

УДК 616.12-007.2-053.1-073.43-073.756.8

Т.А.Яльнская

Государственное учреждение “Научно-практический медицинский центр детской кардиологии и кардиохирургии Министерства Здравоохранения Украины”, г. Киев

КОАРКТАЦИЯ АОРТЫ: МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ НА ДО- И ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ЭТАПЕ

Резюме. У статті проаналізовані результати МРТ-обстежень серця та МР-аортографії в пацієнтів з коарктацією аорти до та після оперативного втручання. МРТ з контрастною МР-аортографією дозволяє отримати усю необхідну анатомічну інформацію на до та післяопераційному етапі, включаючи оцінку гемодинаміки.

Ключові слова: коарктація аорти, магнітно-резонансна томографія, діагностика.

Коарктация аорты (КоА) – это врожденное сегментарное сужение аорты (различной степени выраженности), которое может локализоваться на любом участке в области дуги, перешейка, нижнего грудного или брюшного отделов. В подавляющем большинстве случаев (до 98%) КоА располагается на уровне так называемого “перешейка” аорты до или после отхождения открытого артериального протока/артериальной связки [1]. Порок выявляется достаточно часто и составляет 7% от всех врожденных пороков сердца [2]. Название порока предложено в 1838 г. Mercier, первое описание дано Meskel в 1750 г. В зависимости от степени сужения, клинические проявления порока могут быть разной выраженности и возникать в любом возрасте, как в период новорожденности (чаще критическая КоА), так и в более старшем возрасте, проявляясь артериальной гипертензией.

Ранняя диагностика, информация об ассоциированных аномалиях и определение тяжести порока являются решающими для планирования соответствующего лечения [3, 4]. Первым методом диагностической визуализации патологических изменений грудной аорты является трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ) [2, 3, 5, 6], которая позволяет, в большинстве случаев, адекватно оценить несколько аортальных сегментов, в частности корень аорты и проксимальные отделы восходящей аорты, при этом не всегда возможно визуализировать все аортальные сегменты даже при использовании всех проекций и акустических окон. Несмотря на то, что 2D ЭхоКГ с доплером обычно достаточно для установления диагноза и оценки гемодинамичес-

кой тяжести КоА у детей старшего возраста и взрослых, особенно в послеоперационном периоде можно столкнуться с трудностями, связанными с ограничением акустического окна, деформацией грудной клетки, рубцами, близостью легочной паренхимы [3, 7]. При проведении трансэзофагиальной ЭхоКГ короткий сегмент дистального отдела восходящей аорты до отхождения плечеголового ствола не визуализируется должным образом [7], поскольку находится между правым бронхом и трахеей (так называемое “слепое пятно”). Катетеризация сердца с селективной левой вентрикулографией и аортографией важна у отдельных пациентов, особенно при наличии сочетанной аномалии кардиоваскулярной системы, однако имеет риски, связанные с интервенционной процедурой. Компьютерная томография с внутривенным контрастированием позволяет быстро визуализировать все сегменты дуги, коллатеральные сосуды, однако недостатком метода является наличие ионизирующего излучения [3].

Магнитно-резонансная томография с контрастной ангиографией аорты является методом выбора в диагностике КоА, особенно в послеоперационном периоде [4, 8].

Цель исследования: оценить возможности МРТ в диагностике КоА на дооперационном этапе и в послеоперационном периоде.

Материал и методы. Проведен ретроспективный анализ результатов МРТ исследования сердца с МР-ангиографией дуги аорты 72 пациентов, направленных на исследование после ЭхоКГ, с установленным диагнозом КоА или подозрением на наличие КоА. У 6 (8,3%) пациентов

при МРТ дослідженні не було виявлено патологічних змін со сторони грудної аорти і серця і вони були виключені з подальшого аналізу. Оставилися 66 пацієнтів, середній вік 7,2 роки (від 2 днів до 17 років), у яких були виявлені патологічні зміни со сторони серця і грудної аорти були розділені на групи. В групу А вошло 44 первично обстежуваних доопераційних пацієнтів. Групу Б склали 22 пацієнта, прооперовані по поводу КоА (середнє час між хірургічним втручанням і проведенням МРТ було 3,6 роки). Трьох (13,6%) пацієнтам – виготовлено інтєрпозиція графта (Gore-tex), 6 (27,2%) – анастомоз кінце-в-кінець, 11(50%) – розширений анастомоз кінце-в-кінець і 2 (9,0%) пацієнтам – баллонна ангиопластика без установки стента. Дев'ять (41%, 9/22) пацієнтів з групи Б були обстежені двічі – до і після операції (середнє час динамічного спостереження після операції – 4,5 міс.) і склали підгрупу Б.

Всі пацієнти обстежені на 1,5Т магнітно-резонансному томографі з використанням котушки для тіла. МРТ-протокол включав синхронізовані з ЕКГ послідовності для оцінки морфології і потоку: турбо-спін ехо-зображення в режимі "чорна кров", кіно-зображення в режимі "біла кров" в аксіальній і косій сагітальній площинах, кіно-МРТ з відображенням швидкості кровотоку для розрахунку градієнта тиску вздовж звуження і оцінки колатерального кровотоку. При необхідності додатково використовували кіно-послідовності для вимірювання функції лівого шлунка. У старших дітей сканування проводили на задержці дихання. Контрастну МР-ангіографію грудної аорти виконували з використанням 0,5 молярних гадоліній-содержащих контрастних препаратів з розрахунку 0,2 мл/кг ваги тіла. Контрастний препарат вводився з допомогою болюсного ін'єктора, швидкість введення складала від 1,5-3,5мл/сек в залежності від віку, з подальшим обов'язковим введенням фізіологічного розчину (в 2-2,5 рази більше кількості вводимого контраста).

Аналіз зображень включав: розміри, протяженість і ступінь КоА, відстань до підключичної артерії, наявність/відсутність тубулярної гіпоплазії аортальної дуги, наявність колатералей, а також асоційовані з КоА аномалії. Ступінь стенозу оцінювали як тяжілу, якщо відношення діаметра КоА до діаметру дистальних відділів нисходящої аор-

ти було < 0,5 і/або піковий систолічний градієнт (Δp) був >40 мм Hg [4].

На фазово-контрастних зображеннях, отриманих дистальніше обструкції, з використанням прикладної програми Argus (на робочій станції) вимірювали швидкість кровотоку, потім вивчали градієнт тиску по спрощеному рівнянню Бернуллі:

$$PG = 4v^2,$$

де v – швидкість кровотоку дистальніше обструкції.

Дугу аорти на наявність гіпоплазії оцінювали по відношенню сегментів дуги аорти до восходящої аорти (табл.1).

Таблиця 1

Відношення сегментів дуги аорти до восходящої аорти

Сегмент аорти	Анатомічне розташування	Діаметр (%)
А. Перешеек	Між лівою підключичною артерією і артеріальним протоком	≥ 40
В. Дистальний поперечник	Між лівою сонною і лівою підключичною артеріями	≥ 50
С. Проксимальний поперечник	Між правою плечоголовою і лівою сонною артеріями	>60

Результати і їх обговорення. В групі А з 44 пацієнтів у 32 (72,7%) була діагностована КоА в типовому місці. Місце звуження добре візуалізувалося на серії анатомічних зрізів в поперечній площині, однак переважувалою площиною зони інтереса була площина, що проходить через восходящу і нисходящу аорту. Найкращим чином зону звуження демонстрували кіно-зображення і спін-ехо послідовності. Тільки, у одного пацієнта на зображеннях в сагітальній площині нам вдалося візуалізувати мембрану на рівні звуження. З 32 пацієнтів з КоА у 4 (12,5%) ступінь тяжкості КоА була легкою (діаметр КоА/діаметр нисходящої аорти >0,5, градієнт $\Delta p < 20$ мм Hg), у 21 (65,6%) – тяжіла (<0,5, $\Delta p = 20-70$ мм Hg) і у 7(21,9%) – дуже тяжіла (<0,5, $\Delta p > 70$ мм Hg). Постстенотичне розширення аорти спостерігали у 67% пацієнтів. У 8 (25%) пацієнтів з групи А колатеральні судини не візуалізувалися (рис. 1), у 24 (75%) – мала місце різної ступені вираженості колатеральна циркуляція (рис. 2). Головні шляхи колатеральної циркуляції включають: підключична артерія – внутрішня грудна артерія

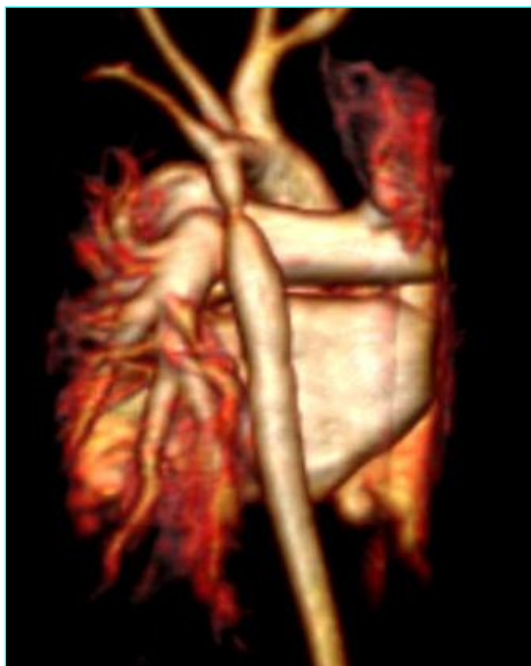


Рис. 1. МР-ангиография с контрастированием пациента В., 2 мес., КоА в типичном месте, $\Delta p=25$ мм Нг. Объемная (VRT) реконструкция. Вид сзади. Коллатеральные сосуды отсутствуют.



Рис. 2. МР-ангиография грудной аорты с контрастированием пациента К., 13 лет. КоА, $\Delta p=32$ мм Нг. Объемная (VRT) реконструкция в косо́й сагиттальной плоскости. Коллатеральные межреберные сосуды.

– межреберные артерии; подключичная артерия-реберно-позвоночный ствол-межреберные артерии; поперечные шейные и надлопаточные артерии – межреберные артерии. Коллатеральные сосуды особенно хорошо визуализируются при выраженной облитерации аорты. Коллатерали лучше отображаются на объемных реконструкциях, их локализация важна для последующей хирургической коррекции. Наше исследование было ограничено только измерением степени стеноза, в отличие от D. Didier [et al.] [4], которые измеряли так же протяженность стеноза. Кроме того, авторы рекомендуют проводить оценку суженного сегмента на изображениях в диастолу.

При оценке КоА у новорожденного необходимо помнить, что в возрасте 5-10 недель область перешейка бывает сужена в норме, что связано с тем фактом, что в период внутриутробного развития пропускает только 1/3 всего кровотока (остальное поступает через ОАП). В норме ОАП закрывается вскоре после рождения.

У 3 (6,8%) пациентов из группы А диагностирован кинкинг дуги аорты, у 5 (11,3%) – гипоплазия дуги, у 4 (9%) – гипоплазия с КоА. Кинкинг дуги аорты хорошо визуализировался как на обычных МРТ-изображениях, так и на реконструкциях объемного представления (МР-ангиография с контрастированием). Тубулярная гипоплазия (инфантильный преддуктальный тип) по-

ражает длинный сегмент аорты, дистальнее начала брахиоцефальной артерии (рис. 3) и может характеризоваться стенозом нисходящей аорты высокой степени проксимальнее артериальной связи.

Дуга аорты на наличие гипоплазии оценивалась нами по Амато, другие авторы [4] предлагают использовать соотношение диаметра поперечной аортальной дуги к диаметру дистальной нисходящей аорты (при $<0,9$ – гипоплазия).

В группе Б в 2 (9%, 2/22) случаях было выявлено сужение в сегменте В, деформация аортальной дуги выявлена в 3 (13,6%, 3/22) пациентов: “готическая” – в 2 случаях (рис. 4), “амбразуроподобная” (crenel) – в 1 случае. В 3 (13,6%, 3/22) случаях была выявлена рекоарктация аорты (средний градиент давления $\Delta p = 37$ мм Нг).

После устранения КоА как хирургическим путем, так и методом балонной дилатации, регулярные обследования необходимы в связи высоким риском возникновения послеоперационных осложнений. В ряде работ зарубежных работ [1, 4] показана хорошая корреляция метода МРТ с ЭхоКГ (доплерографией) и ангиографией в оценке послеоперационных больных. В нашем исследовании результаты МРТ-исследования всех пациентов из подгруппы Б подтверждены интраоперационно.

Наиболее частыми осложнениями после

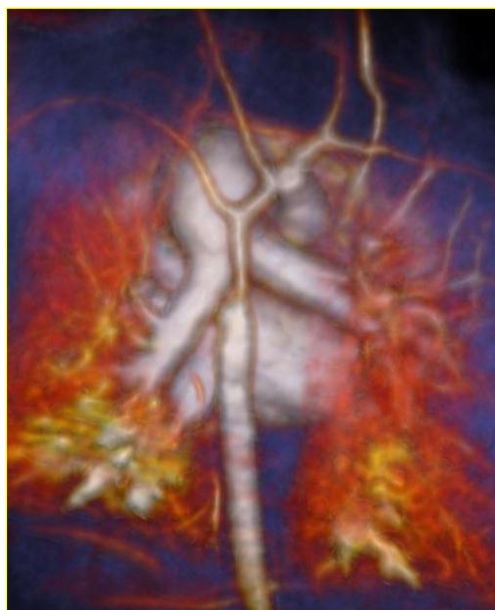


Рис. 3. МР-ангиография с контрастированием пациента Н., 2,3 мес., Тубулярная гипоплазия дуги аорты (сегменты В, А). Объемная (VRT) реконструкция. Вид сзади.



Рис. 4- МР-ангиография з контрастируванням., 3 года после устранения КоА (Gore-tex interposition graft). МIP- реконструкция демонстрирует готическую деформацию дуги ("Gotic" deformation).

устранения КоА является рекоарктация и формирование аневризмы в месте хирургического вмешательства. В нашем исследовании у всех пациентов подгруппы Б контрольное МРТ-исследование показало удовлетворительные результаты (рис. 5), средний градиент давления до оперативного вмешательства был $\Delta p = (56,5 \pm 9,7)$ мм.рт.ст., после – $\Delta p = (19,8 \pm 5,8)$ мм.рт.ст.

В 19 (28,7%) из 66 пациентов патология дуги аорты сочеталась с другими пороками развития сердечно-сосудистой системы: в группе А в 8 пациентов был выявлен двустворчатый аортальный клапан, в 1 – дефекты межжелудочковой и межпредсердной перегородок, в 2 случаях были выявлены множественные дефекты межжелудочковой перегородки, в 1 пациента – митральный стеноз и в одном случае было выявлено сочетание КоА с общим желудочком, D-транспозицией больших артерий и дефектом межжелудочковой перегородки. В группе Б двустворчатый аортальный клапан был в 3 пациентов, D- транспозиция больших артерий и дефект межжелудочковой перегородки – в 1 случае, атриовентрикулярная коммуникация – в 1 пациента и еще один пациент имел митральный стеноз.

Недостаток проведенного исследования – ретроспективность, не позволяющая полноценно провести сравнение по МР-последовательностям и с другими методами.

Вывод. МРТ сердца и МР-ангиография грудной аорты с в/в введением контраста у пациен-

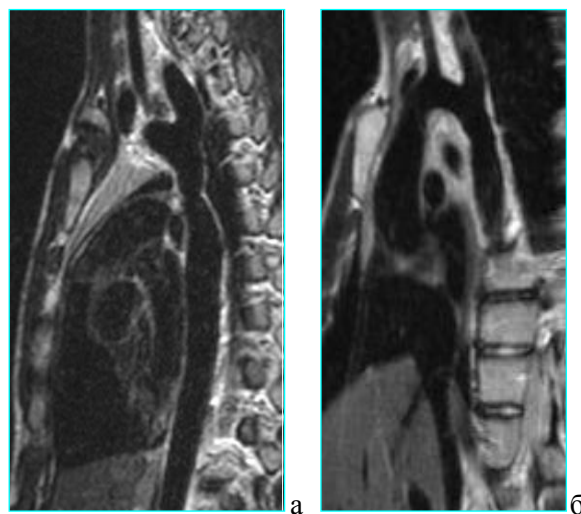


Рис. 5 (а, б) – МРТ. Последовательность T1-SE в парасагитальной плоскости. КоА. До операции ($\Delta p = 24 \text{ mm Hg}$) и через 7 дней после коррекции (end-to-end extended, $\Delta p = 8 \text{ mm Hg}$).

тов с КоА позволяет получить полноценную анатомическую информацию, необходимую для предоперационной оценки КоА, включая оценку степени и протяженности сужения, определение градиента давления и демонстрацию коллатеральных артерий. При проведении МРТ, в одном исследовании, возможна также оценка сопутствующей кардиоваскулярной патологии. МРТ позволяет провести оценку состояния дуги в послеоперационном периоде, выявить возможные осложнения и оценить гемодинамику.

Список использованной литературы

1. Hemodynamic assessment of pre- and post-operative aortic coarctation from MRI / K. Ralovich , L. Itu , V. Mihalef , P. Sharma [et al.]// *Medical image computing and computer-assisted intervention*. – 2012. – V. 15 (Pt 2). – P. 486-493.
2. Holloway B.J. Imaging of thoracic aortic disease / B.J. Holloway, D. Rosewarne, R.G. Jones // *British Journal of Radiology*. – 2011. – V. 84. – P. 338-354.
3. Use of noninvasive imaging in the evaluation of coarctation of aorta / Darabian Sirous, Zeb Irfan, Rezaeian Panteha [et al.] // *J. of Computer Assisted Tomography*. – 2013. – V. 37 (1-2). – P. 75-78.
4. Didier D. Coarctation of the aorta: pre and postoperative evaluation with MRI and MR angiography; correlation with echocardiography and surgery/ D. Didier, C. Saint-Martin, C. Lapierre [et al.] // *The international J. of Cardiovascular Imaging*. – 2006. – V. 22. – P. 457-475.
5. Echocardiography in aortic diseases: EAE recommendations for clinical practice / A. Evangelista, F.A. Flachskampf, R. Erbel [et al.] // *Eur. J. Echocardiogr.* – 2010. – Vol. 11 (8). – P. 645-658.
6. Echocardiography and imaging investigation in congenital cardio-vascular anomalies – competition or complementarity? Part I: non-cyanogenic cardiovascular malformations / S. Manole, S. Oprita, S. Encica [et al.] // *Med. Ultrason.* – 2012. – V. 14 (4). – P. 331-340.
7. Limitations of Doppler echocardiography for the postoperative evaluation of aortic coarctation / S. De Mey, P. Segers, I. Coomans [et al.] // *J. Biomech.* – 2001. – V. 34. – P. 951-960.
8. Cardiac MRI in postoperative congenital heart disease patients / E. Annelies, van der Hulst, A.W. Arno Roest, Jos J.M. Westenberg // *J. of Magnetic Resonance Imaging*. – 2012. – V. 36 (3). – P. 511-528.

КОАРКТАЦИЯ АОРТЫ: МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ НА ДО- И ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ЭТАПЕ

Резюме. В статье проанализированы результаты МРТ-обследования сердца и МР-аортографии у пациентов с коарктацией аорты, на до и послеоперационном этапе. МРТ с контрастной МР-аортографией позволяет получить полноценную анатомическую информацию, необходимую для пред- и послеоперационной оценки пациентов с коарктацией аорты, включая оценку гемодинамики.

Ключевые слова: коарктация аорты, магнитно-резонансная томография, диагностика.

COARCTATION OF THE AORTA: MAGNETIC RESONANCE TOMOGRAPHY BEFORE AND AFTER OPERATION

Abstract. The article analyzes the results of heart MRI and MR-aortography in patients with coarctation of the aorta before and after the operation. MRI with contrast MR-aortography allows getting all essential information before and after the operation, including the assessment of hemodynamics.

Key words: aortic coarctation, magnetic resonance imaging, diagnostics.

State Institution “Scientific-Practical Medical Centre of Pediatric Cardiology and Cardiosurgery”, the Ministry of Public Health of Ukraine, (Kyiv)

Надійшла 12.09.2013 р.

Рецензент – проф. Полянська О.С. (Чернівці)