

Kardiyak Kateterizasyon Yapılan Çocuklarda Aortik Ark Anomalilerinin Sıklığı: Tek Merkez Deneyimi

The Prevalence of Aortic Arch Anomalies in Children Who Underwent Cardiac Catheterization: A Single-center Experience

Ferit Kulalı ©
Utku Arman Örün ©
Tamer Yoldaş ©
Selmin Karademir ©
Vehbi Doğan ©
Senem Özgür ©

Öz

Amaç: Bu çalışmada, çocukluk çağında çeşitli nedenlerle kalp kateterizasyonu ve anjiyografi uygulanan hastalarda aortik ark anomalilerinin prevalansının saptanması amaçlanmıştır.

Yöntem: Tanısal veya girişimsel kardiyak kateterizasyon ve anjiyokardiyografi uygulanan 1928 hasta retrospektif olarak değerlendirildi ve bu hastaların 198'inde aortik ark anomalisi saptanarak çalışmaya alındı. Tanı, transtorasik ekokardiyografi ve anjiyografi ile konuldu.

Bulgular: Aortik ark anomalisi saptanan 198 hastanın (89'u kız, 109'u erkek) yaşları 1 gün ile 192 ay arasında (ortalama 37,7±42,8 ay) olup, bu süre boyunca kalp kateterizasyonu uygulanan 1928 hastanın %10,3'ünü oluşturuyordu. Bu hastaların %36,9'unda Fallot tetralojisi, %23,8'inde ventriküler septal defekt, %12,2'sinde çift çıkımlı sağ ventrikül, %6,6'sında büyük arterlerin transpozisyonu ve %20,5'inde diğer anomaliler bulunmaktaydı. En önemli semptom ve bulgular; siyanoz, üfürüm duyulması, hisilti ve yineleyen akciğer enfeksiyonu idi. En sık saptanan fizik inceleme bulgusu ise üfürümdü. En sık görülen arkus aorta anomalileri %61,1 oranında sağ aortik ark ve %23,2 oranında normal sol aort arkı ve varyasyonlardıydı.

Sonuç: Aortik ark anomalilerinin prevalansı, cinsiyete ve eşlik eden doğumsal kalp hastalıklarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Aortik ark anomalileri, vasküler ring, konjenital kalp hastalıkları

ABSTRACT

Objective: We aimed to determine the prevalence of aortic arch anomalies in children who underwent cardiac catheterization and angiography for various indications.

Method: A total of 1928 patients who underwent diagnostic or interventional cardiac catheterization and angiography were retrospectively evaluated and aortic arch anomalies were detected in 198 patients, and included in our study. Diagnosis was established by transthoracic echocardiography and angiography.

Results: Of 1928 patients who underwent diagnostic or interventional cardiac catheterization, 198 (89 female, and 109 male; 10.3%) had aortic arch anomalies. Ages of 198 patients (10.3%) with aortic arch anomalies ranged from one day to 192 months (mean 37.7±42.8 months). Of these patients, 36.9% had tetralogy of Fallot, 23.8% had ventricular septal defect, 12.2% had double-outlet right ventricle, 6.6% had transposition of the great arteries, and 20.5% had other anomalies. The most important symptoms and signs were cyanosis, murmur, wheezing, and recurrent lung infections. On physical examination, the most common sign was murmur (95.5%). The most frequently detected aortic arch anomaly was the right aortic arch (61.1%) followed by the normal left aortic arch and its variations (23.2%).

Conclusion: The prevalence of aortic arch anomalies varies depending on gender and accompanying congenital heart disorders.

Keywords: Aortic arch anomalies, vascular ring, congenital heart disease

Alındığı tarih: 09.11.2018
Kabul tarihi: 26.12.2018
Yayın tarihi: 26.07.2019

Ferit Kulalı
Dr. Sami Ulus Kadın Doğum,
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Eğitim ve
Araştırma Hastanesi, Pediatri Kliniği,
Ankara, Türkiye
✉ fkulali@hotmail.com
ORCID: 0000-0003-0310-1184

U. Arman Örün 0000-0003-4039-2902
T. Yoldaş 0000-0002-5086-6625
S. Karademir 0000-0002-9084-0083
V. Doğan 0000-0003-3444-3419
S. Özgür 0000-0001-7533-832X
Dr. Sami Ulus Kadın Doğum,
Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Eğitim ve
Araştırma Hastanesi,
Pediatrik Kardiyoloji Kliniği,
Ankara, Türkiye



GİRİŞ

Aortik ark anomalileri, embriyonik faringeal ark sisteminin bir veya daha fazla bileşeninin anormal gelişiminden kaynaklanan patolojilerdir ⁽¹⁻³⁾. Aort ark sisteminin bileşenlerinin kaybolma ve kalıcı olma mekanizmaları tam olarak bilinmemesine rağmen, olasılıkla nöral yarık hücrelerinin faringeal arklara göçü en önemli rolü oynamaktadır ⁽⁴⁾.

Aort arkı ve pulmoner arterin doğumsal anomalileri, doğumsal kalp hastalıkları (DKH)'nın %1'ini oluştururlar ve henüz tanımlanmamış hipotetik sorunlardan yaşamı tehdit eden hava yolu obstrüksiyonlarına kadar değişen farklı gruplardan oluşurlar ⁽⁵⁾. Bu anomaliler asemptomatik olabileceği gibi stridor, dispne, yineleyen pnömoni gibi solunum sistemi bulgularından beslenme güçlüğü gibi sindirim sistemi sorunlarına ya da akut, yaşamı tehdit eden olaylara kadar varan değişik semptomlara neden olabilmektedir ⁽⁶⁾. Bu çalışmada, çocukluk çağında çeşitli nedenlerle kalp kateterizasyonu ve anjiyografi uygulanan hastalarda aortik ark anomalilerinin sıklığı, klinik ve demografik özellikleri ile birlikte bulunan kalp anomalilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma, Dr. Sami Ulus Kadın Doğum, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Eğitim Araştırma Hastanesi Pediatrik Kardiyoloji Kliniğinde yapıldı. Çalışma, hastanemiz Etik Kurulu tarafından onaylandı.

Bu retrospektif çalışmaya, altı yıllık bir süre içinde tanısız veya girişimsel kardiyak kateterizasyon ve anjiyokardiyografi uygulanan 1928 hasta dahil edildi ve 198 hastada aortik ark anomalisi saptandı.

Standart bir form oluşturularak, hastaların demografik özellikleri, yakınmaları ve fizik muayene bulguları ile telekardiyografi, elektrokardiyografi, iki boyutlu ve renkli Doppler ekokardiyografi ve anjiyokardiyografi bulguları kaydedildi. Bulgular, en az üç pediatrik kardiyoloji ve bir kalp damar cerrahisi uzmanından oluşan konsey tarafından değerlendirilmiş, aortik ark anomalileri ile eşlik eden DKH'ları tanımlanmış ve tanı ve tedavi planları yapılmıştır. Tanısız veya girişimsel amaçlı kalp kateterizasyonu ve anjiyografi

sonucu saptanan kardiyak defektler, Clark sınıflamasında olduğu gibi patogeneze göre sınıflandırıldı ^(7,8). Arkus aorta anomalisi bulunan hastalar ise literatürde tanımlandığı gibi anatomik olarak sınıflandırıldı ⁽⁴⁾.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS for Windows 16.0 paket programı (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) kullanılarak yapıldı. Değişkenlere ilişkin genel bilgiler için tanımlayıcı istatistikler ve frekans dağılımları hesaplandı. Tanımlayıcı istatistikler yaş için ortalama \pm standart sapma şeklinde, nominal değişkenler içinse gözlem sayısı (n) ve yüzde (%) olarak belirtildi.

BULGULAR

Çalışma periyodunda tanı alan 198 arkus aorta anomalili olgu bu süre boyunca kalp kateterizasyonu uygulanan 1928 hastanın % 10,3'ünü oluşturuyordu. Çalışmaya alınan hastaların yaş ortalaması 37,7 \pm 42,8 ay idi. İzole ark anomalisi saptanan olgularımızın yaş ortalaması ise 56,6 \pm 53,0 ay idi. Hastaların %44,9'u kız, %55,1'i erkekti.

Yakınmaların başlama zamanı en sık 1-5 yaş arasında (%38,4) olup, hastaların %32,8'i 1 ay-1 yaş arası idi. En sık rastlanan başvuru yakınmaları morarma ve üfürüm duyulması (sırası ile %61,6 ve %20,7) idi. Solunum sistemi semptomlarıyla başvuran hastalarımızda %24 oranında aberran sağ subklavian arter (ASSA) ve sağ arkus aorta, %16 oranında da bikarotid trunk ile çift arkus aorta saptandı.

En sık saptanan fizik inceleme bulgusu %95,5 oranında üfürümdü. Üfürümü saptanan 189 olgunun 59'unda siyanoz, 49'unda siyanoz ve çomak parmak, üçünde yalnızca çomak parmak ve birinde de tril mevcuttu. Sekiz hastada (%4) atipik yüz görünümü saptanmış olup, iki olgu Down sendromu, birer olgu da Charge sendromu, Ritscher-Schinzel sendromu, Noonan sendromu tanısı aldı.

En sık görülen arkus aorta anomalileri %61,1 oranında sağ aortik ark ve %23,2 oranında normal sol aort arkı ve varyasyonlarıydı. Yedi olguda (%50) sağ aort arkı ile sol desendan aorta ve duktus arteriyozus, beş olguda (%35,7) çift arkus aorta ve iki olguda

Tablo 1. Aortik ark anomalilerinin dağılımı.

Aortik ark anomalisi	Alt grup	n	%
A. Normal sol aort arkı ve varyasyonları	Trunkus brakiosefalikus kommunis	41	20,7
	Sol vertebral arterin arkus aortadan çıkması	5	2,5
B. Anormal sol aort arkı	Retroözefageal sağ subklaviyan arter ile birlikte sol aort arkı	15	7,6
	Sağ desendan aorta ile sol aortik ark ve sağ duktus	0	0
C. Sağ aort arkı	Ayna görünümlü dallanması olan sağ aortik ark	112	56,5
	Sağ aort arkı ile kommerellin retroözefageal divertikülü	0	0
	Sağ aort arkı ile retroözefageal sol subklaviyan arter	1	0,5
	Sağ aort arkı ile sol desendan aorta ve duktus arteriyozus	7	3,6
	Retroözefageal innominate arter ile sağ aort arkı	0	0
	Sağ aort arkı ile birlikte karşı taraftaki arka ait damarların izolasyonu	0	0
	Sağ aort arkı ile aberran sağ subklaviyan arter	1	0,5
D. Servikal aort arkı		1	0,5
E. Çift aort arkı		5	2,6
F. Kalıcı beşinci aort arkı		0	0
G. Kesintili aortik ark	Tip A	2	1
	Tip B	0	0
	Tip C	1	0,5
H. Aortik ark sisteminin diğer anomalileri	Asendan aortadan pulmoner arterin çıkış anomalisi	2	1
	Sol pulmoner arterin sağ pulmoner arterden çıkış anomalisi	2	1
	Trakeanın innominate arter kompresyonu	0	0
	Aberran brakiosefalik arter anomalisi	2	1
	İnen aorta seyir anomalisi	1	0,5

da (%14,3) pulmoner arter slingi saptandı.

Normal sol aort arkı ve varyasyonlarını içeren minör ark anomalilerinin %89,1'ini trunkus brakiosefalikus kommunis, %10,9'unu da sol vertebral arterin arkus aortadan çıkması oluşturuyordu. Aberran sağ subklaviyan arter, tüm olguların %7,6'sını oluşturuyordu. Aortik ark anomalilerinin dağılımı Tablo 1'de görülmektedir.

Sağ desendan aorta ile sol aortik ark ve sağ duktusa sahip hasta saptanmadı. Sağ aortik arka sahip 121 olgunun, 112 (%92,6)'sini ayna görünümü dallanması olan sağ aortik ark, yedisini (%5,8) sağ aort arkı ile sol desendan aorta ve duktus arteriyozus, birini (%0,8) sağ aort arkı ile retroözefageal sol subklaviyan arter birlikteliği ve birini de (%0,8) sağ arka birlikte aberran sağ subklaviyan arter oluşturuyordu. Sağ aort arkı; Fallot tetralojisi (FT) (%48,7), ventriküler septal defekt (VSD) (%18,2), çift çıkımlı sağ ventrikül (ÇÇSV) (%17,4) ve büyük arter transpozisyonu (BAT) (%8,3) ile birliktelik göstermekte idi.

Servikal aort arkı bulunan hastamızın anjiyografisinde aynı zamanda aberran sol brakiosefalik arter ve asendan aortadan çıkan sol karotid arter anomalisi de saptandı, ek konjenital kalp hastalığı yoktu.

Çift arkus aortası bulunan beş olgunun üçünde

(%60) sağ ark, birinde (%20) sol ark patent iken, bir olguda (%20) ise her iki ark da dominanttı.

Kesintili aortik arkı bulunan hastalarımızın ikisinde (%66,7) tip A, birinde (%33,7) ise tip C kesinti saptanırken, tip B kesintiye sahip olgumuz yoktu.

Çıkan aortadan bir pulmoner arter dalının köken alması nadir bir anomali olup, olgularımızın ikisinde (%1) saptandı. Bunlardan birinde sağ pulmoner arter, diğerinde ise sol pulmoner arter dalının aortadan köken aldığı ve her iki olguda da VSD'nin bulunduğu gözlemlendi. Çalışmamızda, iki olguda (%1) sol pulmoner arterin sağ pulmoner arterden çıktığı gözlemlendi. Eşlik eden DKH'a ve diğer konjenital anomalilere ise rastlanmadı. İki olguda aberran brakiosefalik arter anomalisi ve bir olguda da inen aorta seyir anomalisi gözlemlendi.

TARTIŞMA

Aortik arkın gelişimsel anomalileri trakea ve/veya özefagusa bası yapmadıkları sürece klinik olarak büyük bir önem taşımamakta, sıklıkla da başka doğumsal kalp hastalıkları için araştırılan olgularda rastlantısal olarak fark edilmektedir⁽⁹⁾. Gerlis ve ark.⁽¹⁰⁾ 5000 olguluk bir otopsi serisinde, 10 olguda ark

anomali saptamışlardır. Ark anomalilerinin insidansı; çalışmanın yapıldığı popülasyona ait yaş grubuna, genetik faktörlere, eşlik eden DKH'larına, semptomatik olup olmadığına ve tanının klinik, ekokardiyografik, anjiyografik, cerrahi ya da postmortem incelemelerden hangisi ile konulduğuna göre değişiklik gösterir. Çalışmamızda, yaklaşık 6,5 yıllık bir süre içinde kalp kateterizasyonu ve anjiyografi uygulanan 1928 olgunun 198'inde (%10,3) arkus aorta anomali saptandı.

Solunum sistemi semptomları ile başvuran 25 hastanın yedisinde (%28) vasküler ring oluşturan (dördünde çift arkus aorta, ikisinde pulmoner arter slingi, birinde de sağ aort arkı ile sol desendan aorta ve duktus arteriyozus) ark anomalileri saptandı. Ayna görünümlü sağ aortik ark ve bikarotid trunk solunum sistemi bulgularına yol açmayan lezyonlar olup, ASSA ise nadiren sözü edilen semptomları yaratabilmektedir⁽⁴⁾. Bu nedenle izole ASSA'li iki olguda kronik öksürüğe, bir olguda ise yineleyen akciğer enfeksiyonuna rastlanması ilginç bulundu. Erken sütçocukluğu döneminde başlayan inspiratuvar stridor, ekspiratuvar wheezing (hışıltı), boğuk öksürük ya da yineleyen akciğer enfeksiyonu gibi yakınmaları olan hastalarda vasküler ring ayırıcı tanıda unutulmamalıdır.

Arkus aorta anomalisine en sık eşlik eden konjenital kalp hastalıkları, görülme oranlarına göre sırası ile %36,9 (73 olgu) ile FT, %27,3 (54 olgu) ile VSD ve %12,2 (24 olgu) ile ÇÇSV'dir. Çalışmamızda, FT'ne fazlaca rastlanmasının nedeni çalışma grubumuzda sağ arkın sık görülmesi ve bu anomalinin de literatür ile uyumlu olarak FT'ne sıklıkla eşlik etmesidir⁽¹¹⁾.

Arkus aorta anomali tanısı alan 198 hastanın 46'sında (%23,2) normal sol aort arkı ve varyasyonları, 15'inde (%7,6) anormal sol aort arkı, 121'inde (%61,1) sağ aort arkı, beşinde (%2,6) çift aortik ark, üçünde (%1,5) kesintili aortik ark, birinde (%0,5) servikal aort arkı ve yedisinde (%3,5) aortik ark sisteminin diğer anomalileri saptanmıştır (Tablo 1). En sık saptanan ark anomali ayna görünümlü dallanması olan sağ aort ark (%56,5)'tır ve bu da çeşitli nedenlerle kalp kateterizasyonu uygulanan hastalar söz konusu olduğu için literatür ile uyumludur⁽⁴⁾.

Vasküler halka, trakea ve özefagusun vasküler yapılar tarafından tamamen çevrenmesiyle oluşan

bir aortik ark anomalisidir. Turner ve ark.'nın⁽¹²⁾ yaptığı bir çalışmada, vasküler ringi bulunan 24 olgunun sekizinde sağ aortik ark ile kalıcı sol ligament, dokuzunda çift aortik ark, üçünde pulmoner arter slingi, üçünde ASSA ve birinde de sağ aortik ark ile aberran sol subklaviyan arter birlikteliği saptanmıştır. Bakker ve ark.'nın⁽¹³⁾ yaptığı başka bir çalışmada ise, vasküler ring tanısı alan 38 olgunun yedisinde (%18) çift aort arkı, dördünde (%11) sağ aort arkı ve sol ligament, sekizinde (% 21) Kommerell'in retroözefageal divertikülü, 15'inde (%39) ASSA ve dördünde (%11) de pulmoner sling saptanmıştır. Çalışmamızda ise, yedi olguda (%50) sağ aort arkı ile sol desendan aorta ve sol duktus (ligamentum) arteriyozus, beş olguda (%35,7) çift aort arkı ve iki olguda (%14,3) da pulmoner arter slingi saptanmıştır.

Retroözofageal sağ subklaviyan arterle birlikte sol aort arkı (aberran sağ subklaviyan arter, ASSA), önem taşıyan ark anomalilerinin en sık görülenidir ve geniş bir otopsi serisinde genel popülasyonun %0,5'inde gösterilmiştir. Konjenital kalp hastalığına sahip Down sendromlu fetustaki insidansı ise %23,6'dır⁽¹⁴⁾. Serimizde, ASSA tüm ark anomalilerinin %7,6'sını oluşturuyordu. Ayrıca Down sendromlu iki olgumuzun birinde de bu ark anomali vardı. Aberran sağ subklaviyan arter, asemptomatik olmasına rağmen, olgularımızın %26,7'sinde yineleyen akciğer enfeksiyonu, %13,3'ünde de kronik öksürük yakınması vardı. Fallot tetralojili hastalarda sağ aortik ark insidansı %13 ile %34 arasında değişmektedir⁽¹⁵⁾. Trunkus arteriyozusta ise sağ ark olasılığı daha da fazladır. Anjiyografi yapılan FT'li olgularda en sık görülen ark anomali, %80,9 oranında rastlanan sağ aort arkı idi. Benzer şekilde, trunkus arteriyozusu olan üç olgunun ikisinde (%60) ve BAT saptanan 13 olgunun 10 (%76,9)'unda da sağ arkus aorta gözlemlendi.

Philadelphia Çocuk Hastanesinde yapılan bir çalışmada, ark anomali bulunan olguların %47'sinde ayna hayali sağ aortik ark saptanmış olup, önemli ark anomalilerinin en sık görüleni olduğu bildirilmiştir. Kateterizasyon uygulanan hastalarda bu anomalie sık rastlanmasının nedeni, hemen daima FT'nin trunkus arteriyozus kominis gibi konotrunkal anomalilerle birliktelik göstermesidir. Çalışmamızda da en sık görülen ark anomali ayna hayali görünümlü dallan-

ması olan sağ aortik ark (%56,5) idi. Sağ aort arkı bulunan olgularda da en sık bu tip dallanma görülüyordu (%92,6). Ayna hayali görünümlü dallanması olan sağ aortik arka sahip 112 olgunun 53'üne (%47,3) FT, 21'ine (%18,8) VSD, dokuzuna (%8) BAT eşlik etmekteydi. Sağ arkın bu tipinde, arkın kendisine ait semptom bulunmamaktadır^(4,16). Olgularımızda da morarma, üfürüm, çabuk yorulma, hışıltı, göğüs ağrısı, solunum sıkıntısı, yineleyen akciğer enfeksiyonu gibi birlikte bulunan DKH'na ait semptom ve bulgular gözlemlendi.

Aynı çalışmada kalp kateterizasyonu uygulanan 3427 hastanın 111'inde sağ aortik ark, bunların da 10'unda retroözefageal divertikülle birlikte sağ aort arkı görülürken, beşinde sağ aort arkıyla sol desendan aorta görüldüğü bildirilmiştir⁽⁴⁾. İncelediğimiz olgularda sağ aortik arkı olan 121 hastanın yedisinde sağ aort arkı ile sol desendan aorta ve duktus arteriyozus gözlenmiş olup, sağ arka birlikte retroözefageal divertiküle rastlanmamıştır. Sağ arkus aorta ve sol inen aortanın yarattığı ring genellikle gevşek olmakla birlikte, hışıltı yakınması ile başvuran bir olgumuzda da gözlemlendiği gibi semptomatik de olabilirler. Aynı anomalinin gözlemlendiği diğer altı hastada ise eşlik eden DKH'larına bağlı olarak morarma yakınması vardı. Sağ arkı ve sol desendan aortası bulunan olgularımızın hepsinde konotrunkal kalp defekti (beş olguda FT, birer olguda da ÇÇSV ve BAT) saptandı.

Servikal aort arkı, arkın klavikuların daha yukarısında olduğu nadir bir anomalidir. Bu anomalinin iki alt grubu vardır; olguların büyük bir kısmını oluşturan birinci grupta genellikle sağ aort arkı bulunmaktadır⁽⁴⁾. Yineleyen akciğer enfeksiyonu ile başvuran bir olgumuzda, servikal sağ ark bulunuyordu. Ayrıca aberran sol brakioyosefalik arterinin olduğu ve sol karotid arterin de çıkan aortadan köken aldığı gözlemlendi, birlikte bulunan konjenital kalp hastalığı ise yoktu.

Çift aortik arka, genellikle arklardan birisi diğerinden geniş olmasına rağmen, her iki ark da patent olabilir⁽¹⁷⁾. Olguların %70'inde sağ ark daha geniş olup, bu çift aort arkının en sık görülen formudur. Cerrahi gerektiren vasküler ringlerin önemli bir kısmını da bu patoloji oluşturmaktadır⁽⁴⁾. Her iki ark da açık olabildiği gibi, arkların biri, genellikle de solda

olanı atrezik olabilir⁽¹⁷⁾. Nadiren DKH'la beraber olan çift arkus aortada FT en sık görülen ek kardiyovasküler anomalidir⁽¹⁸⁾. Olgularımızdan çift arkus aortası bulunan beşinin üçünde (%60) sağ ark, birinde (%20) sol ark patent iken, birinde (%20) ise her iki ark da dominanttı. Hastaların ikisinde (%40) VSD, birinde (%20) aort koarktasyonu bulunurken, iki (%40) olguda ise çift ark izole anomali olarak görülmüştür.

Sonuç olarak, aortik ark anomalilerinin prevalansı, popülasyona ve eşlik eden DKH'lıklarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Etik Kurul Onayı: Klinik Araştırmalar Etik Kurulu onayı alınmıştır (23/06/2006-13).

Çıkar Çatışması: Yok.

Finansal Destek: Yok.

Hasta Onamı: Tüm hastalardan bilgilendirilmiş onam alındı.

Ethics Committee Approval: Ethics Committee approval was received for Clinical Trials (23/06/2006-13).

Conflict of Interest: None.

Funding: None.

Informed Consent: Informed consent was received from all patients.

KAYNAKLAR

1. McElhinney D, Goldmuntz E. Abnormalities of the aortic arch. Orphanet Encyclopedia. 2004;1-3.
2. Ramos-Duran L, Nance Jr JW, Schoepf UJ, Henzler T, Apfaltrer P, Hlavacek AM. Developmental aortic arch anomalies in infants and children assessed with CT angiography. AJR Am J Roentgenol. 2012;198:466-74. <https://doi.org/10.2214/AJR.11.6982>
3. Stojanovska J, Cascade PN, Chong S, Quint LE, Sundaram B. Embryology and imaging review of aortic arch anomalies. J Thorac Imaging. 2012;27:73-84. <https://doi.org/10.1097/RTI.0b013e318218923c>
4. Moss AJ, Allen HD. Moss & Adams' Heart Disease in Infants, Children, and Adolescents: Including the Fetus and Young Adult. 8th edition. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2013.
5. Bravo C, Gámez F, Pérez R, Álvarez T, León-Luis D. Fetal aortic arch anomalies. J Ultrasound Med. 2016;35:237-51. <https://doi.org/10.7863/ultra.15.02063>
6. Li X, Li X, Hu K, Yin C. The value of cardiovascular magnetic resonance in the diagnosis of fetal aortic arch anomalies. J Matern Fetal Med. 2017;30:1366-71. <https://doi.org/10.1080/14767058.2016.1214126>
7. Clark EB. Pathogenetic mechanisms of congenital cardiovascular malformations revisited. In: Seminars in perinatology:

- 1996: Elsevier; 1996: 465-72.
[https://doi.org/10.1016/S0146-0005\(96\)80062-0](https://doi.org/10.1016/S0146-0005(96)80062-0)
8. Clark E. Etiology of congenital cardiovascular malformations: epidemiology and genetics. *Moss and Adams' Heart Disease in Infants and Adolescents*. 2001;1:64-79.
 9. Kocis K, Midgley F, Ruckman R. Aortic arch complex anomalies: 20-year experience with symptoms, diagnosis, associated cardiac defects, and surgical repair. *Pediatr Cardiol*. 1997;18:127-32.
<https://doi.org/10.1007/s002469900130>
 10. Gerlis L. Covert congenital cardiovascular malformations discovered in an autopsy series of nearly 5,000 cases. *Cardiovasc Pathol*. 1996;5:11-9.
[https://doi.org/10.1016/1054-8807\(95\)00035-6](https://doi.org/10.1016/1054-8807(95)00035-6)
 11. Galindo A, Nieto O, Nieto M, Rodríguez-Martín M, Herraiz I, Escribano D, Granados M. Prenatal diagnosis of right aortic arch: associated findings, pregnancy outcome, and clinical significance of vascular rings. *Prenat Diagn*. 2009;29:975-81.
<https://doi.org/10.1002/pd.2327>
 12. Turner A, Gavel G, Coutts J. Vascular rings-presentation, investigation and outcome. *Eur J Pediatr*. 2005;164:266-70.
<https://doi.org/10.1007/s00431-004-1607-6>
 13. Bakker D, Berger R, Witsenburg M, Bogers A. Vascular rings: a rare cause of common respiratory symptoms. *Acta Paediatr*. 1999;88:947-52.
<https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.1999.tb00187.x>
 14. Scala C, Leone Roberti Maggiore U, Candiani M, Venturini P, Ferrero S, Greco T, Cavoretto P. Aberrant right subclavian artery in fetuses with Down syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2015;46:266-76.
<https://doi.org/10.1002/uog.14774>
 15. Hastreiter AR, D'Cruz IA, Cantez T, Namin EP, Licata R. Right-sided aorta. I. Occurrence of right aortic arch in various types of congenital heart disease. II. Right aortic arch, right descending aorta, and associated anomalies. *Br Heart J*. 1966;28:722.
<https://doi.org/10.1136/hrt.28.6.722>
 16. Morrow W, Huhta J. Aortic arch and pulmonary artery anomalies. *The Science and Practice of Pediatric Cardiology*, 2nd edition Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins 1998:1353-1611.
 17. Lee M, Kumar TS, Paudel G. Double aortic arch presenting as neonatal respiratory failure in the delivery room. *Cardiol Young*. 2018;28:476-8.
<https://doi.org/10.1017/S1047951117002335>
 18. Das S, Aggarwal S. Airway and esophageal compression from double aortic arch in a case of pentalogy of Fallot: Anesthetic management. In: *The Indian Anaesthetists Forum*: 2017: Medknow Publications; 2017: 82.