

## REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN

# Variaciones anatómicas de las arterias coronarias y algunas de sus implicaciones clínicas

Cynthia Ortiz Roa<sup>1</sup>, Juanita María Medina Barragán<sup>2</sup>

Estudiantes de la línea de profundización en Anatomía Clínica y Quirúrgica – Departamento de Morfología

Facultad de Medicina – Universidad Nacional de Colombia

<sup>1</sup>cortizr@unal.edu.co , <sup>2</sup>jmmedinab@unal.edu.co

## Variaciones anatómicas de las arterias coronarias y algunas de sus implicaciones clínicas

### Resumen

El conocimiento de la anatomía normal y anormal de las arterias coronarias ha mostrado tener gran valor en el manejo de los pacientes con cardiopatía isquémica, malformaciones cardíacas congénitas y procedimientos quirúrgicos cardíacos. En corazones sanos, las variaciones anatómicas pueden tener consecuencias hemodinámicas importantes, como curso acelerado de ateroesclerosis y muerte súbita. Durante el desarrollo, el corazón humano crece rápidamente, alcanzando un tamaño para el cual, la difusión simple no es suficiente para el suministro de nutrientes; por esto inicia la formación de un sistema de vascularización cardíaca a partir de un lecho capilar subepicárdico que posteriormente dará origen a las arterias coronarias, en el patrón que se presenta más comúnmente. El conocimiento de la anatomía normal y los medios diagnósticos como la arteriografía, han hecho posible el estudio de las variaciones anatómicas, las cuales en algunos casos, se han asociado con ciertas patologías, como ateroesclerosis e isquemia secundaria a procesos fisiológicos a los cuales algunas variaciones presentan cierta susceptibilidad, como en el caso de fistulas, origen en seno opuesto, arteria coronaria intramiocondrica y estenosis.

### Palabras clave

Anatomía de las arterias coronarias; arteria coronaria derecha; arteria coronaria izquierda; variaciones anatómicas coronarias; clínicas de las variaciones coronarias.

### Introducción

Gran valor posee el conocimiento y la habilidad para identificar las variaciones anatómicas de las arterias coronarias en el

manejo de pacientes con cardiopatía isquémica, malformaciones cardíacas congénitas y procedimientos quirúrgicos cardíacos, como el reemplazo valvular aórtico. Así mismo, en corazones por lo

demás normales, a pesar de una incidencia baja (1,6%) (1), las variaciones anatómicas pueden tener implicaciones hemodinámicas importantes, incluyendo un curso acelerado de ateroesclerosis, muerte súbita, e incremento de riesgo. Esto ultimo, debido a que bajo ciertas circunstancias, las variaciones en si mismas pueden ser consideradas factores de riesgo, por ejemplo, un origen alto de la arteria coronaria derecha en el seno de Valsalva, el cual puede representar un factor de riesgo para evento coronario agudo (2).

Las variaciones anatómicas resultantes de intervenciones, podrían tener implicaciones hemodinámicas relevantes, por alteración directa del flujo coronario, según se cree. Ejemplo de esto último lo constituye el cambio en los ángulos de salida de las arterias coronarias en la reimplantación de las mismas a prótesis de raíz aortica, en caso de enfermedad aortica degenerativa (2).

### **Desarrollo de la Circulación Coronaria**

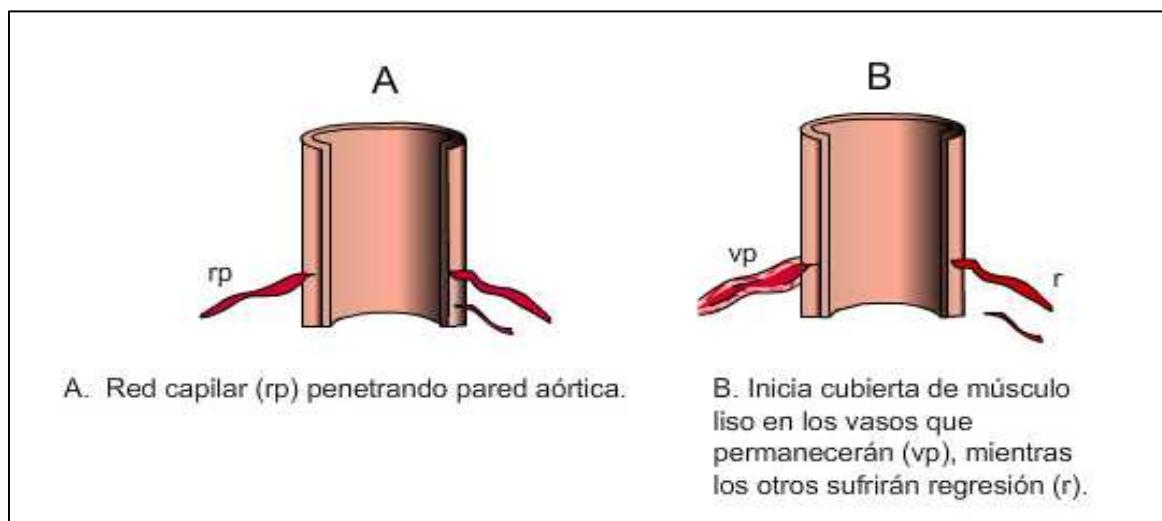
Durante la etapa embrionaria humana, todas las estructuras crecen rápidamente hasta alcanzar un tamaño para el cual, la difusión simple no es suficiente para el suministro de oxigeno y nutrientes, esto ocurre hacia la tercera semana, momento en el cual un sistema de vascularización y de bomba empieza a formarse, cuyo proceso más sobresaliente es el desarrollo del corazón.

En las etapas tempranas de formación del corazón, la circulación coronaria aun no se encuentra formada; sin embargo, hay

circulación de sangre a través de la luz del corazón en desarrollo y esta es suficiente para nutrir endocardio y miocardio. Posteriormente, con el incremento de masa celular en la pared cardiaca, incrementan también las necesidades de oxigeno y nutrientes, por lo que un sistema de vascularización cardiaco inicia su formación por arterias coronarias, venas coronarias y lecho capilar. La formación de la porción proximal de las arterias coronarias, parece no ser resultado de evaginaciones o ramas a partir de la aorta; en lugar de esto, corresponde a la unión de una compleja red capilar previamente formada (3). Esta red capilar empieza su formación en el espacio subepicardico a partir de células mesenquimales, que darán origen a estructuras similares a capilares, en las cuales se ha observado contenido sanguíneo como resultado de la naturaleza hematopoyética de las células mesenquimales precursoras. Estas formaciones capilares seguirán un proceso de vasculogénesis (formación de vasos sanguíneos de novo) y posteriormente angiogénesis (elongación de pequeños vasos preexistentes y formación de ramas) de modo que continuarán expandiéndose a lo largo de todo el espacio subepicardico, como una compleja red capilar guiada principalmente por el Factor de Crecimiento Endotelial Vascular, el cual tiene una importante acción quimiotáctica para la migración de células endoteliales. Esta red formada alrededor del tronco aórtico en desarrollo, lo invade selectivamente (4), de tal forma que se establecen múltiples conexiones de los capilares con las paredes de la aorta,

mayormente en el seno derecho e izquierdo y de forma poco frecuente en el seno posterior. Algunos de estos vasos penetrantes van a adquirir una cubierta de músculo liso, característica tal que los estabilizará como arterias coronarias, mientras otros vasos, no serán recubiertos

y por lo tanto sufrirán una regresión, al parecer el establecimiento de una túnica media y los cambios hemodinámicos resultantes de una repentina perfusión de carácter pulsátil, juegan un papel determinante en la estabilización del vaso arterial coronario.

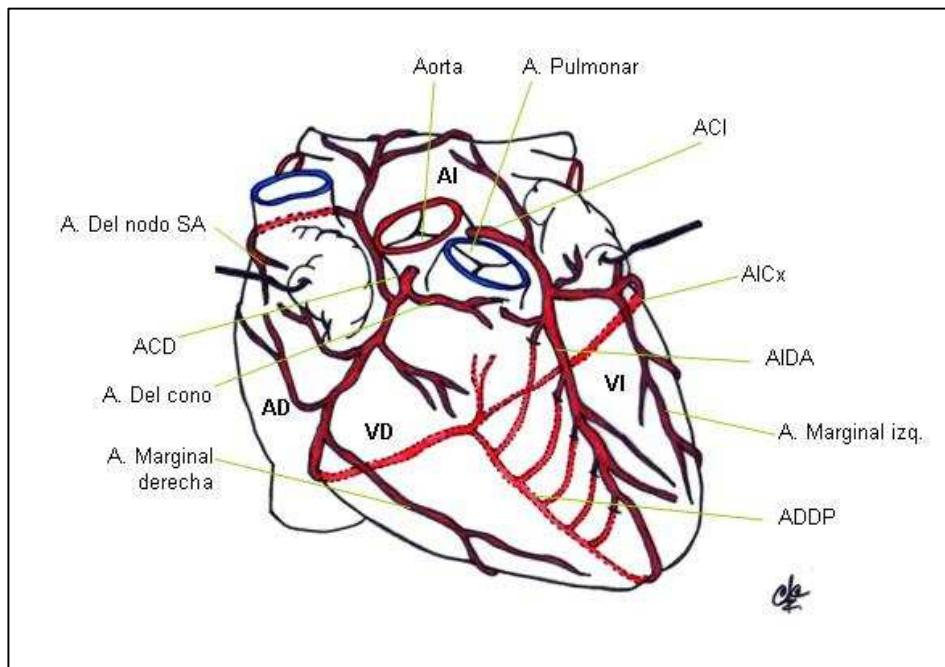


*Figura No. 1 Dibujo que representa las etapas del desarrollo de las arterias coronarias*

#### Anatomía Normal de la Circulación Coronaria (Figura No. 2)

La circulación coronaria consta de dos vasos arteriales principales: la arteria coronaria derecha y la arteria coronaria izquierda. Estas se originan de la aorta en su porción proximal, en los senos aórticos izquierdo y derecho, mejor conocidos como senos de Valsalva; el seno posterior se conoce como el “no coronario”, porque este no da origen a ninguna arteria coronaria. Del seno aórtico posterior izquierdo nace la arteria coronaria izquierda (ACI) y del seno aórtico anterior derecho la arteria coronaria derecha (ACD) (6).

La arteria coronaria izquierda, es muy corta (5 - 10 mm. de longitud) y en alrededor de un 0.41% no existe. En su recorrido cursa posterior al tronco de la arteria pulmonar y se bifurca en la arteria circunfleja (AICx) y en la descendente anterior (AIDA) o interventricular anterior. Ocionalmente (1/3 de la población), da origen a otra rama conocida como el ramo intermedio, esta tiene un curso muy similar al de la primera arteria diagonal, rama de la AIDA en la parte anterior del ventrículo izquierdo (VI).



**Figura No. 2** Esquema de la anatomía normal de las arterias coronarias. (Para las abreviaturas, ver el texto)

La AIDA se dirige por el surco interventricular anterior y termina cerca del ápex. Durante su recorrido da origen a las ramas diagonales que van a la pared anterior libre del VI, y también, a las ramas septales, las cuales irrigan la porción anterior del septum interventricular. Por otro lado, la AICx transcurre por el surco auriculointerventricular izquierdo, dando origen a las ramas obtusas marginales que van a irrigar la cara lateral del VI y las ramas circunflejas.

La ACD por su parte, se origina en la aorta; cursa posterior al tronco de la arteria pulmonar y luego inferior a la auriculilla derecha en el surco auriculointerventricular anterior derecho, cerca de la parte posterior del septum interventricular. La primera rama que se

origina a partir de la ACD, es la arteria del cono, que a su vez puede originarse directamente del seno derecho.

La arteria del nodo sinoauricular, resulta en un 55% de la porción proximal de la ACD y cursa supero-posterior en el VD; en el 45% de las ocasiones, surge de la AICx (7). De la rama del nodo SA provienen las ramas anteriores que suplen las necesidades de la pared anterior del VD. Otra rama proveniente de la ACD, es la rama marginal, la cual desciende de esta, de la mitad entre su porción media - distal, e irriga la pared anterior del miocardio del VD.

De la ACD distal, se derivan la arteria descendente posterior (ADDP) en un 70% de los casos, y las ramas posteriores del VI (8). La ADDP cursa por el surco

interventricular posterior; esta suple a la AIDA en caso de que esta sea muy corta y no alcance el apex, irrigando un tercio de la cara anterior del septum.

La dominancia coronaria en el corazón está en el 85% de los individuos, dada por la ACD, porque esta da origen a la ADDP; pero en un 8% esta dada por a AICx de la que derivaría la ADDP y las ramas postero-laterales. En alrededor de un 7% hay codominancia, porque la ACD da la ADDP y la AICx da las ramas posterolaterales (9).

#### **Anomalías y Variantes Anatómicas de la Circulación Coronaria.**

Las variaciones anatómicas de las arterias coronarias tienen gran importancia durante la cateterización cardiaca y en la muerte cardiaca súbita. Ha sido posible estudiar estas variaciones gracias a los medios diagnósticos. Uno de los medios utilizados es la arteriografía, por medio de la cual ha sido posible establecer una cifra de frecuencia de ocurrencia de 1% de variaciones, las cuales además de su baja incidencia, no poseen todas implicaciones clínicas significativas. El origen de estas variaciones ha sido estudiado previamente asociándose a algunos cambios genéticos en ciertos factores de crecimiento (11). Así mismo, al parecer se encuentran asociadas a ciertas áreas geográficas.

Para referirse a las anomalías coronarias se ha impuesto una nomenclatura muy utilizada en el ámbito quirúrgico (1). Esta consiste en denominar como seno 1 al que normalmente conocemos como derecho y

seno 2 al que normalmente conocemos como izquierdo, esto, independientemente de cuál de las dos coronarias se origina de cada uno; son denominados 1 o 2 a partir de la posición con respecto al lateral derecho e izquierdo del seno no coronario. Así, el seno 1 que normalmente daría origen a la arteria coronaria derecha, puede dar origen a la izquierda y viceversa.

Una vez una arteria coronaria tiene un origen anómalo, es importante identificar cual es el curso del recorrido posterior a su salida. La arteria en general tiene tres patrones como posibilidad: retroaórtico, intraarterial y pre-pulmonar. De estos últimos tres patrones, el que mayor significancia clínica presenta es el intraarterial, ya que se encuentra asociado más frecuentemente a muerte súbita; en este ultimo caso, la variación más común consiste en origen de las coronarias en sus senos opuestos, por lo cual su recorrido adquiere un patrón intraarterial. En si misma, esta variación anatómica no explica la razón de la muerte súbita; por esto, se han planteado varias hipótesis para explicar la patofisiología a partir de la variación anatómica. Una de estas hipótesis plantea, que el paso de las coronarias a través de la aorta y el tronco de la pulmonar se da por un espacio reducido y constrictivo, cuya estrechez se exacerba con el ejercicio físico (2), por lo que en un momento dado podría interrumpirse de forma importante el flujo sanguíneo. Otra hipótesis sugiere que durante la diástole, la aorta presenta una importante dilatación que afectaría el flujo en las arterias coronarias.

### Clasificación de las variaciones anatómicas de las arterias coronarias

Origen anómalo del seno	ACD que resulta del seno coronario izquierdo
	Tronco principal de la ACI que resulta del seno coronario derecho
	AICx que se origina del seno coronario derecho
	AIDA que se origina del seno coronario derecho
Origen ectópico de las arterias coronarias	Desde el tronco de la Arteria Pulmonar
	Desde la arteria pulmonar derecha
	Desde la arteria pulmonar izquierda
	Desde la arteria Braquiocefálica
Arteria coronaria solitaria	
Fistulas	Conexión con las cavidades cardiacas
	Fistulas arteriovenosas coronarias
	Conexión extracardíacas arterial o venosa de las coronarias
Cursos anormales de las arterias coronarias	
Duplicación de las arterias coronarias	

**Figura No. 3 Clasificación de las variaciones anatómicas de las arterias coronarias.**

Las anomalías congénitas se pueden clasificar según su potencial para causar isquemia (12):

#### **Causan isquemia:**

- Nacimiento de las coronarias en lugares distintos del sistema de irrigación cardiaca, con trayectos intrarteriales entre el tronco de la arteria pulmonar y la aorta, que podrían generar compresión

extrínseca. Por ejemplo: la salida de la AICx desde la ACD o del seno de Valsalva derecho, cursando anterior al surco interventricular. Así mismo, cuando la ACD resulta del seno coronario izquierdo siendo susceptible a la compresión, más durante el ejercicio.

- Fístulas de las arterias coronarias, comunicándolas con las cavidades cardiacas directamente, los

- grandes vasos y hacia otras estructuras adyacentes (ACD o sus ramas 50%, 41% drena al VD , 26% a la aurícula derecha (AD) , 17% a la arteria pulmonar, 3% al VI y 1% al la vena cava superior -VCS-) (12).
- Arteria coronaria intramiocárdica; aunque en general no presentan síntomas se cree que pueden llevar a isquemia si la contracción sistólica del ventrículo se perpetúa hasta la diástole.
  - Aneurisma coronario (1- 4%) secundario a enfermedad de Kawasaki, a otras enfermedades reumáticas e infecciosas, y a trauma (4).
  - Estenosis o atresia coronaria congénita, que lleva al vaso a llenarse por la circulación colateral.

#### No causan isquemia:

- Menos habituales, el origen separado de la AICx y de la AIDA en el seno izquierdo de Valsalva, o ausencia de un tronco principal izquierdo.
- El origen alto de la ACD en la aorta por encima de la unión sinotubular, el cual tiene importancia quirúrgica debido a que al sujetar la aorta desde una porción muy baja podría generar hipoperfusión miocárdica (8).
- Un trayecto retroaórtico de la AICx hacia el surco auriculoventricular izquierdo, como no sigue un curso entre los grandes vasos, no genera isquemia.

- Origen independiente de la ACI desde la arteria pulmonar más conocido como Síndrome de Bland Garland White (9).

#### Correlación Anatomopatológica

Las variaciones en sí mismas pueden ser consideradas factores de riesgo. Un ejemplo de esto lo constituye el origen alto de la arteria coronaria derecha sobre el seno de Valsalva, que puede ser considerado un factor de riesgo para evento coronario agudo bajo ciertas circunstancias, ya que puede ocurrir compresión de la porción proximal, si el recorrido de la arteria involucra el paso entre el tronco de la pulmonar y la aorta (2), fenómeno similar a la fisiopatología propuesta para el caso de muerte súbita, solo que éste último fenómeno, involucra principalmente a la arteria coronaria izquierda. Así mismo, se ha mostrado que cierta variante puede constituir un factor protector, como en el caso del trayecto parcialmente intramural de la AIDA, variación tal que puede tener dos desenlaces posibles: 1) proteger de la atherosclerosis en cierta forma, o 2) llevar a isquemia, como se ha demostrado en otros casos de puentes miocárdicos (1).

La enfermedad aórtica degenerativa, requiere como alternativa terapéutica una técnica quirúrgica consistente en el reemplazo de la raíz aórtica y la reimplantación de las arterias coronarias previamente separadas. Con la reimplantación de las coronarias, el flujo sanguíneo continúa sin problema. Pero existen dudas acerca de la posibilidad de que la variación del ángulo de salida de

las arterias, a partir del tronco aórtico como resultado de la intervención, tenga implicaciones hemodinámicas importantes en términos de flujo y presión. Al respecto, un estudio realizado a través de simulación para determinar distribución de velocidad y presión de flujo (13) mientras el ángulo de la arteria coronaria derecha era modificado en forma discreta, muestra que la variación de la presión y de la velocidad es muy reducida, con un máximo de variación de entre 70 y 90 grados; así concluyen, que durante la cirugía se pueden variar tranquilamente los ángulos de salida, sin que estas modificaciones tengan implicaciones clínicas importantes.

Se ha encontrado relación entre muerte súbita y enfermedad cardiaca isquémica como infarto agudo de miocardio, en pacientes jóvenes con arteria coronaria solitaria (1). Esta puede verse como una arteria análoga de la ACI, variante a partir de la cual se generan las ramas comúnmente originadas en la ACI. Esta variación presenta una distribución similar al caso de dominancia izquierda, donde de la AICx se desprende la ADDP, la cual continúa por el surco auriculoventricular derecho, para cubrir el territorio de la ACD. Sin embargo, si la solitaria es una ACD es posible encontrar dos situaciones: 1) que continúe por el surco auriculoventricular izquierdo culminando con la AIDA, o 2) puede que nazca del seno coronario izquierdo y curse retroaórtica, interarterial o prepulmonar, donde posteriormente de lugar a las ramas circunflejas y la AIDA. Este tipo de morfología dificulta la perfusión miocárdica y por ende, se trata

de una situación propensa a la isquemia miocárdica.

Las fístulas arteriales coronarias son otras de las variantes anatómicas con una incidencia aproximada de 0.68% [6], e implicaciones clínicas que vale la pena mencionar. Estas pueden presentarse como un shunt de izquierda a derecha, causar una isquemia secundaria a robo coronario o a obstrucción de las ramas laterales y presentar tendencia a trombosis mural en los sitios de ectasia coronaria. El robo coronario asociado a fístulas, esta relacionado con dos formas de presentación: una de tipo persistente, secundaria a fístulas de largo trayecto, en la cual se compromete la suplencia de oxígeno y nutrientes que puede causar disfunción miocárdica o angina de reposo; y otra de carácter episódico que se exacerba por factores fisiológicos que incrementen el flujo del shunt. Otras implicaciones relacionadas con fístulas, se refieren a elevación de la frecuencia de eventos, como la degeneración aneurismática con posterior ruptura, la endocarditis y la insuficiencia aórtica (6).

### Agradecimientos

A los autores referenciados quienes con su investigación han hecho posible el desarrollo del presente estudio, quienes contribuyen día a día con la amplia disponibilidad de datos que nos permite hacernos preguntas e intentar generar respuestas.

A Stephanie Ortiz, ilustración Figura 1.

A los Doctores pertenecientes al departamento de Morfología de la Facultad de Medicina de la Universidad

Nacional de Colombia, por su incentivo y apoyo.

### **Referencias**

1. Loukas M, Groat C, Khangura R, Owens D. The Normal and Abnormal Anatomy of the Coronary Arteries. Clinical Anatomy 22:114–128 (2009).
2. Pejkovic B, Krajnc I, Anderhuber F. Anatomical Variations of Coronary Ostia, Aortocoronary Angles and Angles of Division of the Left Coronary Artery of the Human Heart. The Journal of International Medical Research 2008; 36: 914-922.
3. Bernanke DH, Velkey JM. Development of the coronary blood supply: Changing concepts and current ideas. Anat Rec 269:198–208. (2002)
4. Bogers AJJC, Gittenberger-de-Groot AC, Dubbeldam JA, Huysmans HA. The inadequacy of existing theories on development of the proximal coronary arteries and their connexions with the arterial trunks. Int J Cardiol 20:117–123.(1988)
5. Turner K, Navaratnam V. The positions of the coronary arterial ostia. Clin Anat 9:376–380. (1996)
6. Angelini P. Coronary artery anomalies-current clinical issues. Tex Heart Inst J 2002;29: 271-278.
7. Dodd JD, Ferencik M, Liberthson RR, Cury RC, Hoffmann U, Brady TJ, Abbara S. Congenital anomalies of coronary artery origin in adults: 64-MDCT appearance. AJR 2007; 188: W138- W146.
8. Pannu HK, Flohr TG, Corl FM, Fishman EK. Current concepts in multi-detector row CT evaluation of the coronary arteries: Principles, techniques and anatomy. RadioGraphics 2003; 23: S111-125.
9. Kini S, Bis KG, Weaver L. Normal and Variant Coronary Arterial and Venous Anatomy on High-Resolution CT Angiography. AJR 2007; 188:1665-1674.

10. Alemañ GB, Burgos AA, Azcárate PM, Castaño S, Pueyo JC, Ezquerra EA. Anatomía normal, variantes anatómicas y anomalías del origen y trayecto de las arterias coronarias por tomografía computarizada multicorte. Radiología 2008; 50: 197-206.
11. Walker F, Webb G. Congenital coronary artery anomalies: The adult perspective. Coron Artery Dis 12:599–604. (2001)
12. Kim SY, Seo JB, Do KH, Heo JN, Lee JS, Song JW, Choe YH, Kim TH, Yong HS, Choi SI, Song KS, Lim TH. Coronary Artery Anomalies: Classification and ECG-gated Multi-Detector Row CT Findings with Angiographic Correlation. RadioGraphics 2006; 26: 317-333.
13. Verhey JF, Bara C. Influence on fluid dynamics of coronary artery outlet angle variation in artificial aortic root prosthesis. BioMedical Engineering OnLine, 7:9 (2008)
14. Goo HW, Park IS, Ko JK, Kim YH, Seo DM, Yun TJ, Park JJ, Yoon CH. CT of Congenital Heart Disease: Normal Anatomy and Typical Pathologic Conditions. Radiographics. 2003; 23: S147-S165.