


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Красноярский государственный медицинский
университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кафедра лучевой диагностики ИПО

Использование методов визуализации при расслоении и разрыве грудной части аорты для предупреждения возможных осложнений

Predictive imaging for thoracic aortic dissection and rupture:
moving beyond diameters



Bouke P. Adriaans^{1,2,3}  • Joachim E. Wildberger^{1,3} • Jos J. M. Westenberg⁴ • Hildo J. Lamb⁴ • Simon Schalla^{1,2,3}

Received: 13 March 2019 / Revised: 7 May 2019 / Accepted: 11 June 2019 / Published online: 5 July 2019
© The Author(s) 2019

Работу выполнила ординатор 1-го года,
специальности «Рентгенология»

Соболева В.О.

Историческая справка

- ❑ В 1760 году британский король Георг II неожиданно скончался. На вскрытии личный врач короля обнаружил разрыв стенки интимы и установил последующую тампонаду сердца.
- ❑ Как мы теперь знаем, это является одним из наиболее опасных осложнений расслоения стенки аорты.
- ❑ Это был первый зафиксированный случай острого расслоения аорты типа А в истории.



Актуальность

- ❑ Визуализация сердечно-сосудистой системы играет важную роль в профилактическом лечении заболеваний аорты, поскольку рекомендации клинические традиционно зависят от критериев диаметра для стратификации в направлении профилактического хирургического вмешательства
- ❑ В текущем обзоре авторы обобщают собранные данные и соображения из современных исследований, касающиеся предиктивных методов визуализации заболеваний аорты, таких как ПЭТ-КТ и 4D-flow МРТ. Указанные методы визуализации могут значительно улучшить оценку риска возникновения расслоения и разрыва стенки аорты.

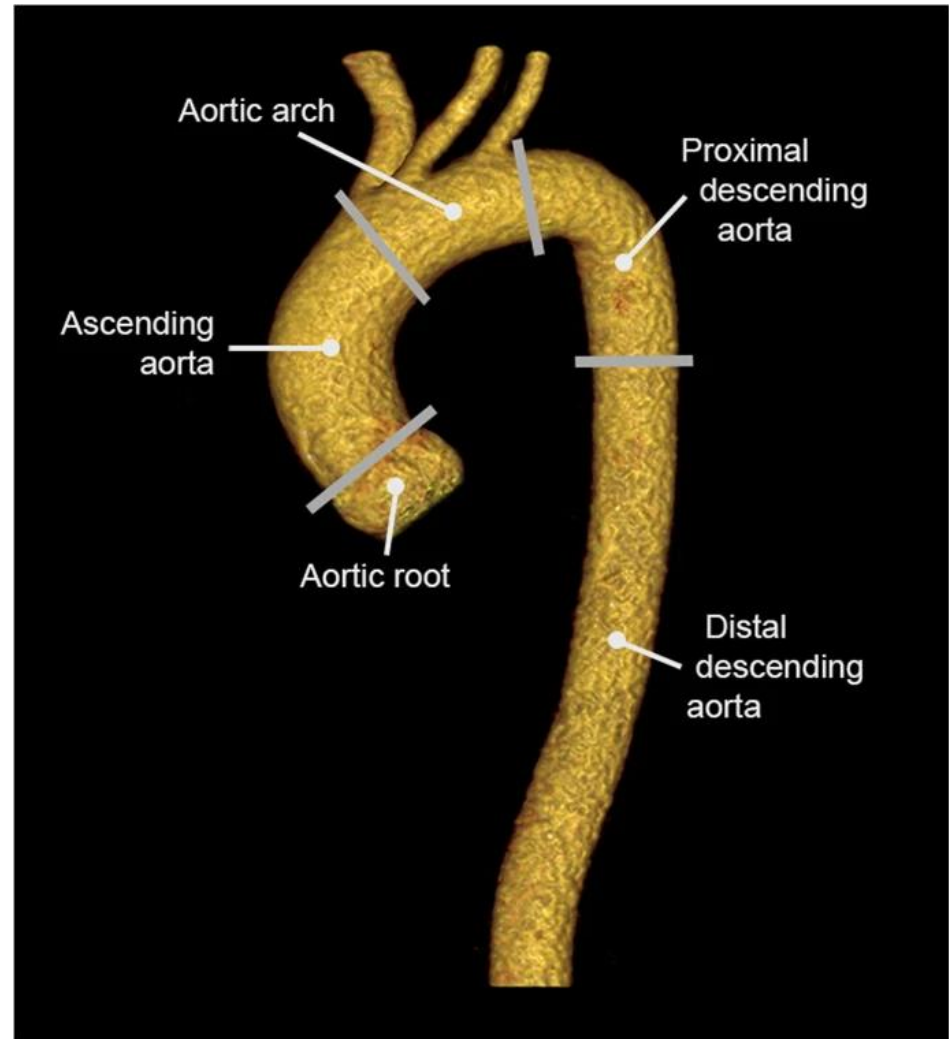
Нормальный диаметр аорты

- ❑ Аорта – самая большой непарный сосуд в организме.
- ❑ Аорта состоит из трех отделов: восходящая часть аорты, дуга аорты, нисходящей часть аорты, которая делится на грудную и брюшную части.
- ❑ Диаметры поперечного сечения (D) зависят от пола, места жительства пациента и наличия гипертонии.
- ❑ D увеличивается примерно на 0,1 мм/год.
- ❑ Эталонные значения D для различных анатомических сегментов были установлены несколькими методами визуализации, включая эхокардиографию, компьютерную томографию (КТ) и магнитно-резонансную томографию (МРТ).
- ❑ Существуют конкретные методики по измерению D аорты для каждого из этих методов визуализации.
- ❑ Не существует стандартизированного способа измерения D для всех указанных диагностических методов.

Трехмерная КТ-реконструкция здоровой аорты

Обозначения

- Aortic root = корень аорты
- Ascending aorta = восходящая часть аорты
- Aortic arch = дуга аорты
- Proximal descending aorta = проксимальная нисходящая часть аорты
- Distal descending aorta = дистальная нисходящая часть аорты



Аневризма грудной части аорты

- ❑ Аневризма определяется как расширение участка аорты на ≥ 2 стандартных отклонения выше ожидаемого D сосуда.
- ❑ Основные патофизиологические механизмы частично отличаются для аневризм в зависимости от их локализации.
- ❑ Аневризма грудной части аорты является результатом чрезмерной дегенерации медиального слоя стенки сосуда (также известного как кистозно-медиальный некроз).
- ❑ Образование аневризм брюшной аорты в основном связано с атеросклерозом.

Аневризма грудной части аорты

- ❑ Прогрессирующая аневризма аорты - общепризнанный фактор риска возникновения острого расслоения и разрыва.
- ❑ Подобные осложнения редки при аневризме восходящей части аорты среднего размера (годовой риск расслоения или разрыва 0,08%, 0,22% и 0,58% при $D = 45, 50$ и 55 мм соответственно).
- ❑ Резкое увеличение их встречаемости - до 6,9% в год - наблюдается, когда D превышает 60 мм.
- ❑ При нисходящих аневризмах грудного отдела аорты подобная «точка изгиба» идентифицируется на 70 мм.
- ❑ Чтобы избежать расширения аневризмы за пределы этих критических точек, необходимо направлять пациентов на операцию по профилактике разрыва аневризмы при $D = 55$ мм (восходящая часть аорта) или при D от 55 до 60 мм (нисходящая часть грудного отдела аорты).

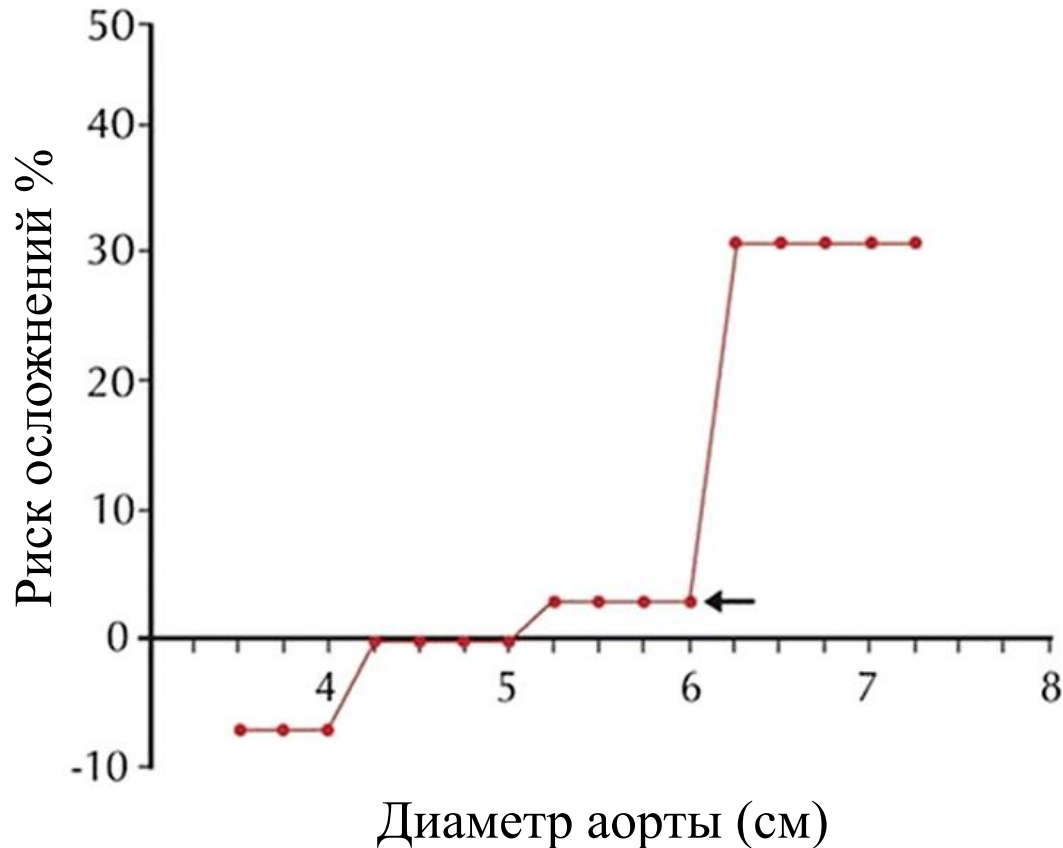
Аневризма грудной части аорты

- ❑ Более низкие показатели для хирургического вмешательства применимы к пациентам с заболеваниями соединительной ткани (такими как синдром Марфана).
- ❑ У этих пациентов операция показана при $D \geq 50$ мм или даже ≥ 45 мм при наличии дополнительных факторов риска (скорость роста аневризмы > 3 мм/год, наличие данной патологии в анамнезе).
- ❑ Пациенты с двустворчатым аортальным клапаном (АК) и сопутствующими факторами риска также рассматриваются для хирургического вмешательства при пороговом значении ниже нормального ($D \geq 50$ мм).



Аневризма грудной части аорты

Восходящая часть аорты



Вероятность расслоения или разрыва аорты при различных значениях D. Обратите внимание на «точку изгиба» в 6 см (восходящий участок аорты), при котором риск естественных осложнений внезапно возрастает.

Взято из Elefteriades et al, J Am Coll Cardiol 2010; 55 (9): 841–857.

Аневризма грудной части аорты

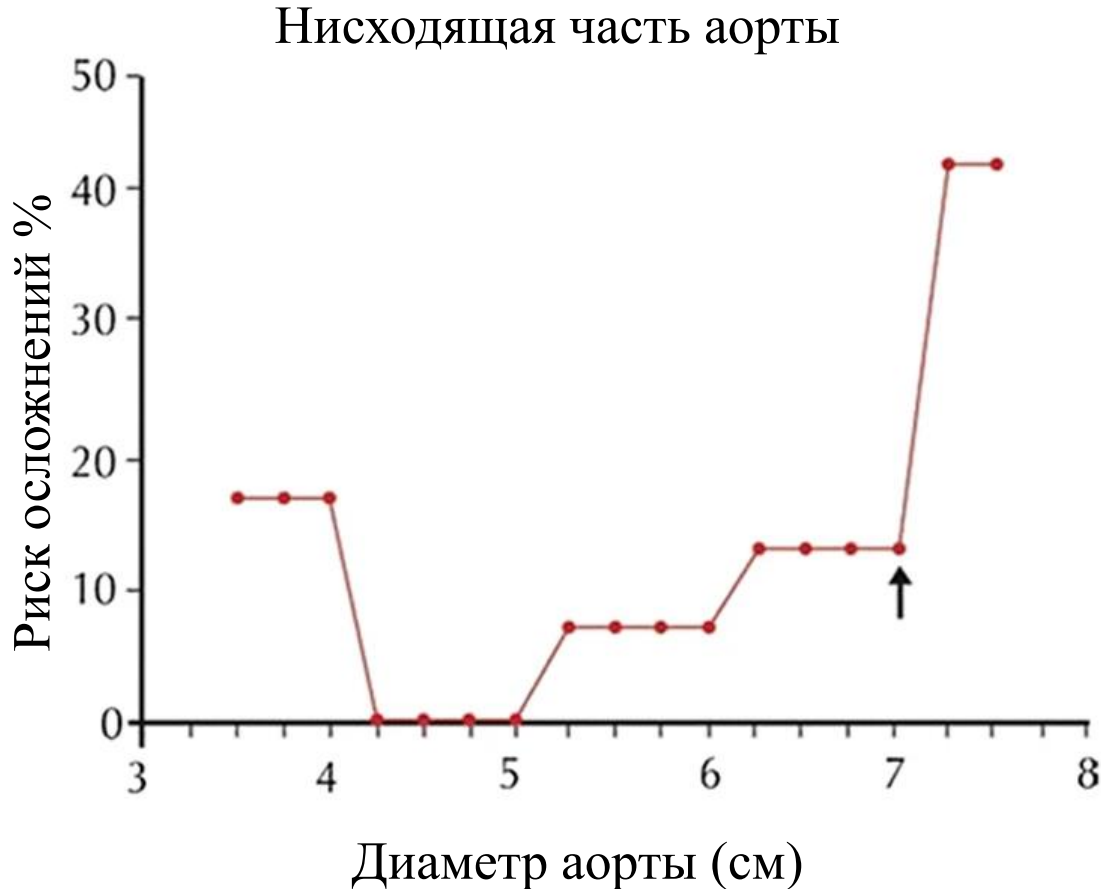


Рисунок 2.

Вероятность расслоения или разрыва аорты при различных значениях D. Обратите внимание на «точку изгиба» в 7 см (нисходящий участок аорты), при котором риск естественных осложнений внезапно возрастает.

Взято из Elefteriades et al, J Am Coll Cardiol 2010; 55 (9): 841–857.

Парадокс диаметра аорты

- ❑ Несмотря на очевидную связь между образованием аневризмы грудной части аорты и возникновением неблагоприятных исходов и осложнений, подавляющее большинство расслоений происходит в аортах с D ниже порога, указанного для проведения операции.
- ❑ Это, так называемый, парадокс размеров аорты.
- ❑ Ретроспективные исследования показали, что только 30–41% пациентов с острым расслоением аорты типа А и 18% пациентов с расслоением типа В имели $D \geq 5,5$ см.
- ❑ Поскольку аорта расширяется примерно на одну треть от ее размера непосредственно после начала расслоения, число клинических случаев с неблагоприятным исходом, вероятно, еще ниже.

Изменение длины аорты

- ❑ Недостаток измерений максимального D = неадекватное представление трехмерного процесса роста аорты.
- ❑ Поскольку для оценки трехмерной геометрии аорты требуются более совершенные методы сбора и последующей обработки данных, информация об измерениях ее длины и объема встречается редко. Как D , нормальная длина аорты увеличивается с возрастом. Также процесс элонгации ограничен грудной полостью, и это заставляет артерию становиться более извилистой.
- ❑ В большинстве случаев разрыв аневризмы происходит в области интимы в поперечном направлении. Также, длина сосуда служит независимым фактором риска возникновения расслоения как по типу А, так и типу В.

Изменение длины аорты

- Волюметрия показала хорошие результаты при измерении D аорты. Данный показатель можно потенциально использовать при наблюдении за аневризмой аорты.
- Применение КТ-исследований может сделать эти измерения прогностическими параметрами, применимыми в клинических условиях. Однако, необходимы проспективные исследования для подтверждения этого предположения, так как на данный момент нет подтверждения причинно-следственной связи между D аорты с неблагоприятными исходами.

Аневризма грудной части аорты

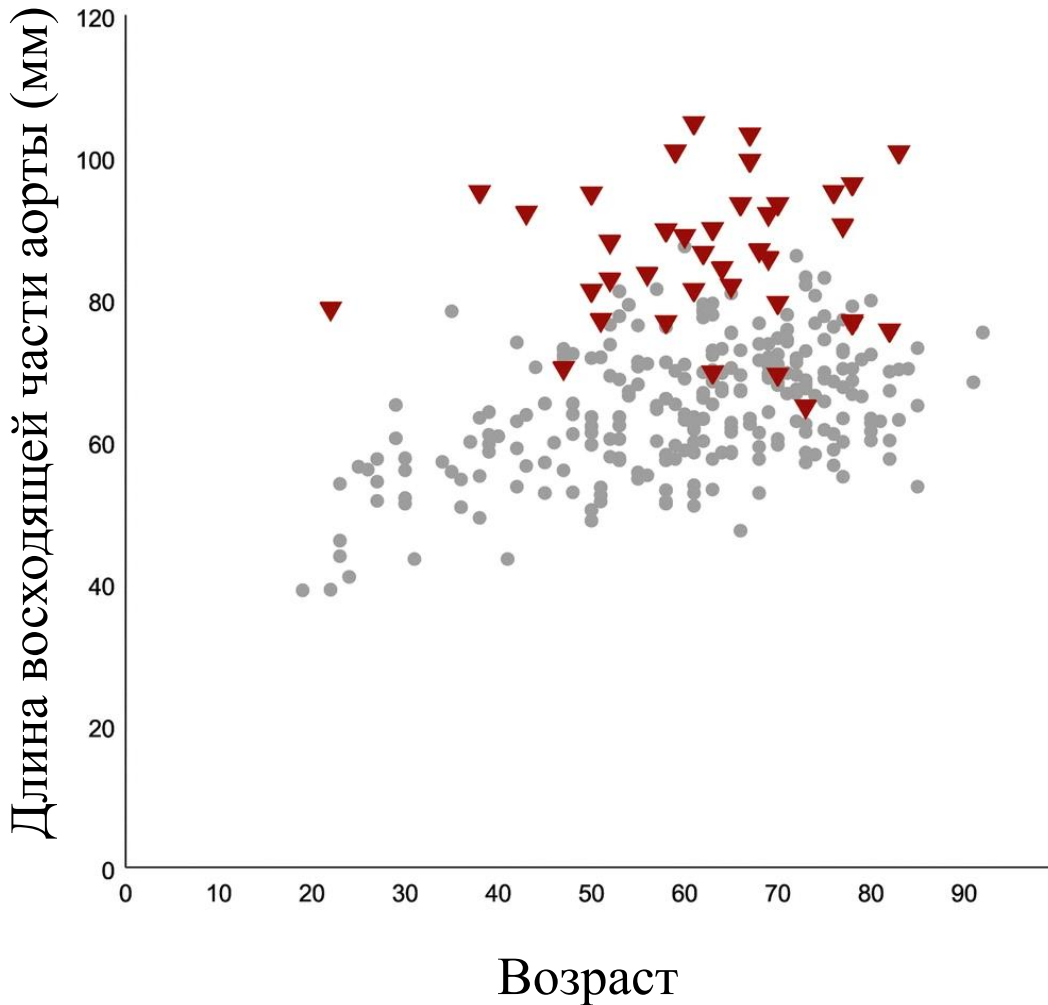


Диаграмма рассеяния, показывающая длину восходящей аорты у пациентов с острым расслоением аорты типа А (красный цвет) и здоровых пациентов (серый цвет). У большинства пациентов с расслоением аорта была заметно удлинена (среднее различие 2,0 см по сравнению со здоровыми контрольными людьми).

Адаптировано с разрешения BMJ Publishing Group Limited, Heuts et al., Удлинение аорты, часть II: риск острого расслоения аорты типа А, *Heart* 2018; 104: 1778–1782
Взято из Eleftheriades et al, J Am Coll Cardiol 2010; 55 (9): 841–857.

Аортальная гемодинамика

- Гемодинамика играет большую роль в патогенезе заболеваний аорты. Особенно у пациентов с двустворчатым АК, у которых наблюдается увеличенный D аорты.

- Две теории объясняют ускоренные темпы роста аорты и высокую скорость возникновения аневризмы в данной группе пациентов:
 - (1) генетическая теория; двустворчатый АК – врожденное состояние со значительной генетической гетерогенностью,
 - (2) гемодинамическая теория; аномалия структуры потока и турбулентность вызывают повышенное напряжение стенки аорты и последующее ремоделирование сосуда.

Аортальная гемодинамика

- ❑ Функциональные методы визуализации позволяют получить более полное представление о гемодинамике аорты. В 4D-flow МРТ используются методы фазового контраста для создания изображения, основанных на движущихся протонах (например, в крови) и стабильных протонах (большинство мягких тканей).
- ❑ Основная концепция 4D-flow МРТ основана на способности протонов накапливать фазовый сдвиг МРТ, который пропорционален скорости, с которой они движутся вдоль магнитного градиентного поля.
- ❑ С помощью фазово-контрастной МРТ возможно генерировать карты скоростей во режиме реального времени, которые можно использовать для количественного определения скоростей потока и скорости крови.
- ❑ Таким образом, данный метод позволяет оценивать широкий спектр сердечно-сосудистых заболеваний, включая оценку фракций шунта и объема клапанной регургитации.

Аортальная гемодинамика

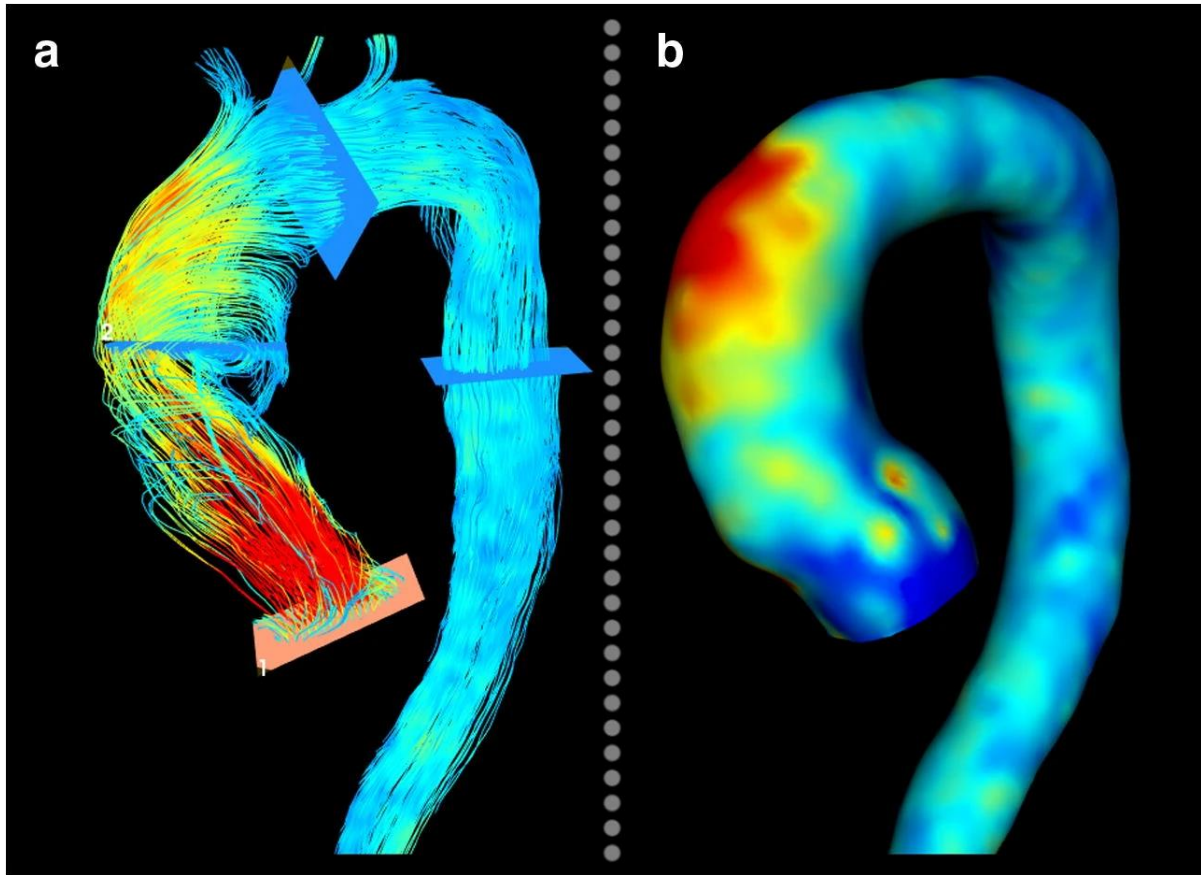
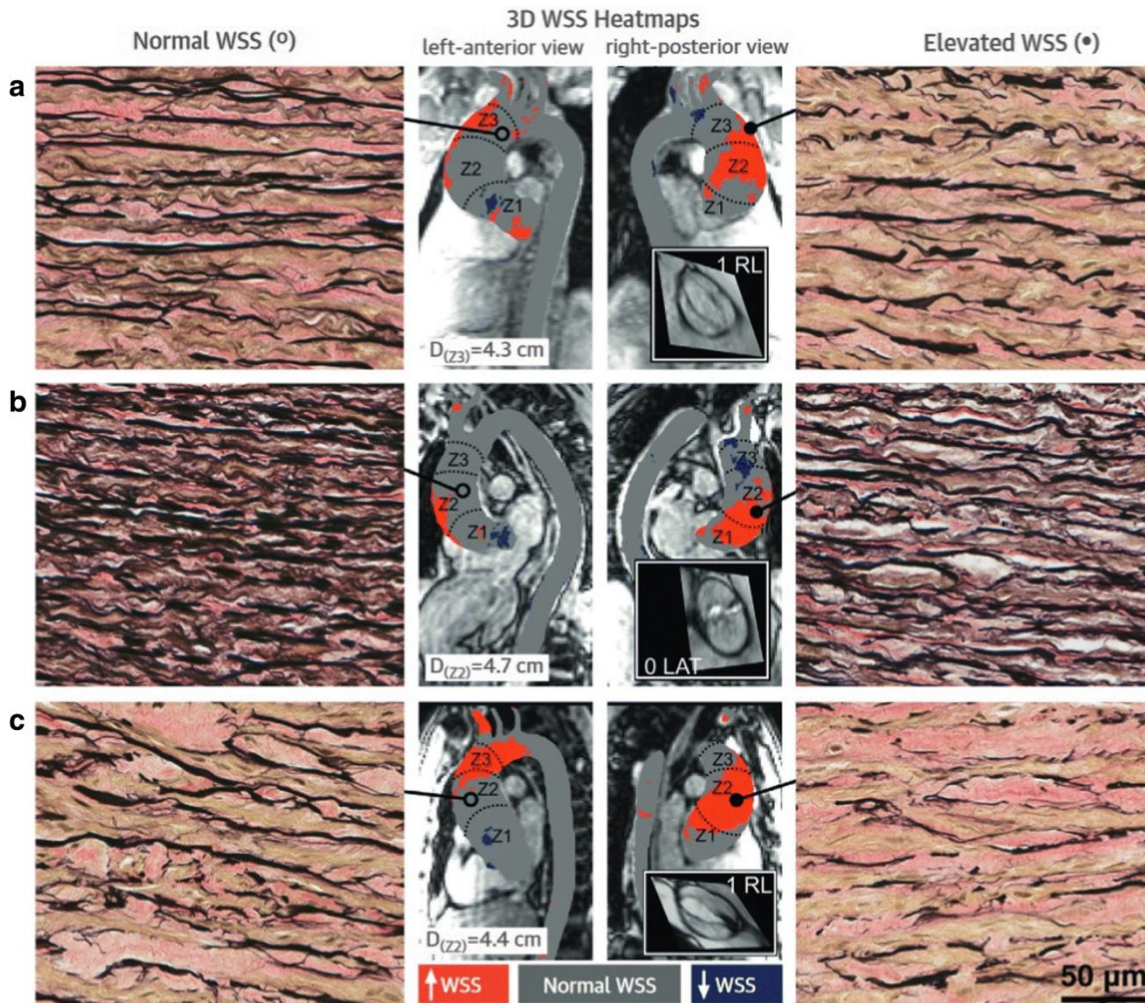


Рисунок 4.

А – упрощенная визуализация пациента с двустворчатым АК, показывающая выраженную спиральную форму потока.

В – карта «срезающего давления» на стенку сосуда, показывающая повышенное напряжение стенки в большей кривизне аорты, в месте столкновения эксцентричной струей о стенку сосуда.

Аортальная гемодинамика



Образцы стенок аорты в областях с нормальным «срезающим давлением» на стенку сосуда (слева) и высоким (справа) у трех (а – с) пациентов с двустворчатым АК (увеличение $\times 40$).

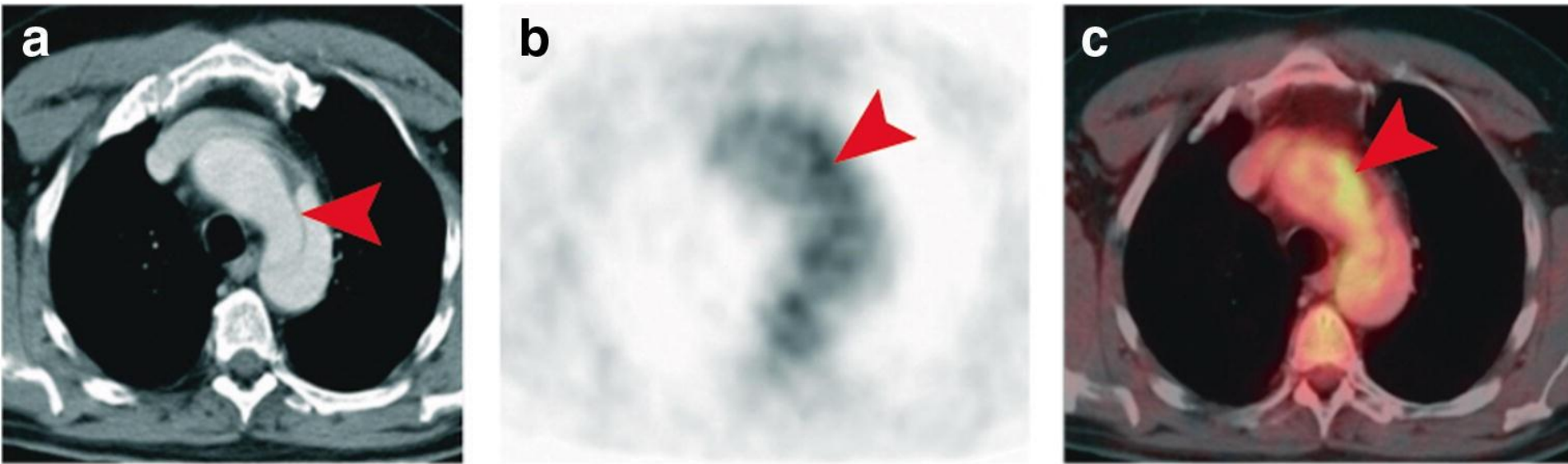
Обратите внимание на уменьшение количества эластиновых волокон (черного цвета). Центральная панель: 4х-мерные карты, основанные на МРТ, показывают области с повышенным (красным) и пониженным (синим) «срезающим давлением» на стенку сосуда.

Взято из Guzzardi et al., *Valve-related hemodynamics mediate human bicuspid aortopathy*, *J Am Coll Cardiol* 2015; 66: 892–900, с разрешения Elsevier.

Воспаление аорты и ПЭТ-КТ

- ❑ Иммуногистохимические исследования показали повышенную воспалительную активность в стенке аневризматического сосуда. Было обнаружено повышенное количество клеток CD3 + и CD68+ во всем медиальном слое при аневризме грудной части аорты.
- ❑ Поскольку лейкоциты нуждаются в глюкозе для ускорения метаболических процессов, области повышенной воспалительной активности можно обнаружить с помощью ПЭТ. Этот метод визуализации зависит от измерений радиоактивности, испускаемой после введения радиоактивного индикатора.
- ❑ На сегодняшний день одно исследование с применением ПЭТ-КТ при заболеваниях грудной аорты, проведенное на небольшой выборке гемодинамически стабильных пациентов с различными острыми заболеваниями аорты. Данное исследование показало, что повышенное поглощение ФДГ связано с риском прогрессирования заболевания.

Воспаление аорты и ПЭТ-КТ



А – Контрастная КТ с изображением расслоения типа В (красная стрелка) у пациента с острой болью в груди.

В, С – Смежные исследования ПЭТ и ПЭТ-КТ выявили области повышенного поглощения ФДГ в стенке сосуда (красная стрелка).

Использовано с разрешением BMJ Publishing Group Limited, от Kuehl et al., Heart 2008; 94: 1472–1477.

Заключение

- ❑ Увеличение D аорты ($D \geq 5,5$ см) указывает на значительный риск наступления осложнений. Большинство случаев осложнений возникает у пациентов с D аорты ниже определенных хирургических порогов.
- ❑ Современные методы визуализации, такие как ПЭТ-КТ и 4D-flow МРТ, перспективны для оценки нестабильности стенки сосуда на ранней стадии.
- ❑ Результаты исследований применения данных методов визуализации могут привести к интеграции указанных методов в клинические рекомендации по ведению пациентов.

Список литературы

1. В. Р. Adriaans, J. E. Wildberger, J. J. M. Westenberg, Hi. J. Lamb, S. Schalla / Predictive imaging for thoracic aortic dissection and rupture: moving beyond diameters / European Radiology

Ссылка на статью: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00330-019-06320-7>