

Оценка эластических характеристик стенки восходящего отдела аорты при помощи компьютерно-томографической ангиографии в режиме электрокардиографической синхронизации с расширенной постпроцессорной обработкой данныхСкрипник А. Ю.¹, Фокин В. А.¹, Мирончук Р. Р.¹, Успенский В. Е.¹, Иртыга О. Б.¹, Кушнарева Е. А.¹, Рудь С. Д.^{1,2}, Лепёхина А. С.¹, Моисеева О. М.¹, Труфанов Г. Е.**Цель.** Модернизировать протокол сканирования и оценки данных компьютерно-томографической ангиографии (КТА) с расширенной постпроцессорной обработкой данных для диагностики аневризм восходящего отдела аорты (ВОА), определения растяжимости сосудистой стенки и комплайнс аорты.**Материал и методы.** Обследовано 24 пациента (14 мужчин) в возрасте от 43 до 72 лет с диагнозом аневризмы либо расширения ВОА. КТА проводили на 128-срезовых компьютерных томографах Siemens Somatom Definition AS и Philips Ingenuity Elite в режиме ЭКГ-синхронизации после болюсного внутривенного введения 100-120 мл контрастного вещества. Определяли фазы конечной систолы и диастолы, максимальный диаметр аорты (d), площадь поперечного сечения аорты (S), вычисляли растяжимость сосудистой стенки и комплайнс аорты.**Результаты.** Пациенты разделены на 3 группы в соответствии с d ВОА, измеренным в фазу диастолы. 1 группа — 6 пациентов, d <45 мм (медиана [границы размаха] 39 [39; 40] мм), 2 группа — 7 больных, d =45-50 мм (48 [46; 49] мм) и 3 группа — 11, d >50 мм (51 [51; 54] мм). Выявлена корреляционная связь между исследуемыми параметрами: растяжимость и комплайнс стенки аорты, и такими показателями, как возраст, величина систолического артериального давления, максимальный диаметр аорты в систолу и диастолу. Наличие линейной корреляционной зависимости между комплайнсом стенки аорты и ее диаметром в диастолу может быть использована в дальнейшем для прогнозирования темпов прироста диаметра аорты.**Заключение.** Разработанный протокол КТА грудной аорты с расширенной постпроцессорной обработкой данных позволяет оценивать растяжимость и комплайнс ВОА по диаметру и площади поперечного сечения у пациентов с расширением ВОА. Данные критерии дают дополнительную информацию об эластических характеристиках сосудистой стенки аорты и могут учитываться при определении тактики ведения больных с данной патологией.**Ключевые слова:** аневризма восходящего отдела аорты, компьютерно-томографическая ангиография, растяжимость, комплайнс, площадь поперечного сечения аорты, диаметр аорты.**Конфликт интересов:** не заявлен.¹ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова Минздрава России, Санкт-Петербург; ²ФГБ военное ОУ ВО Военно-меди-

цинская академия им. С. М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия.

Скрипник А. Ю.* — зав. рентгеновским отделением Детского лечебно-реабилитационного комплекса, ORCID: 0000-0003-4396-4486, Фокин В. А. — зав. отделом лучевой диагностики, ORCID: 0000-0001-7885-9024, Мирончук Р. Р. — врач-рентгенолог, ORCID: 0000-0001-8138-666X, Успенский В. Е. — к.м.н., с.н.с. НИЛ хирургии пороков и ишемической болезни сердца, ORCID: 0000-0002-7929-0594, Иртыга О. Б. — к.м.н., в.н.с. НИЛ кардиомиопатий, доцент кафедры кардиологии, ORCID: 0000-0002-8656-3191, Кушнарева Е. А. — аспирант, врач-кардиолог, ORCID: 0000-0002-8723-2765, Рудь С. Д. — доцент, преподаватель кафедры (рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики), ORCID: 0000-0002-3585-9793, Лепёхина А. С. — ординатор кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации, ORCID: 0000-0002-3805-8430, Моисеева О. М. — д.м.н., г.н.с. НИО некоронарогенных заболеваний сердца, директор Института сердца и сосудов, ORCID: 0000-0002-7817-3847, Труфанов Г. Е. — д.м.н., профессор, зав. кафедрой лучевой диагностики и медицинской визуализации, ORCID: 0000-0002-1611-5000.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): skripnikalexey@mail.ru

АД — артериальное давление, КТА — компьютерно-томографическая ангиография, МРТ — магнитно-резонансная томография, ВОА — восходящий отдел аорты, АВОА — аневризма восходящего отдела аорты, ЭхоКГ — эхокардиография.

Рукопись получена 05.11.2019

Рецензия получена 18.11.2019

Принята к публикации 18.11.2019

**Для цитирования:** Скрипник А. Ю., Фокин В. А., Мирончук Р. Р., Успенский В. Е., Иртыга О. Б., Кушнарева Е. А., Рудь С. Д., Лепёхина А. С., Моисеева О. М., Труфанов Г. Е. Оценка эластических характеристик стенки восходящего отдела аорты при помощи компьютерно-томографической ангиографии в режиме электрокардиографической синхронизации с расширенной постпроцессорной обработкой данных. *Российский кардиологический журнал*. 2019;24(12):48-54

doi:10.15829/1560-4071-2019-12-48-54

Assessment of the elastic properties of the ascending aorta using electrocardiographic synchronized computed tomography angiography with advanced data processingSkripnik A. Yu.¹, Fokin V. A.¹, Mironchuk R. R.¹, Uspenskiy V. E.¹, Irtyuga O. B.¹, Kushnareva E. A.¹, Rud S. D.^{1,2}, Lepekhina A. S.¹, Moiseeva O. M.¹, Trufanov G. E.**Aim.** To modernize the computed tomography angiography (CTA) protocol with advanced data processing for the diagnosis of ascending aortic (AA) aneurysms, determining the aortic distensibility and compliance.**Material and methods.** We examined 24 patients (14 men) aged 43 to 72 years old with aneurysm or dilatation of ascending aorta (AA). CTA was performed on Siemens Somatom Definition AS and Philips Ingenuity Elite 128-slice scanners with

electrocardiographic (ECG) synchronization after a bolus injection of contrast agents (100-120 ml). End-systolic and end-diastolic frames, maximum aortic diameter and cross-sectional area were determined; aortic distensibility and compliance were calculated.

Results. According to AA diameter in end-diastolic frame, patients were divided into 3 groups. Group 1 — 6 patients, d <45 mm (39 [39; 40] mm), group 2 — 7 patients,

d=45-50 mm (48 [46; 49] mm) and group 3 — 11 patients, d >50 mm (51 [51; 54] mm). A correlation between aortic distensibility and compliance and such parameters as age, systolic blood pressure, systolic and was found. Correlation between the aortic compliance and diastolic diameter can be used for predicting of diameter increase rate. **Conclusion.** The designed CTA protocol with advanced data processing allows evaluating the AA distensibility and compliance by the diameter and cross-sectional area in patients with AA dilatation. These criteria provide additional information about the aortic elastic properties and can be used for determining the management strategy.

Key words: ascending aortic aneurysm, computed tomography angiography, distensibility, compliance, aortic cross-sectional area, aortic diameter.

Conflicts of Interest: nothing to declare.

¹Almazov National Medical Research Center, St. Petersburg; ²S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia.

Skripnik A. Yu. ORCID: 0000-0003-4396-4486, Fokin V.A. ORCID: 0000-0001-7885-9024, Mironchuk R.R. ORCID: 0000-0001-8138-666X, Uspenskiy V.E., ORCID: 0000-0002-7929-0594 Irtyuga O.B. ORCID: 0000-0002-8656-3191, Kushnareva E.A. ORCID: 0000-0002-8723-2765, Rud S.D. ORCID: 0000-0002-3585-9793, Lepekhina A.S. ORCID: 0000-0002-3805-8430, Moiseeva O.M. ORCID: 0000-0002-7817-3847, Trufanov G.E. ORCID: 0000-0002-1611-5000.

Received: 05.11.2019 **Revision Received:** 18.11.2019 **Accepted:** 18.11.2019

For citation: Skripnik A. Yu., Fokin V.A., Mironchuk R.R., Uspenskiy V.E., Irtyuga O.B., Kushnareva E.A., Rud S.D., Lepekhina A.S., Moiseeva O.M., Trufanov G.E. Assessment of the elastic properties of the ascending aorta using electrocardiographic synchronized computed tomography angiography with advanced data processing. *Russian Journal of Cardiology*. 2019;24(12):48–54. (In Russ.) doi:10.15829/1560-4071-2019-12-48-54

Аневризма восходящего отдела аорты (АВОА), несмотря на отсутствие в большинстве случаев клинических проявлений, ассоциирована с крайне высоким риском развития неблагоприятных событий, таких как разрыв или диссекция аорты [1-3]. Распространенность АВОА в Западной Европе составляет около 0,8% [4]. Актуальность совершенствования методов диагностики аневризмы аорты продиктована, в том числе, тем, что глобальный показатель летальности при данной патологии и ее осложнениях вырос за последние десятилетия (1990-2010гг) с 2,49 до 2,78 случаев на 100 тыс. взрослого населения, с преимущественным проявлением у лиц мужского пола [5, 6].

Пороговым значением восходящего отдела аорты (ВОА), по достижении которого значительно увеличивается риск тяжелых осложнений, ассоциированных с ВОА, остается диаметр 60 мм и более, на фоне которого ежегодный риск разрыва, расслоения аорты и внезапной смерти пациентов составляет 3,6%, 3,7% и 10,8%, соответственно, а суммарный риск подобных исходов — 14,1%. В настоящее время основным критерием для принятия решения о хирургической коррекции АВОА является диаметр аорты в зоне ее максимального расширения ≥ 55 мм. Меньшее пороговое значение 50-55 для оперативного лечения мм может обсуждаться у пациентов с дополнительными факторами риска (семейный анамнез аневризм, расслоений аорты и внезапных смертей, неконтролируемая артериальная гипертензия, коарктация аорты, быстрая прогрессия расширения ВОА, двустворчатый аортальный клапан в сочетании с рисками неблагоприятных событий, ассоциированных с грудной аортой). При синдроме Марфана показания к хирургическому лечению устанавливаются при диаметре ВОА ≥ 45 мм [7].

Несмотря на очевидное значение раннего выявления расширения ВОА для предупреждения возникновения острых осложнений, своевременная диагно-

стика аневризм грудной аорты представляется весьма непростой задачей. По-прежнему мультиспиральная компьютерная томография с внутривенным контрастированием остается “золотым стандартом” диагностики заболеваний аорты [8]. На сегодняшний день для первичной диагностики и наблюдения за пациентом с аортопатией в динамике чаще всего применяют такие методы визуализации, как эхокардиография (ЭхоКГ) и компьютерно-томографическая ангиография (КТА) аорты, целью которых, по большому счету, кроме исключения грубой структурной патологии аорты (расслоения, интрамуральных гематом и пр.), является верификация единственного линейного значения — диаметра ВОА в зоне ее максимального расширения, на основании которого и выбирается тактика ведения пациента. Для своевременного принятия решения о выборе оптимальной тактики лечения необходимо совершенствовать подходы к диагностике данной патологии. В качестве такого подхода — оценка малоизученных КТА-критериев, которые могли бы дать дополнительную информацию для оценки прогноза больных с расширением ВОА.

Цель исследования — модернизировать протокол сканирования и оценки данных КТА с расширенной постпроцессорной обработкой данных для диагностики АВОА, определения растяжимости сосудистой стенки и комплайенса аорты.

Материал и методы

Исследование проводилось на базе ФГБУ “НМИЦ имени В.А. Алмазова”. Протокол исследования был одобрен Этическим комитетом ФГБУ “НМИЦ им. В.А. Алмазова”. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие. У всех пациентов предварительно было выполнено трансторакальное ЭхоКГ-исследование по стандартному протоколу на аппарате Vivid 7 (GE, США) согласно Европейским/Американским рекомендациям по ЭхоКГ.



Рис. 1. Топограмма для выполнения КТА грудного отдела аорты.



Рис. 2. Кривая сердечного цикла. Фаза систолы соответствует 20%, фаза диастолы — 90% сердечного цикла.

В исследование включено 24 пациента (14 мужчин, 9 женщин) в возрасте от 43 до 72 лет (медиана 58 [53,5; 66,5] лет) с предварительным диагнозом аневризмы либо расширения ВОА. Пациенты с расслоением ВОА не включались в исследование.

Также в исследование не включались пациенты с ВОА <40 мм по данным ЭхоКГ, анамнестическим указанием на аллергические реакции на йодсодержащий контрастный препарат, с показателем креатинина выше нормы, либо при наличии хронической болезни почек, с фибрилляцией предсердий по результатам предварительно выполненной электрокардиографии.

Перед выполнением КТА всем пациентам измеряли артериальное давление (АД) по стандартной методике. Затем рассчитывали пульсовое АД (pulse pressure, PP) как разницу между систолическим и диастолическим давлением.

Исследование проводили на компьютерных томографах: Somatom Definition AS (128 срезов, Siemens, Германия), Ingenuity Elite (128 срезов, Philips, Нидерланды). Укладка пациента стандартная — лежа

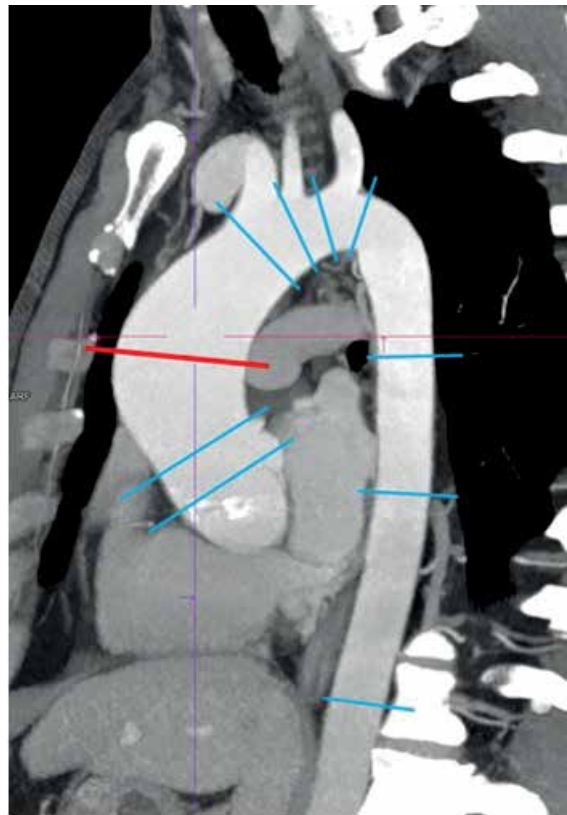


Рис. 3. КТА грудного отдела аорты, криволинейная реконструкция.

Примечание: стандартные уровни оценки размеров грудного отдела аорты. Красная линия — уровень максимальных размеров аневризмы ВОА (уровень бифуркации легочной артерии). Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

на спине, руки подняты над головой. Вначале выполняли обзорную томограмму. Далее проводилась серия премониторинга для отслеживания накопления контрастного вещества в восходящей части аорты. Болус-триггер устанавливали на ВОА на уровне бифуркации легочной артерии, порог накопления контрастного вещества был установлен на 120 HU. Затем проводили КТА с болусным внутривенным введением контрастного вещества (йопромид/йоверсол 300 мг йода/мл в объеме 100-120 мл). Задержка после достаточного накопления контрастного вещества в восходящей части аорты — 5 сек. Верхняя граница зоны сканирования располагалась на уровне яремной вырезки грудины, нижняя — под уровнем базальных отделов сердца. Для данного исследования необходимо, чтобы сердце полностью вошло в зону сканирования (рис. 1).

Направление сканирования — кранио-каудальное. Исследование проводили при задержке дыхания пациентом на высоте вдоха. В дальнейшем, в отличие от традиционной КТА грудной аорты, выполняли реконструкции изображений на всем протяжении сердечного цикла (от 0 до 100%) с шагом в 5% при использовании алгоритма средней степени “мягкости” окна в сосудистом режиме, с толщиной слоя 1 мм и инкрементом 1 мм. Анализ полученных изо-

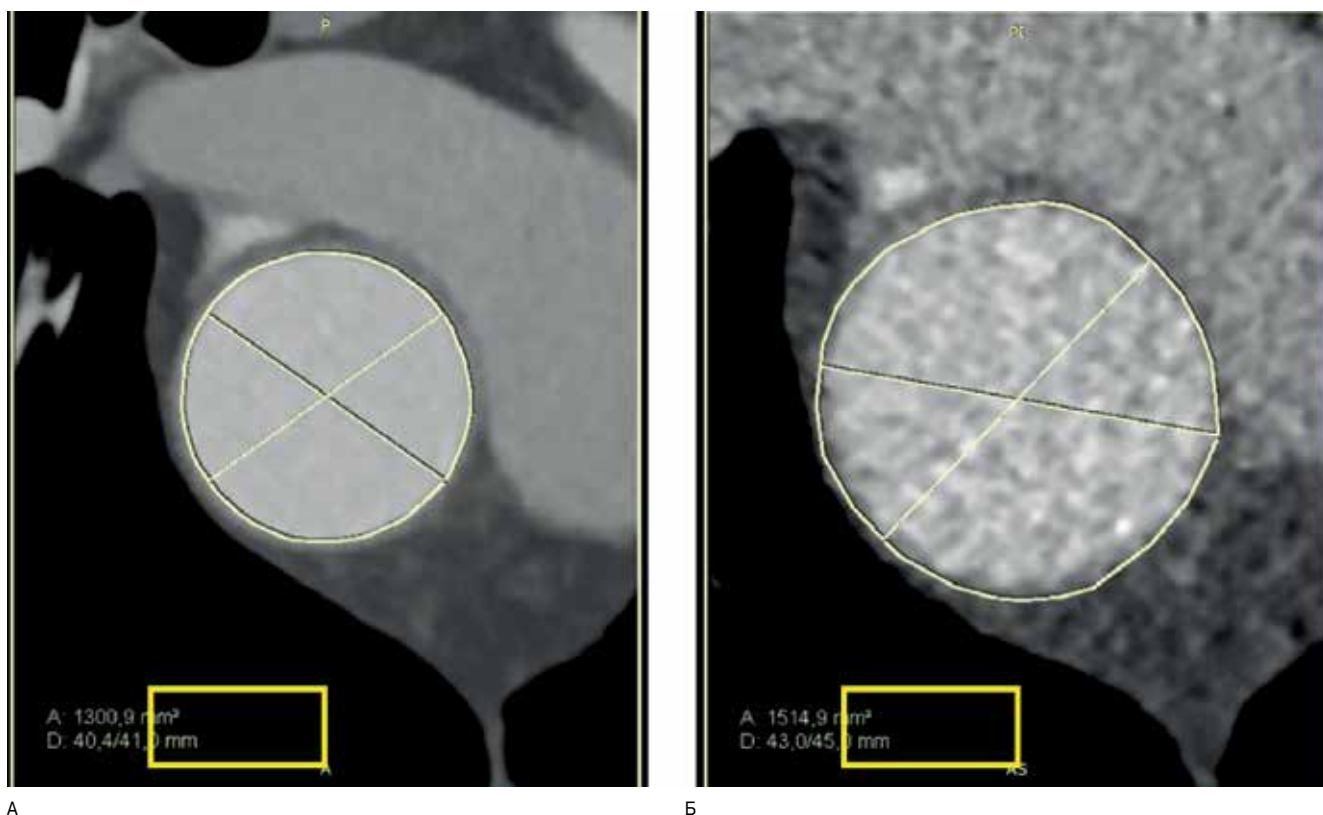


Рис. 4 (А, Б). КТА грудного отдела аорты, измерения размеров ВОА в ортогональной плоскости. Размеры ВОА в диастолу (А) и в систолу (Б). Диаметр увеличился на 4 мм, площадь поперечного сечения — на 214 мм².

бражений КТА проводили с применением специализированного кардиологического протокола обработки данных. На основании кривой сердечного цикла определяли фазы конечной систолы и конечной диастолы — именно в данные фазы цикла проводились измерения размеров аорты (рис. 2).

Как и при общепринятом исследовании, определяли состояние сосудистой стенки и максимальные размеры грудного отдела аорты на стандартных уровнях в диастолу (рис. 3).

В области максимального расширения ВОА (наиболее частая локализация — уровень бифуркации легочной артерии) также измеряли площадь поперечного сечения аорты; оценка размеров аорты на данном уровне проводилась, в том числе, и в систолу (рис. 4 А, Б).

Новыми исследуемыми критериями в оценке аневризм ВОА стали растяжимость (distensibility, D) сосудистой стенки и комплайнс аорты (compliance, C), которые определяли по формулам [9]:

$$D_d = (d_{\text{systolic}} - d_{\text{diastolic}}) / d_{\text{diastolic}} * 100\%,$$

где: D_d — растяжимость (по диаметру); d_{systolic} — диаметр аорты в систолу, $d_{\text{diastolic}}$ — диаметр аорты в диастолу.

$$D_s = (S_{\text{systolic}} - S_{\text{diastolic}}) / S_{\text{diastolic}} * 100\%,$$

где: D_s — растяжимость (по площади); S_{systolic} — площадь поперечного сечения аорты в систолу, $S_{\text{diastolic}}$ — площадь поперечного сечения аорты в диастолу.

$$C_d = (d_{\text{systolic}} - d_{\text{diastolic}}) / (d_{\text{diastolic}} * PP),$$

где: C_d — комплайнс аорты (по диаметру); d_{systolic} — диаметр аорты в систолу, $d_{\text{diastolic}}$ — диаметр аорты в диастолу, PP (pulse pressure) — пульсовое давление.

$$C_s = (S_{\text{systolic}} - S_{\text{diastolic}}) / (S_{\text{diastolic}} * PP),$$

где: C_s — комплайнс аорты (по площади); S_{systolic} — площадь поперечного сечения аорты в систолу, $S_{\text{diastolic}}$ — поперечного сечения аорты в диастолу, PP (pulse pressure) — пульсовое давление.

Для количественных данных выполнялась проверка нормальности данных с помощью критерия Шапиро-Уилка. Распределение данных отличалось от нормального, в связи с чем данные описывали с помощью медианы, 25% и 75% квартилей.

Для сравнения влияния степени расширения ВОА на функциональные критерии, исследуемые при КТА грудного отдела аорты (в группах) использовали критерий Краскела-Уоллиса. Критерий значимости устанавливался на уровне $p < 0,05$.

Результаты

Все пациенты, включенные в исследование, разделены на 3 группы в соответствии с диаметром (d) ВОА, измеренным в фазу диастолы (стандартная фаза, в которую проводятся измерения): 1 группа — 6 пациентов с $d < 45$ мм; 2 группа — пациенты с $d = 45-50$ мм (7 обследуемых); 3 группа — больные с $d > 50$ мм

Таблица 1

Сравнение параметров между группами

Признак	Группа 1 (n=6) Me [Q25;Q75]	Группа 2 (n=7) Me [Q25;Q75]	Группа 3 (n=11) Me [Q25;Q75]	P-уровень (критерий Kruskal-Wallis)
Возраст, лет	53 [44,0; 56,0]	54 [50; 67]	63 [60; 68]	0,029
САД, мм рт.ст.	120 [120; 120]	126 [122; 130]	140 [130; 142]	0,005
ДАД, мм рт.ст.	80 [80; 80]	80 [73; 80]	80 [80; 100]	0,145
Пульсовое АД, мм рт.ст.	40 [30; 40]	50 [45; 52]	50 [40; 59]	0,021
$d_{diastolic}$, мм	42 [41; 42]	50 [48; 52]	52 [52; 55]	<0,001
$d_{systolic}$, мм	39 [39; 40]	48 [46; 49]	51 [51; 54]	<0,001
$S_{systolic}$, мм ²	13,2 [12,4; 13,6]	18,8 [17,8; 20,0]	20,8 [19,3; 21,2]	0,001
$S_{diastolic}$, мм ²	11,8 [11,3; 12,3]	17,3 [16,8; 17,8]	20,5 [18,7; 21,8]	<0,001
D_d , %	6,29 [6,043; 6,493]	4,348 [3,714; 5,271]	1,961 [0,986; 2,484]	<0,001
D_s , %	10,212 [8,721; 14,445]	8,488 [6,058; 10,257]	4,677 [2,163; 5,828]	0,001
C_d , мм рт.ст. ⁻¹	1,753 [1,563; 2,165]	0,833 [0,729; 1,045]	0,353 [0,181; 0,528]	<0,001
C_s , мм рт.ст. ⁻¹	2,971 [2,180; 3,611]	1,668 [1,212; 1,928]	0,628 [0,434; 1,160]	<0,001

Примечание: данные представлены в виде медианы Me, 25% и 75% квартилей.

Сокращения: C_d — комплаинс ВОА по диаметру, C_s — комплаинс ВОА по площади, D_d — растяжимость ВОА по диаметру, $d_{diastolic}$ — максимальный диаметр в диастолу, D_s — растяжимость ВОА по площади, $d_{systolic}$ — максимальный диаметр в систолу, Me — медиана, АД — артериальное давление, $S_{diastolic}$ — площадь поперечного сечения в диастолу, $S_{systolic}$ — площадь поперечного сечения в систолу, ДАД — диастолическое артериальное давление, САД — систолическое артериальное давление.

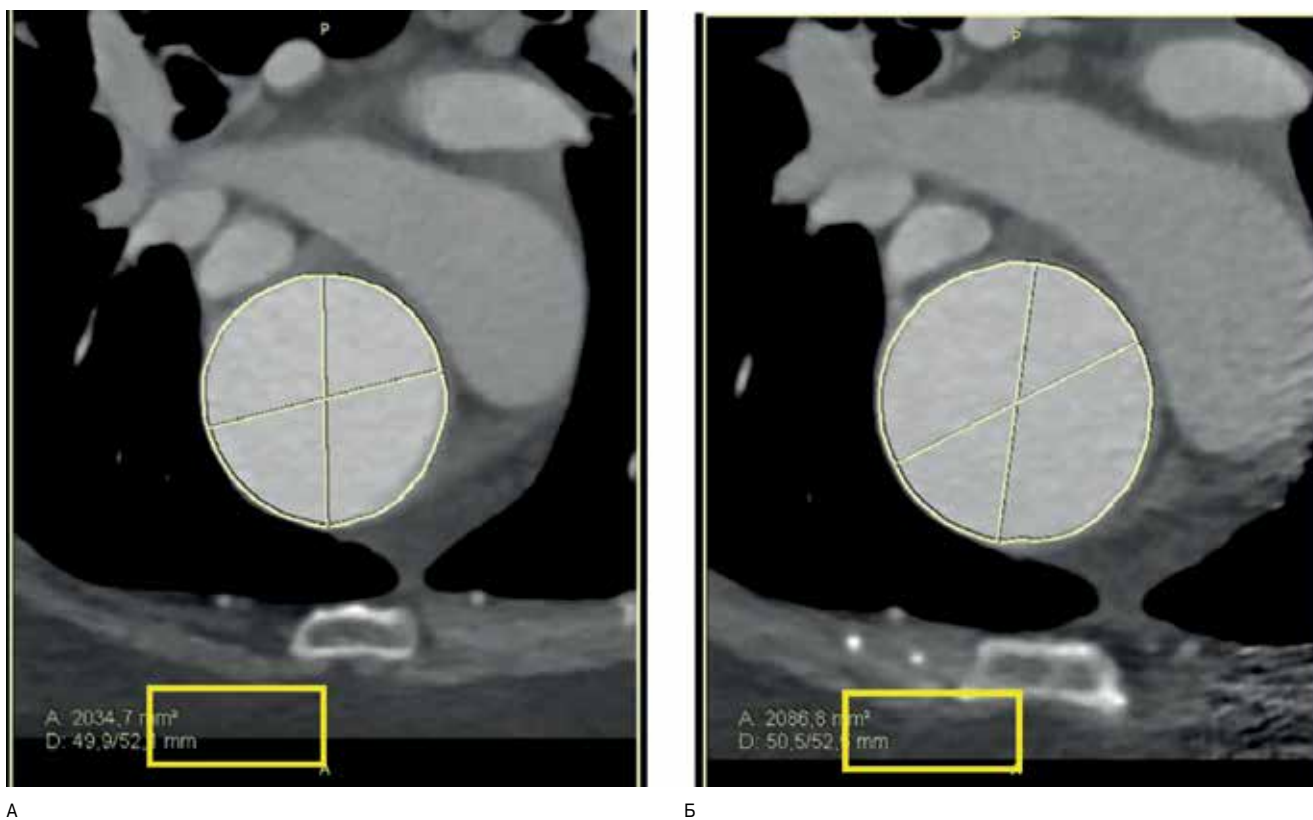


Рис. 5 (А, Б). КТА грудного отдела аорты, измерения размеров ВОА в ортогональной плоскости. Размеры ВОА в диастолу (А) и в систолу (Б). Диаметр увеличился на 0,4 мм, площадь поперечного сечения — на 52,1 мм².

(11 пациентов). Параметры ВОА пациентов групп 1, 2 и 3 представлены в таблице 1.

Полученные данные свидетельствуют о том, что изменение размеров аорты между систолой и диасто-

лой тем более выражено, чем меньше размеры ВОА (рис. 4 А, Б), и наоборот (рис. 5 А, Б).

Выявлена тесная корреляционная связь между исследуемым параметрами и такими показателями,

Таблица 2

Корреляционные зависимости между возрастом, уровнями АД и параметрами восходящей аорты

Признак 1	Признак 2	Коэффициент корреляции Спирмена (ρ)	P-уровень
Возраст	Растяжимость по d	-0,520	0,009
	Растяжимость по S	-0,529	0,008
	Комплаинс по d	-0,520	0,009
	Комплаинс по S	-0,506	0,012
САД	Растяжимость по d	-0,577	0,003
	Комплаинс по d	-0,700	<0,001
	Комплаинс по S	-0,552	0,005
Максимальный d_{systolic}	Растяжимость по d	-0,668	<0,001
	Растяжимость по S	-0,554	0,005
	Комплаинс по d	-0,679	<0,001
	Комплаинс по S	-0,622	0,001
Максимальный $d_{\text{diastolic}}$	Растяжимость по d	-0,808	<0,001
	Растяжимость по S	-0,673	<0,001
	Комплаинс по d	-0,796	<0,001
	Комплаинс по S	-0,730	<0,001
S_{systolic}	Растяжимость по d	-0,636	0,001
	Растяжимость по S	-0,504	0,012
	Комплаинс по d	-0,635	0,001
	Комплаинс по S	-0,5572	0,003
$S_{\text{diastolic}}$	Растяжимость по d	-0,757	<0,001
	Растяжимость по S	-0,674	<0,001
	Комплаинс по d	-0,726	<0,001
	Комплаинс по S	-0,705	<0,001

Примечание: достоверных корреляционных зависимостей между диастолическим АД, пульсовым давлением и параметрами аорты выявлено не было.

Сокращения: $d_{\text{diastolic}}$ — максимальный диаметр в диастолу, d_{systolic} — максимальный диаметр в систолу, $S_{\text{diastolic}}$ — площадь поперечного сечения в диастолу, S_{systolic} — площадь поперечного сечения в систолу, САД — систолическое артериальное давление.

Таблица 3

Модели простой линейной регрессии для показателя комплаинса стенки восходящей аорты в диастолу

Предиктор	Коэффициент (β)	95% ДИ	Коэффициент детерминации (r^2)	P-уровень
Однофакторные модели				
d_{systolic}	-0,096	-0,125; -0,066	0,667	$1,0 \cdot 10^{-6}$
$d_{\text{diastolic}}$	-0,092	-0,116; -0,067	0,729	<0,001
S_{systolic}	-0,122	-0,167; -0,078	0,592	<0,001
$S_{\text{diastolic}}$	-0,122	-0,163; -0,081	0,635	<0,001

Сокращения: $d_{\text{diastolic}}$ — максимальный диаметр в диастолу, d_{systolic} — максимальный диаметр в систолу, $S_{\text{diastolic}}$ — площадь поперечного сечения в диастолу, S_{systolic} — площадь поперечного сечения в систолу.

как возраст, величина систолического АД, максимальный диаметр аорты в систолу и диастолу (табл. 2).

Были построены модели простой линейной регрессии для показателей растяжимости и комплаинса стенки ВОА по диаметру и по площади в зависимости от фазы сердечного цикла. Было обнаружено, что все построенные модели значимы ($p < 0,05$). На наш взгляд, особый интерес представляет модель комплаинса стенки ВОА в диастолу (табл. 3). Полученные данные позволяют предположить, что, зная комплаинс стенки аорты, мы сможем в дальнейшем прогнозировать темпы прироста ее диаметра.

Обсуждение

В настоящее время для диагностики АВОА применяются такие методы визуализации, как ЭхоКГ, магнитно-резонансная томография (МРТ) и КТА. Благодаря активному внедрению в широкую клиническую практику этих методов визуализации растет число случайно выявленных на доклинической стадии аневризм и расширений грудной аорты. Исследуемые критерии, растяжимость сосудистой стенки и комплаинс аорты, на данном этапе остаются малоизученными и оцениваются чаще всего с помощью ультразвуковых методов диагностики и МРТ [10, 11].

Несомненно, МРТ остается наиболее информативным методом визуализации для оценки исследуемых показателей. Так, с развитием современных технологий появилась возможность визуализировать при помощи МРТ поток крови через аортальный клапан в ВОА, оценивать изменения конфигурации аорты на протяжении сердечного цикла, с высокой точностью выявлять патологические изменения аорты. Однако нельзя забывать, что выполнение МРТ аорты требует соответствующего дорогостоящего оборудования и специализированного программного обеспечения, которые широко не распространены в нашей стране. Помимо этого, выполнение данного исследования занимает длительное время и не всегда возможно выполнить МРТ пациентам с расширением ВОА в силу ряда причин (в том числе, наличие металлических имплантатов после оперативного вмешательства, клаустрофобия и др.).

Известно, что КТА, выполненная в режиме ЭКГ-синхронизированного сбора данных, позволяет за одно исследование в течение относительно небольшого промежутка времени визуализировать большие сосудистые регионы, при необходимости — всю аорту. Трехмерные реконструкции сосудов позволяют оценить локализацию, распространенность и характер патологического процесса и более точно спланировать хирургическое вмешательство [10]. С развитием современных технологий стало возможным проводить более сложные исследования, что, соответственно, требует внедрения новых подходов к диагностике АВОА.

Полученные данные показывают, что наша методика сканирования с расширенной постпроцессор-

ной обработкой позволяет оценивать такие параметры, как растяжимость сосудистой стенки и комплайнс аорты. Причем эти показатели существенно различаются между группами пациентов. Настоящее исследование имеет существенные ограничения из-за небольшого объема выборки. Увеличение объема выборки позволит нам ответить на вопрос о диагностической ценности предлагаемых критериев, а также о возможности их использовать для оценки прогноза и принятия решения в отношении тактики ведения больных с расширением ВОА.

Заключение

Внедрение разработанного протокола сканирования и постпроцессорной обработки данных КТА при расширении ВОА различной степени позволяет оценивать не только общепотребимый критерий для определения лечебной тактики — диаметр ВОА, но и показатель с большим пространственным разрешением — площадь поперечного сечения сосуда, что является потенциально более информативным критерием. Растяжимость сосудистой стенки и комплайнс аорты различаются в зависимости от размеров аорты. Изучение данных параметров позволит разработать новые подходы к оценке темпов прогрессирования расширения ВОА, что имеет важное значение для динамического наблюдения пациентов с аортопатиями.

Конфликт интересов: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

1. Bazhenova YV, Drantusova NS, Shanturov VA, et al. Computed tomography in the diagnosis of aortic aneurysm. *Sibirskij medicinskij žurnal*. 2014;7:37-41. (In Russ.) Баженова Ю. В., Дрантусова Н. С., Шантуров В. А. и др. Компьютерная томография в диагностике аневризм аорты. *Сибирский медицинский журнал*. 2014;7:37-41.
2. Abugov SA. Aortic aneurysm: diagnosis and treatment. *Terapevticheskiy Arhiv*. 2010;9:59-63. (In Russ.) Абугов С. А. Аневризма аорты: диагностика и лечение. *Терапевтический архив*. 2010;9:59-63.
3. Vishnjakova MV(jr), Shumsky VI, Vishnjakova MV, Denisova LB. Role of multislice computed tomography (MSCT) in the diagnosis of aortic dissection. *Russian Electronic Journal of Radiology (REJR)*. 2013;3(15):50-6. (In Russ.) Вишнякова М. В. (мл), Шумский В. И., Вишнякова М. В., Денисова Л. Б. Роль мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) в диагностике диссекции аорты. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2013;3(15):50-6.
4. Landenhed M, Engstrom G, Gottsater A, et al. Risk profiles for aortic dissection and ruptured or surgically treated aneurysms: a prospective cohort study. *J Am Heart Assoc*. 2015;4(1):e001513.
5. Sampson UKA, Norman PE, Fowkes GR, et al. Global and Regional Burden of Aortic Dissection and Aneurysms: Mortality Trends in 21 World Regions, 1990 to 2010. *Global Heart*. 2014;8:171-80. doi:10.1016/j.ghheart.2013.12.010.
6. Sampson UKA, Norman PE, Fowkes GR, et al. Estimation of global and regional incidence and prevalence of abdominal aortic aneurysms 1990 to 2010. *Global Heart*. 2014;8:159-70 doi:10.1016/j.ghheart.2013.12.009.
7. ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases. *European Heart Journal*. 2014;35:2873-926. doi:10.1093/eurheartj/ehu281.
8. Fedotenkov IS, Veselova TN, Imaev TE, et al. Multislice spiral computed tomography in the planning of tracheatheter aortic valve replacement. *Vestnik rentgenologii i radiologii*. 2011;4:18-23. (In Russ.) Федотенков И. С., Веселова Т. Н., Имаев Т. Э. и др. Мультиспиральная компьютерная томография в планировании транскатетерного протезирования аортального клапана. *Вестник рентгенологии и радиологии* 2011;4:18-23.
9. Baltgaile G. Arterial wall dynamics. *Perspectives in Medicine*. 2012;1:146-51. doi:10.1016/j.permed.2012.02.049.
10. Gavriliuk ND, Uspenskiy VE, Malashicheva AB, et al. Ascending aortic aneurysm: from molecular and genetic features of pathogenesis to treatment options. *Translational Medicine*. 2016;3(1):6-20. (In Russ.) Гаврилюк Н. Д., Успенский В. Е., Малашичева А. Б. и др. Аневризма восходящего отдела аорты: от молекулярно-генетических особенностей патогенеза до выбора метода лечения. *Трансляционная медицина*. 2016;3(1):6-20. doi:10.18705/2311-4495-2016-3-1-6-20.
11. Tiwari KK, Bevilacqua S, Aquaro GD, et al. Functional Magnetic Resonance Imaging in the Evaluation of the Elastic Properties of Ascending Aortic Aneurysm. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2019;34(4):451-7. doi:10.21470/1678-9741-2018-0406.