СЛОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ И ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ ОСТРЫХ ПОРАЖЕНИЯХ АОРТЫ

Муслимов Р.Ш., Забавская О.А., Тутова Д.З.

Компьютерная томография (КТ) на сегодняшний день является обоснованным методом выбора в диагностике острого аортального синдрома, который включает в себя ряд потенциально опасных для жизни состояний. Ввиду своей доступности, а также высокого временного и пространственного разрешения методика стала незаменимой частью диагностического алгоритма у этой тяжелой категории больных, и на современном этапе имеются данные о высокой точности КТ. В то же время существует ряд физических и прочих факторов, которые могут влиять на качество получаемых изображений и, соответственно, усложнять диагностику. Одним из таких факторов являются двигательные или пульсационные артефакты, которые в некоторых ситуациях могут приводить к неправильному диагнозу.

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им.

Н.В. Склифосовского» ДЗ г. Москвы.

г. Москва, Россия.

Задачей данного обзора литературы является описание основных причин диагностических ошибок в КТ-диагностике ОАС, так как их понимание, а в последующем устранение является залогом правильного диагноза.

В представленном обзоре сделана попытка представить основные причины и факторы, оказывающие влияние на качество КТ-изображений, а также способы оптимизации и современные тренды в визуализации аорты с помощью компьютерной томографии.

Ключевые слова: острый аортальный синдром, расслоение аорты, компьютерная томография, КТ-аортография, ЭКГ-синхронизация.

Контактный автор: Муслимов Рустам Шахисмаилов, e-mail: abaevr@mail.ru

Для цитирования: Муслимов Р.Ш., Забавская О.А., Тутова Д.З. Сложности диагностики и пути оптимизации компьютерной томографии при острых поражениях аорты. REJR 2018; 8(1):174-184. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-1-174-184.

Статья получена: 16.03.2018 **Статья принята:** 04.04.2018

DIFFICULTIES IN DIAGNOSIS AND WAYS TO OPTIMIZE COMPUTED TOMOGRAPHY IN ACUTE AORTIC LESIONS

Muslimov R.SH., Zabavskaya O.A., Tutova D.Z.

Computed tomography (CT) today is a reasonable method of choice in the diagnosis of acute aortic syndrome, which includes a number of potentially life-threatening conditions. Due to its availability, as well as the high temporal and spatial resolution, the technique has become an indispensable part of the diagnostic algorithm in this severe category of patients, and at the present stage there is data on high accuracy of CT. At the same time, there are a number of physical and other factors that can affect the quality of the images, and thus complicate the diagnosis. One of these factors is motions or pulsation artifacts, which may lead to misdiagnosis in some situations. The review presented an attempt to present the main causes and factors influencing the quality of CT-images, as well as ways of optimization and modern trends in the visualization of the aorta with computed tomography.

Sklifosovsky Research and Clinical Institute for Emergency Medicine. Moscow, Russia.

Keywords: acute aortic syndrome, aortic dissection, computed tomography, CT-aortography, ECG-synchronization.

Corresponding author: Muslimov R. Sh., e-mail: abaevr@mail.ru.

For citation: Muslimov R.SH. Zabavskaya O.A., Tutova D.Z. Difficulties in diagnosis and ways to optimize computed tomography in acute aortic lesions. REJR 2018; 8(1):174-184. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-1-174-184.

Received: 16.03.2018

Accepted: 04.04.2018

Термин острый аортальный синдром (ОАС), включающий в себя ряд жизнеугрожающих заболеваний, впервые возник и стал применяться в начале 2000-х годов в зарубежной литературе [1-5]. Изначально ОАС включал в себя группу острых нетравматических поражений аорты, а именно: расслоение аорты (РА), интрамуральную гематому (ИМГ) и пенетрирующую атеросклеротическую бляшку (ПАЯ). В последующем сюда же были отнесены разрыв аневризмы аорты при ее нестабильности, а также травматический разрыв аорты при закрытой травме [5-9]. Патофизиологические механизмы развития всех упомянутых выше состояний отличаются, и в настоящее время мы знаем, что такие заболевания могут встречаться изолированно, а в некоторых случаях могут сосуществовать. Не исключено также, что одно из таких состояний может предшествовать другому, как в случае перехода ИМГ в расслоение, либо в разрыв аорты. Вопрос необходимости быстрого и правильного диагноза ОАС не вызывает сомнений, так как без лечения прогноз у этих больных крайне неблагоприятен.

Диагностический подход к поражениям аорты кардинально изменился за последние 25 лет, вместо ранее применявшихся рентгенографии грудной клетки и инвазивной аортографии методом выбора стала компьютерная томография (КТ). Известно, что современная многосрезовая КТ обладает высоким пространственным и временным разрешением, а чувствительность и специфичность методики по данным многочисленных исследований приближаются практически к 100% [5, 6, 8, 10, 11].

В то же время сохраняется риск диагностических ошибок, которые довольно скудно описаны в литературе [5, 12-19]. Опасными являются ошибки любого характера: ложноположительные результаты могут приводить к необоснованной операции, в т.ч. в условиях искусственного кровообращения; ложноотрицательные результаты могут повлиять на тактику лечения этой тяжелой группы больных, увеличивая дооперационный период и ухудшая их прогнозы [9, 11, 20, 21].

Задачей данного обзора литературы является описание основных причин диагностических ошибок в КТ-диагностике ОАС, так как их

понимание, а в последующем устранение является залогом правильного диагноза.

Основываясь на собственном опыте и на данных литературы, нам удалось выделить ряд причин, которые могут приводить к неправильной трактовке данных КТ.

Технические (методические) факторы.

К этой группе необходимо отнести недостаточное контрастирование просвета аорты в связи с малой скоростью либо недостаточным объемом вводимого контрастного вещества [15, 16]. На фоне плохого контрастирования есть риск недостаточно четко визуализировать отслоенный лоскут интимы, что приводит к ложноотрицательным результатам (рис.1).

К сложностям диагностики также может приводить отсутствие нативного сканирования, когда находки на КТ-аортографии (КТА) можно принять за ИМГ, расслоение с тромбозом ложного просвета либо пристеночный тромбоз на фоне атеросклероза (рис. 2).

Также к техническим факторам можно отнести сверхбыстрый сбор КТ-данных, когда мы получаем контрастирование аорты, но ложный просвет еще не успел ретроградно заполниться контрастным препаратом из-за низкого расположения входных ворот расслоения (рис. 3). В таких случаях могут возникать ложные суждения, например: утолщение аортальной стенки на фоне пристеночного тромбоза, тромбоз ложного просвета при расслоении или ИМГ.

Артефакты от структур высокой плотности.

Ко второй группе факторов, затрудняющих анализ КТ-данных, относятся линейные и радиальные артефакты, которые генерируются структурами высокой плотности как внутри, так и снаружи от исследуемого больного. Причинами такого рода артефактов могут быть: высокое содержание контраста в ВПВ и левой брахиоцефальной вене, металлические импланты, хирургические скрепки, электроды ЭКС, грубый кальциноз и т.д. Также такие артефакты могут иметь место, в том случае, когда руки пациента расположены вдоль туловища. К этой же группе можно отнести лучистые артефакты от высокой концентрации контрастного препара-

Рис. 1 а (Fig. 1 а)

Рис. 1 б (Fig. 1 в)

Рис. 1. КТ органов грудной клетки с контрастным усилением, аксиальная плоскость.

а – на фоне слабого контрастного усиления отмечается нечеткая визуализация отслоенной интимы в нисходящей аорте (стрелка);

б – оптимальное контрастное усиление позволило диагностировать расслоение аорты с вовлечением восходящего отдела (I тип по De Bakey) (собственные данные).

Fig. 1. MSCT, contrast enhanced scan, axial reconstruction.

a - due to insufficient contrast enhancement there is an indistinct visualization of detached intima in the descending aorta (arrow).

b - the optimal contrast enhancement made possible to diagnose aortic dissection with the involvement of the ascending part (type I De Bakey).

Рис. 2 а (Fig. 2 а)

Рис. 2 б (Fig. 2 в)

Рис. 2. КТ органов грудной клетки, аксиальная плоскость.

а - КТ-аортография; определяется практически циркулярная пристеночная зона пониженной плотности (стрелки);

б - Нативный скан; указанная зона имеет плотность 55-65 HU, что соответствует острой ИМГ I типа (собственные данные).

Fig. 2. MSCT, contrast enhanced scan, axial reconstruction.

According to the CT-aortography there is (a) an almost circular near-wall hypodensity zone (arrows). In the native scan (b) this zone has a density of 55-65 HU, which corresponds to an acute IMG (type I)

рата в правой ветви легочной артерии, которые могут имитировать поражение восходящей аорты (рис. 4). Также встречаются артефакты от движения левого желудочка и костей скелета, имитирующие расслоение нисходящей аорты [16, 18] (рис. 5).

Парааортальные образования.

В некоторых случаях образования и анатомические структуры, которые плотно прилегают к аорте, могут вызывать сложности диагностики. Например, верхние левые межреберные вены, тесно прилежащие к дуге аорты, могут мимикрировать двойной просвет и быть причиной ложноположительных результатов [22].

В других случаях верхние перикардальные карманы либо увеличенные, дегенеративно измененные, перерастянутые створки аортального клапана могут создавать видимость поражения аорты (рис. 6) [23]. Также необходимо помнить о дополнительных образованиях средостения, которые могут располагаться парааортально.

Часто встречающийся пристеночный тромбоз на фоне атеросклероза, а также распад атеросклеротической бляшки могут быть ошибочно приняты за расслоение аорты (рис. 7). А как мы знаем, лечебная тактика при этих двух типах патологии отличается.

Артефакты пульсации.

Одной из наиболее частых причин затруднительной трактовки данных КТ являются двигательные или пульсационные артефакты. Такие артефакты, как правило, встречаются в зоне корня и восходящей аорты и могут приводить как к ложноположительным, так и ложноотрицательным результатам [22, 24-26]. Простым примером может служить та ситуация, когда пациенту с острой болью в грудной клетке, с подозрением на ОАС, выполняется рутинная КТ грудной аорты с контрастным усилением. Зачастую наличие пульсационных артефактов в зоне корня и восходящей аорты могут усложнять анализ данных, и в такой ситуации безошибочное утверждение о наличии либо отсутствии поражения аорты становится непростой задачей.

Другой пример, когда у больного с клиникой ОАС на фоне расширения восходящей аорты имеется неоднородность просвета, которую можно принять как за отслойку интимы, так и за артефакты пульсации в сочетании с лучистыми артефактами от пула контрастного вещества в верхней полой вене (рис. 8). В тоже время наличие геморрагического пропитывания парааортальной клетчатки позволило точно диагностировать расслоение аорты II типа по De Bakey.

В некоторых случаях особые сложности может вызывать трактовка данных КТ у боль-

ных с картиной III типа расслоения, когда наличие двухконтурности в восходящей аорте может быть следствием пульсационных артефактов, так и говорить о вовлечении в патологический процесс расслоения (рис. 9).

Способы улучшения качества КТ-аортографии.

Анализируя причины неудовлетворительной КТ-визуализации аорты, можно сформулировать ряд способов улучшения качества изображений, что соответственно упростит оценку и повысит точность методики. С этой целью рекомендуется стандартная укладка пациента с руками, заведенными за голову (при возможности), с исключением из зоны исследования внешних структур высокой плотности (мониторов, дозаторов и других систем жизнеобеспечения). Перед КТ-аортографией обязательным является выполнение нативной фазы, так как это делает возможным выявление ИМГ и облегчает диагностику острого разрыва аорты. При выполнении КТ-аортографии необходимо применение неионных контрастных веществ (КВ), которые будут вводиться в достаточном объеме и с оптимальной скоростью. Оптимальные параметры болюса, а также введение изотонического солевого раствора вслед за КВ позволяют не только получить качественную визуализацию аорты, но и минимизировать артефакты от пула КВ в полых венах и легочной артерии. Кроме того, расчет оптимального объема КВ позволит избежать избыточного его введения, что оправдано с экономической стороны, а также немаловажно для пациентов со сниженной функцией почек. Как правило, скорость введения КВ для КТ-ангиографии составляет 4-5 мл/сек.

Одним из способов расчета объема КВ при многосрезовой КТ может служить формула:

$$V(ml) = (t+6) \times S,$$

где **t** – время сканирования зоны исследования, **S** – скорость введения КВ в мл/сек.

Вопрос быстрого сканирования и «отставания» контрастирования аорты может быть решен двумя способами: либо путем применения задержки запуска исследования на 5-10 с (в зависимости от типа прибора), либо с помощью мониторинга болюса в брюшной аорте, что практически исключит недостаточное усиление дистальных её сегментов. Также в этой ситуации необходимо помнить об оправданности повторного исследования в венозную фазу, что в ряде случаев позволит более адекватно оценить состояние ложного просвета.

На современном этапе проблема пульсационных артефактов может быть решена двумя способами: применением ЭКГ-синхронизации или ультрабыстрой компьютерной томографии с высоким значением пича. Исторически так сложилось, что ЭКГ-синхронизация впервые была применена в ви-

Рис. 3 а (Fig. 3 а)

Рис. 3 б (Fig. 3 в)

Рис. 3. КТ органов грудной (а) и брюшной (б) полости с контрастным усилением, артериальная фаза, аксиальная плоскость.

а - В просвете нисходящей аорты определяется пристеночная зона пониженной плотности (кружок), которую можно принять за пристеночный тромбоз или за тромбоз ложного просвета;

б - В брюшной аорте у этого же пациента четко определяется двухконтурность, причем плотность в ложном просвете составляет 117 HU, что соответствует низкому расположению входных ворот расслоения с ретроградным заполнением ложного просвета (собственные данные).

Fig. 3. MSCT, chest (а) and abdomen (б), axial reconstruction, contrast enhanced scan, arterial phase.

In the descending aorta, intraluminal, there is (a) a near-wall hypodensity zone (circle), which can be interpreted as a mural thrombosis or thrombosis of a false lumen. In the abdominal aorta, the same patient, (b) is determined the two-contour, and the density in the false lumen is 117 HU, which accords to the low location of the entrance gates of the dissection, with retrograde filling of the false lumen.

Рис. 4 а (Fig. 4 а)

Рис. 4 б (Fig. 4 в)

Рис. 4. КТ органов грудной клетки с контрастным усилением, аксиальная плоскость.

а - Пул контрастного препарата в верхней полой вене и правой ветви легочной артерии является причиной радиальных артефактов, затрудняющих оценку просвета восходящей аорты (стрелки).

б - Линейные артефакты от контрастного вещества в левой плечеголовной вене (стрелки) могут усложнять трактовку состояния аорты. Изображения заимствованы из статьи Poonam Batra et al. RadioGraphics 2000, 20, 309-320. DOI: 10.1148/radiographics.20.2.g00mc04309

Fig. 4. MSCT, chest, contrast enhanced scan, axial reconstruction.

а - the contrast pool in the vena cava superior and the right branch of the pulmonary artery causes radial artifacts, that really complicate to estimate the lumen of the ascending aorta (arrows).

б - linear artifacts from the contrast in the left brachiocephalic vein (arrows) also can make a lots of difficulties for correct interpretation the aortic condition. Images is taken from the article Poonam Batra et al. RadioGraphics 2000, 20, 309-320. DOI: 10.1148/radiographics.20.2.g00mc04309

Рис. 5 а (Fig. 5 а)

Рис. 5 б (Fig. 5 в)

Рис. 5. КТ грудной аорты с контрастным усилением, аксиальная плоскость.

а – Линейный артефакт от позвоночника, симулирующий отслолку интимы (стрелка).

б – Линейный артефакт в просвете нисходящей аорты, вызванный сокращениями левого желудочка (стрелка). Изображения заимствованы из статьи Poonam Batra et al. RadioGraphics 6000, 60, 309-360. DOI: 10.1148/radiographics.60.6.g00mc04309

Fig. 5. MSCT, chest, contrast enhanced scan, axial reconstruction.

Axial contrast enhanced CT scan of the thoracic aorta.

a - linear artifact from the spine, which simulate an intima detachment (arrow).

b - intraluminal linear artifact in the descending aorta, caused by contractions of the left ventricle (arrow). Images is taken from the article Poonam Batra et al. RadioGraphics 6000, 60, 309-360. DOI: 10.1148/radiographics.60.6.g00mc04309

Рис. 6 а (Fig. 6 а)

Рис. 6 б (Fig. 6 в)

Рис. 6. КТ грудной аорты с контрастным усилением, аксиальная плоскость.

а – Линейные структуры в просвете корня аорты – дегенеративно измененные створки аортального клапана (стрелка).

б – Перикардальные карманы (стрелки), могут быть причиной неправильной трактовки данных КТ (собственные данные).

Fig. 6. MSCT, chest, contrast enhanced scan, axial reconstruction.

Axial contrast enhanced CT scan of the thoracic aorta.

a - intraluminal linear structures in the aortic root are the degenerately altered parts of the aortic valve (arrow);

b - pericardial recess (arrows), may be the cause of incorrect interpretation of CT data.

Рис. 7 а (Fig. 7 а)

Рис. 7 б (Fig. 7 в)

Рис. 7. КТ аорты с контрастным усилением.

а - аксиальный срез; массивный пристеночный тромбоз на фоне аневризмы нисходящей аорты (стрелка).
 б - аксиальный и фронтальный срезы; в грудной аорте фрагменты частично распавшейся бляшки (стрелка) могут быть приняты за расслоение (собственные данные).

Fig. 7. MSCT, aorta, contrast enhanced scan.

а - axial scan; massive mural thrombosis in conjunction with aneurysm of the descending aorta (arrow).
 б - axial and frontal scans: in the thoracic aorta there are fragments of the partially disrupted plaque (arrow), which can be interpretation as a dissection (own data).

Рис. 8 а (Fig. 8 а)

Рис. 8 б (Fig. 8 в)

Рис. 8. КТ аорты с контрастным усилением, аксиальная плоскость.

а - в просвете расширенной восходящей аорты визуализируются линейные структуры, которые могут быть приняты за артефакты от КВ в просвете верхней полой вены (стрелка).
 б - геморрагическое пропитывание парааортальной клетчатки (стрелка) (собственные данные).

Fig. 8. MSCT, aorta, contrast enhanced scan.

а - there are intraluminal linear structures in the enlarged ascending aorta, which can be taken as contrast artifacts from the lumen of the vena cava superior (arrow).
 б - hemorrhagic para-aortic imbibition (arrow).

Рис. 9 а (Fig. 9 а)

Рис. 9 б (Fig. 9 в)

Рис. 9. КТ органов грудной клетки с контрастным усилением, аксиальная плоскость.

а - четко определяется расслоение нисходящей аорты (стрелка), при этом также имеется двойной контур восходящей аорты, что может быть расценено как артефакты пульсации.

б - на уровне корня аорты у этого же больного визуализируются линейные фрагменты отслоенной интимы (стрелка), что свидетельствует о I типе расслоения (собственные данные).

Fig. 9. MSCT, chest, contrast enhanced scan, axial reconstruction.

a - clearly demonstrates the dissection of the descending aorta (arrow). Also, there is a double contour of the ascending aorta, which can be interpreted as pulsation artifacts.

b - the same patient. At the aortic root level there are linear fragments of the detached intima (arrow), which means the first type of dissection.

Рис. 10 (Fig. 10)

Рис.10. Схематическое изображение трехэтапного протокола КТ с ЭКГ-синхронизацией с применением методики переменного питча (объяснения в тексте).

Fig. 10. Schematic description of a three-stage CT protocol with ECG-synchronization using the variable pitch method (explained in the text).

Таблица №1. Параметры сбора данных и лучевая нагрузка при обычном типе сканирования (группа А) и при сканировании с высоким питчем (группа В). Liu et al. Journal of Cardiothoracic Surgery 2013, 8:228 Page 5 of 5

	Group A	Group B	P value
Body mass index (kg/m ²)	24.3 ± 3.4	24.9 ± 2.7	0.95
Scan length (mm)	607 ± 37.9	610.1 ± 40.1	0.71
Scan time (s)	7.8 ± 0.9	1.6 ± 0.1	< 0.001
CTDIvol (mGy)	4.0 ± 0.8	2.7 ± 0.5	< 0.001
ED (mSv)	3.9 ± 0.9	2.7 ± 0.6	< 0.001

зуализации сердца и коронарных артерий [27, 28]. Эта же методика в последующем легла в основу качественной визуализации грудной аорты, позволив избежать пульсационных артефактов [15,16, 22, 24, 29, 30]. Так, в начале 2000-х была предложена методика двухэтапного сканирования всей аорты с переменным питчем, когда грудной отдел сканируется с ЭКГ-синхронизацией, а брюшная часть – в обычном спиральном режиме. Техническая реализация этой оригинальной идеи позволила на одной задержке дыхания и на одном введении контрастного препарата получить изображения всей аорты, без двигательных артефактов [31]. На современном этапе в литературе даже стал применяться термин Motion free aortic CT. В то же время известно, что применение ЭКГ-синхронизации несет в себе не только значимое улучшение качества исследования, но и связано с увеличением лучевой нагрузки [30-32]. В связи с этим был разработан усовершенствованный протокол исследования, который состоит из трех последовательных этапов (рис. 10). Суть его заключается в выделении трех последовательных этапов: исследование зоны голова – шея, зоны грудной аорты (с ЭКГ-синхронизацией), зоны брюшной аорты и подвздошных артерий. Такой протокол позволит существенно снизить лучевую нагрузку на большого и получить максимальную информацию.

Другой возможностью визуализации аорты без пульсационных артефактов является применение ультрабыстрой томографии. Такого типа исследование подразумевает высокую

скорость оборота гентри (0,28 сек) в сочетании с высоким показателем питча (3,2 вместо обычного 1,2). Наглядным примером служит работа Ying Liu с соавторами, где анализируются результаты исследования 110 пациентов с применением методики ультрабыстрой КТ, выполненной на двухэнергетическом томографе [33]. Примечательным является качественная визуализация всей аорты за короткое время исследования при относительно небольшой лучевой нагрузке и отсутствие необходимости применения ЭКГ-синхронизации (табл. №1).

В заключение хотелось бы сказать, что на современном этапе КТ является наиболее точным и быстрым методом диагностики различных поражений аорты и магистральных сосудов. В то же время существует ряд факторов, которые могут влиять на качество получаемых изображений и соответственно снижать информативность методики. Как показано в данном обзоре, большинство таких факторов может быть исключено или сведено к минимуму при соблюдении ряда несложных правил. Таким образом, понимание задач и возможностей методики, а также постоянное стремление оптимизировать качество визуализации в КТ могут стать залогом своевременного и правильного диагноза ОАС.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Vilacosta I., San Roman J.A. Acute aortic syndrome. Heart. 2001; 85 (4): 365–368.
2. Tsai T.T., Nienaber C.A., Eagle K.A. Acute Aortic Syndromes.

- Circulation. 2005; 112(24): 3802-3813. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.534198>
3. Lansman S.L., Saunders P.C., Malekan R., Spielvogel D.

- Acute aortic syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010; 140 (6Suppl): S92-97. discussion S142-S146. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2010.07.062>.
4. Corvera J.S. Acute aortic syndrome. *Ann Cardiothorac Surg.* 2016; 5 (3): 188-193. <https://doi.org/10.21037/acs.2016.04.05>
5. Chiu K.W., Lakshminarayan R., Ettles D.F. Acute aortic syndrome: CT findings. *Clin Radiol.* 2013; 68 (7): 741-748. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2013.03.001>
6. Valente T., Rossi G., Lassandro F., Rea G., Marino M., Muto M. et al. MDCT evaluation of acute aortic syndrome (AAS). *Br J Radiol.* 2016; 89 (1061): 20150825 <http://dx.doi.org/10.1259/bjr.20150825>
7. Wurster T., Riessen R., Haap M. Akutes Aortensyndrom. *Dtsch Med Wochenschr.* 2015; 140 (2): 104-109. <https://doi.org/10.1055/s-0040-100585>
8. Ahmad F, Cheshire N, Hamady M. Acute aortic syndrome: pathology and therapeutic strategies. *Postgrad Med J.* 2006; 82 (967): 305-312. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2005.043083>
9. Hallinan J., Anil G. Multi-detector computed tomography in the diagnosis and management of acute aortic syndromes. *World J Radiol.* 2014; 6 (6): 355-365. <https://dx.doi.org/10.4329/wjr.v6.i6.355>
10. Муслимов Р.Ш., Шарифуллин Ф.А., Черная Н.Р., Новерубеков М.С., Коков Л.С. Роль многосрезовой компьютерной томографии в диагностике острого разрыва грудной аорты и печеночной артерии у больного с тяжелой сочетанной травмой. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2015; (1): 27-33.
11. Smith A.D., Schoenhagen P. CT imaging for acute aortic syndrome. *Cleve Clin J Med.* 2008; 75 (1): 7-9, 12, 15-7 passim.
12. Qanadli S.D., El Hajjam M., Mesurolle B., Lavis L., Jourdan O., Randoux B. et al. Motion artifacts of the aorta simulating aortic dissection on spiral CT. *J Comput Assist Tomogr.* 1999; 23 (1): 1-6.
13. McMahon M.A., Squirrell C.A. Multidetector CT of Aortic Dissection: A Pictorial Review. *RadioGraphics.* 2010; 30 (2): 445-460. <https://doi.org/10.1148/rg.302095104>
14. Rubin GD. Helical CT angiography of the thoracic aorta. *J Thorac Imaging.* 1997; 12 (2): 128-149.
15. Batra P., Bigoni B., Manning J., Aberle D.R., Brown K., Hart E. et al. Pitfalls in the Diagnosis of Thoracic Aortic Dissection at CT Angiography. *RadioGraphics.* 2000; 20 (2): 309-320. <https://doi.org/10.1148/radiographics.20.2.g00mc04309>
16. Husainy M.A., Sayyed F., Puppala S. Acute aortic syndrome-pitfalls on gated and non-gated CT scan. *Emerg Radiol.* 2016; 23 (4): 397-403. <https://doi.org/10.1007/s10140-016-1409-y>
17. Бармина Т.Г., Забавская О.А., Шарифуллин Ф.А., Абакумов М.М. Возможности спиральной компьютерной томографии в диагностике повреждения грудной аорты. *Медицинская визуализация.* 2010; (6): 84-88.
18. Duvernoy O., Coulden R., Ytterberg C. Aortic motion: a potential pitfall in CT imaging of dissection in the ascending aorta. *J Comput Assist Tomogr.* 1995; 19 (4): 569-572.
19. Chiu P., Miller D.C. Evolution of surgical therapy for Stanford acute type A aortic Dissection. *Ann Cardiothorac Surg.* 2016; 5 (4): 275-295. <http://dx.doi.org/10.21037/acs.2016.05.05>
20. Strayer R.J., Shearer P.L., Hermann L.K. Screening, Evaluation, and early management of acute aortic dissection in the ED. *Curr Cardiol Rev.* 2012; 8 (2): 152-157.
21. Braverman A.C. Acute Aortic Dissection: Clinician Update. *Circulation.* 2010; 122 (2): 184-188. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.958975>
22. Taber P., Chang L.W., Campion G.M. The left brachiocephalic vein simulating aortic dissection on computed tomography. *J Comput Assist Tomogr.* 1979; 3 (5): 360-361.
23. Chiles C., Baker M.E., Silverman P.M. Superior pericardial recess simulating aortic dissection on computed tomography. *J Comput Assist Tomogr.* 1986; 10 (3): 421-423.
24. Ueda T., Chin A., Petrovitch I., Fleischmann D. A pictorial review of acute aortic syndrome: discriminating and overlapping features as revealed by ECG-gated multidetector-row CT angiography. *Insights Imaging.* 2012; 3 (6): 561-571. <https://doi.org/10.1007/s13244-012-0195-7>
25. Burns M.A., Molina P.L., Gutierrez F.R., Sagel S.S. Motion artifact simulating aortic dissection on CT. *AJR Am J Roentgenol.* 1991; 157 (3): 465-467. <https://doi.org/10.2214/ajr.157.3.1872227>
26. Loubeyre P., Angelie E., Grozel F., Abidi H., Minh V.A. Spiral CT artifact that simulates aortic dissection: image reconstruction with use of 180° and 360° linear-interpolation algorithms. *Radiology.* 1997; 205 (1): 153-157. <https://doi.org/10.1148/radiology.205.1.9314977>
27. Achenbach S., Giesler T., Ropers D., Ulzheimer S, Derlien H, Schulte C. et al. Detection of coronary artery stenoses by contrast-enhanced, retrospectively ECG-gated multislice spiral computed tomography. *Circulation.* 2001; 103 (2): 2535-2538.
28. Терновой С.К., Синицын В.Е. Спиральная и электронно-лучевая ангиография. М., МСК-книга, 2004. 92 с.
29. Roos J.E., Willmann J.K., Weishaupt D., Lachat M., Marincek B., Hifiker P.R. Thoracic aorta: motion artifact reduction with retrospective and prospective electrocardiography-assisted multi-detector row CT. *Radiology.* 2002; 222 (1): 271-277. <https://doi.org/10.1148/radiol.2221010481>
30. Fleischmann D., Mitchell R.S., Miller D.C. Acute aortic syndromes: new insights from electrocardiographically gated computed tomography. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2008; 20 (4): 340-347. <https://doi.org/10.1053/j.semtcvs.2008.11.011>
31. Goetti R., Baumüller S., Feuchtnner G., Stolzmann P., Karlo C., Alkadhi H. et al. High-pitch dual-source CT angiography of the thoracic and abdominal aorta: is simultaneous coronary artery assessment possible? *AJR Am J Roentgenol.* 2010; 194 (4): 938-944. <https://doi.org/10.2214/AJR.09.3482>
32. Blanke P., Bulla S., Baumann T., Siepe M., Thorsten Winterer J., Euringer W. et al. Thoracic aorta: prospective electrocardiographically triggered CT angiography with dual-source CT—feasibility, image quality, and dose reduction. *Radiology.* 2010; 255 (1): 207-217. <https://doi.org/10.1148/radiol.09090860>
33. Liu Y., Xu J., Li J., Ren J., Liu H., Xu J. et al. Minwen Zheng. The ascending aortic image quality and the whole aortic radiation dose of high-pitch dual-source CT angiography. *J Cardiothorac Surg.* 2013; 8: 228. <https://doi.org/10.1186/1749-8090-8-228>

References:

1. Vilacosta I., San Roman J.A. Acute aortic syndrome. *Heart.* 2001; 85 (4): 365-368.

2. Tsai T.T., Nienaber C.A., Eagle K.A. Acute Aortic Syndromes. *Circulation*. 2005; 112 (24): 3802-3813. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.534198>
3. Lansman S.L., Saunders P.C., Malekan R., Spielvogel D. Acute aortic syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010; 140 (6Suppl): S92-97; discussion S142-S146. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2010.07.062>.
4. Corvera J.S. Acute aortic syndrome. *Ann Cardiothorac Surg*. 2016; 5 (3): 188-193. <https://doi.org/10.21037/acs.2016.04.05>
5. Chiu K.W., Lakshminarayan R., Ettles D.F. Acute aortic syndrome: CT findings. *Clin Radiol*. 2013; 68 (7): 741-748. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2013.03.001>
6. Valente T., Rossi G., Lassandro F., Rea G., Marino M., Muto M. et al. MDCT evaluation of acute aortic syndrome (AAS). *Br J Radiol*. 2016; 89 (1061): 20150825 <http://dx.doi.org/10.1259/bjr.20150825>
7. Wurster T., Riessen R., Haap M. Akutes Aortensyndrom. *Dtsch Med Wochenschr*. 2015; 140 (2): 104-109. <https://doi.org/10.1055/s-0040-100585>
8. Ahmad F, Cheshire N, Hamady M. Acute aortic syndrome: pathology and therapeutic strategies. *Postgrad Med J*. 2006; 82 (967): 305-312. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2005.043083>
9. Hallinan J., Anil G. Multi-detector computed tomography in the diagnosis and management of acute aortic syndromes. *World J Radiol*. 2014; 6 (6): 355-365. <https://dx.doi.org/10.4329/wjr.v6.i6.355>
10. Muslimov R.Sh., Sharifullin F.A., Chernaya N.R., Novruzbeikov M.S., Kokov L.S. The role of multislice computed tomography in the diagnosis of acute rupture of the thoracic aorta and hepatic artery in the patient with severe combined injury. *Bulletin of Radiology and radiology*. 2015; 1: 27-33 (in Russian).
11. Smith A.D., Schoenhagen P. CT imaging for acute aortic syndrome. *Cleve Clin J Med*. 2008; 75 (1): 7-9, 12, 15-7 passim.
12. Qanadli S.D., El Hajjam M., Mesurolle B., Lavis L., Jourdan O., Randoux B. et al. Motion artifacts of the aorta simulating aortic dissection on spiral CT. *J Comput Assist Tomogr*. 1999; 23 (1): 1-6.
13. McMahon M.A., Squirrell C.A. Multidetector CT of Aortic Dissection: A Pictorial Review. *RadioGraphics*. 2010; 30 (2): 445-460. <https://doi.org/10.1148/rg.302095104>
14. Rubin GD. Helical CT angiography of the thoracic aorta. *J Thorac Imaging*. 1997; 12 (2): 128-149.
15. Batra P., Bigoni B., Manning J., Aberle D.R., Brown K., Hart E. et al. Pitfalls in the Diagnosis of Thoracic Aortic Dissection at CT Angiography. *RadioGraphics*. 2000; 20 (2): 309-320. <https://doi.org/10.1148/radiographics.20.2.g00mc04309>
16. Husainy M.A., Sayyed F., Puppala S. Acute aortic syndrome-pitfalls on gated and non-gated CT scan. *Emerg Radiol*. 2016; 23 (4): 397-403. <https://doi.org/10.1007/s10140-016-1409-y>
17. Barmina T.G., Zabavskaya O.A., Sharifullin F.A., Abakumov M.M. Possibilities of spiral computed tomography in the diagnosis of damage to the thoracic aorta. *Medical imaging*. 2010; 6: 84-8817 (in Russian).
18. Duvernoy O., Coulden R., Ytterberg C. Aortic motion: a potential pitfall in CT imaging of dissection in the ascending aorta. *J Comput Assist Tomogr*. 1995; 19 (4): 569-572.
19. Chiu P., Miller D.C. Evolution of surgical therapy for Stanford acute type A aortic Dissection. *Ann Cardiothorac Surg*. 2016; 5 (4): 275-295. <http://dx.doi.org/10.21037/acs.2016.05.05>
20. Strayer R.J., Shearer P.L., Hermann L.K. Screening, Evaluation, and early management of acute aortic dissection in the ED. *Curr Cardiol Rev*. 2012; 8 (2): 152-157.
21. Braverman A.C. Acute Aortic Dissection: Clinician Update. *Circulation*. 2010; 122 (2): 184-188. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.958975>
22. Taber P., Chang L.W., Campion G.M. The left brachiocephalic vein simulating aortic dissection on computed tomography. *J Comput Assist Tomogr*. 1979; 3 (5): 360-361.
23. Chiles C., Baker M.E., Silverman P.M. Superior pericardial recess simulating aortic dissection on computed tomography. *J Comput Assist Tomogr*. 1986; 10 (3): 421-423.
24. Ueda T., Chin A., Petrovitch I., Fleischmann D. A pictorial review of acute aortic syndrome: discriminating and overlapping features as revealed by ECG-gated multidetector-row CT angiography. *Insights Imaging*. 2012; 3 (6): 561-571. <https://doi.org/10.1007/s13244-012-0195-7>
25. Burns M.A., Molina P.L., Gutierrez F.R., Sagel S.S. Motion artifact simulating aortic dissection on CT. *AJR Am J Roentgenol*. 1991; 157 (3): 465-467. <https://doi.org/10.2214/ajr.157.3.1872227>
26. Loubeyre P., Angelie E., Grozel F., Abidi H., Minh V.A. Spiral CT artifact that simulates aortic dissection: image reconstruction with use of 180° and 360° linear-interpolation algorithms. *Radiology*. 1997; 205 (1): 153-157. <https://doi.org/10.1148/radiology.205.1.9314977>
27. Achenbach S., Giesler T., Ropers D., Ulzheimer S, Derlien H, Schulte C. et al. Detection of coronary artery stenoses by comtran-enhanced, retrospectively ECG-gated multislice spiral computed tomography. *Circulation*. 2001; 103 (2): 2535-2538.
28. Ternovoy S.K., Sinitsyn V.E. Spiral and electron-beam angiography. *Moscow, Vidar*, 1998. 141 p. (in Russian).
29. Roos J.E., Willmann J.K., Weishaupt D., Lachat M., Marincek B., Hifiker P.R. Thoracic aorta: motion artifact reduction with retrospective and prospective electrocardiography-assisted multi-detector row CT. *Radiology*. 2002; 222 (1): 271-277. <https://doi.org/10.1148/radiol.2221010481>
30. Fleischmann D., Mitchell R.S., Miller D.C. Acute aortic syndromes: new insights from electrocardiographically gated computed tomography. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2008; 20 (4): 340-347. <https://doi.org/10.1053/j.semtcvs.2008.11.011>
31. Goetti R., Baumüller S., Feuchtner G., Stolzmann P., Karlo C., Alkadhi H. et al. High-pitch dual-source CT angiography of the thoracic and abdominal aorta: is simultaneous coronary artery assessment possible? *AJR Am J Roentgenol*. 2010; 194 (4): 938-944. <https://doi.org/10.2214/AJR.09.3482>
32. Blanke P., Bulla S., Baumann T., Siepe M., Thorsten Winterer J., Euringer W. et al. Thoracic aorta: prospective electrocardiographically triggered CT angiography with dual-source CT—feasibility, image quality, and dose reduction. *Radiology*. 2010; 255 (1): 207-217. <https://doi.org/10.1148/radiol.09090860>
33. Liu Y., Xu J., Li J., Ren J., Liu H., Xu J. et al. Minwen Zheng. The ascending aortic image quality and the whole aortic radiation dose of high-pitch dual-source CT angiography. *J Cardiothorac Surg*. 2013; 8: 228. <https://doi.org/10.1186/1749-8090-8-228>