients with atrial fibrillation. *Am. J. Cardiol.* 2013; 112: 1148–1152. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.05.062>
53. Rathi V.K., Reddy S.T., Anreddy S., Belden W., Yamrozik J.A., Williams R.B., Doyle M., Thompson D.V., Biederman R.W. Contrast enhanced CMR is equally effective as TEE in the evaluation of left atrial appendage thrombus in patients with atrial fibrillation undergoing pulmonary vein isolation procedure. *Heart Rhythm.* 2013; 10: 1021–1027. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2013.02.029>
54. Akoum N., Fernandez G., Wilson B., McGann C., Kholmovski E., Marrouche N. Association of atrial fibrosis quantified using LGE-MRI with atrial appendage thrombus and spontaneous contrast on transesophageal echocardiography in patients with atrial fibrillation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2013; 24: 1104–1109. <https://doi.org/10.1111/jce.12199>
55. Chen J., Zhang H., Zhu D., Wang Y., Byanju S., Liao M. Cardiac MRI for detecting left atrial/left atrial appendage thrombus in patients with atrial fibrillation: Meta-analysis and systematic review. *Herz.* 2019; 44 (5): 390–397. <https://doi.org/10.1007/s00059-017-4676-9>

Для корреспонденции*: Каштанова Наталия Юрьевна – 117997 Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27, ФГБУ “НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневого” Минздрава России. Тел.: +7-985-428-75-86. E-mail: nat.y.kashtanova@mail.ru

Каштанова Наталия Юрьевна – аспирант отделения рентгенологии и магнитно-резонансных исследований с кабинетом ультразвуковой диагностики ФГБУ “НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневого” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2970-2394>

Кондратьев Евгений Валерьевич – канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения рентгенологии и магнитно-резонансных исследований с кабинетом ультразвуковой диагностики ФГБУ “НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневого” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-7070-3391>

Ратников Вячеслав Альбертович – доктор мед. наук, профессор, заместитель главного врача – главный врач ФГБУЗ “Клиническая больница №122 им. Л.Г. Соколова” ФМБА России Санкт-Петербург. <http://orcid.org/0000-0002-9645-8408>

Карпов Роман Алексеевич – слушатель ординатуры Первой кафедры и клиники терапии усовершенствования врачей ФГБВОУ ВО “Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова” Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-6008-263X>

Contact*: Nataliya Yu. Kashtanova – 27, Bolshaya Serpuhovskaya str., 117997 Moscow, Russian Federation. A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery. Phone: +7-985-428-75-86. E-mail: nat.y.kashtanova@mail.ru

Nataliya Yu. Kashtanova – resident of Radiology Department, FSBI A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2970-2394>

Evgenij V. Kondratyev – Cand. of Sci. (Med.), senior research of Radiology Department, FSBI A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7070-3391>

Vyacheslav A. Ratnikov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Deputy chief physician – Chief Physician of L.G. Sokolov's Clinical Hospital №122 FMBA of Russia, St. Petersburg. <http://orcid.org/0000-0002-9645-8408>

Roman A. Karpov – resident of 1st Therapy department, FSBMEI HE “S.M. Kirov Military Medical Academy” of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Saint Petersburg. <https://orcid.org/0000-0002-6008-263X>