

Review

【特集：日本小児循環器学会第 12 回教育セミナー】

先天性冠動脈異常の外科治療

井本 浩

鹿児島大学大学院医歯学総合研究科心臓血管・消化器外科学分野

Surgical Treatment of Coronary Artery Anomalies

Yutaka Imoto

Cardiovascular and Gastroenterological Surgery, Kagoshima University
Graduate School of Medical and Dental Sciences, Kagoshima, Japan

Coronary artery anomalies are not uncommon, occurring in 1.3% of the overall population. Most patients are asymptomatic, and the condition is found incidentally. However, these patients are potentially at a high risk for life-threatening complications. The left coronary artery originating from the right Valsalva sinus with an inter-arterial course is known to be a cause of sudden death in young athletes and should be surgically repaired even if the patient is asymptomatic. Exercise electrocardiography in this anomaly is not reliable, and a coronary imaging test, such as echocardiography, computed tomography angiography, or coronary arteriography, is needed when this anomaly is suspected. The anomalous origin of the left coronary artery may cause severe myocardial ischemia, left ventricular dysfunction, and mitral regurgitation in early infancy. Early surgery is indicated to establish a two-artery coronary system. Coronary arteriovenous fistula may cause myocardial ischemia and heart failure, and the indication for surgery is based on clinical symptoms. Preoperative coronary imaging is important in both catheter occlusion and surgical occlusion. Coronary artery anomalies should be included in the differential diagnosis of cardiac symptoms, such as angina, myocardial ischemia, arrhythmia, and heart failure.

Keywords: anomalous origin of coronary arteries, sudden death, ALCAPA, coronary AV fistula

冠動脈異常の発生率は 1.3%程度と、まれではない。多くは偶然発見され自覚症状を伴わない場合も多い。しかし、なかには心筋梗塞、不整脈、突然死などの重篤な合併症を引き起こす場合がある。左冠動脈が右バルサルバ洞から起始する異常、なかでも大血管間を走行するものは若年運動選手での突然死の原因の一つとして知られており、自覚症状がなくても手術を行うべきである。負荷心電図で陰性のものも多く、疑った場合には必ず心エコー、造影 CT などの冠動脈形態の検査を行うことが重要である。左冠動脈肺動脈起始では生後早期より重症の心筋虚血、左室不全、僧帽弁閉鎖不全などを生じることが多く、しばしば心筋症や先天性の僧帽弁疾患と間違われる。乳児期早期の two-artery coronary system の確立が必要である。冠動脈瘻は心筋虚血や短絡による心不全が問題となり、基本的には自覚症状で手術適応が決まる。症例によってカテーテル閉鎖も可能であり、あるいは冠動脈バイパス術が必要な場合もあるので、術前の形態診断が重要である。狭心痛、心筋虚血、不整脈、心不全などの症状の患者を診る際には冠動脈異常を鑑別診断に加えることが重要である。

はじめに

冠動脈の解剖学的異常は心臓の働きに直接的な影響をおよぼす可能性があり、突然死の原因となり得ることが知られている。Eckart ら¹⁾の military recruit (18~35 歳) 630 万人の調査では nontraumatic sudden death 126 例中 39 例が冠動脈の異常であったという。また、若年アスリートの死因の 19% は冠動脈異常によるとの報告もある²⁾。すなわち健康な若年者の突然死において冠動脈異常の関与の割合が高いことを示唆している³⁾。

冠動脈の形態には多くのバリエーションがあり、どこから異常とするかは意見が分かれる。Angelini ら⁴⁾は冠動脈の形態を詳細に検討し分類している。Kayalar ら⁵⁾は実際の臨床に対応した簡潔な分類を示している (Table 1)。発生頻度は検査法や対象者によって異なるが、Yamanaka & Hobbs⁶⁾は 126,595 例の冠動脈造影の検討で冠動脈異常の発生頻度を 1.3%

Table 1 Classification of coronary artery anomalies

Anomalies of Origin and Course	
I.	Anomalous location of the coronary ostium
a.	High ostium
b.	Commissural ostium
II.	Anomalous origin of the coronary artery from the opposite sinus with one of 4 courses
a.	Inter-arterial
b.	Transseptal
c.	Retroaortic
d.	Prepulmonic
III.	Anomalous origin of the coronary artery from the pulmonary artery
	Type 1: ALCAPA
	Type 2: ARCAPA
	Type 3: Anomalous origin of Cx from PA
	Type 4: ALCAPA and ARCAPA
IV.	Single coronary artery
V.	Multiple ostia
VI.	Anomalous origin of the coronary artery from the non-coronary sinus
VII.	Duplication of coronary arteries
Anomalies of Intrinsic Coronary Arterial Anatomy	
I.	Congenital ostial stenosis
II.	Coronary artery ectasia or aneurysm
III.	Myocardial bridging
Anomalies of Termination	
I.	Congenital coronary artery fistula
II.	Extracardiac termination

ARCAPA, anomalous origin of right coronary artery from pulmonary artery; ALCAPA, anomalous origin of left coronary artery from pulmonary artery; Cx, circumflex coronary artery; PA, pulmonary artery. (Reproduced from reference 5)

と報告しており、文献的にも 0.6~1.55% であったという。

今回、その危険性が臨床的に特に問題となる 3 つの疾患、すなわち、① Anomalous origin of coronary artery from the opposite sinus (反対側バルサルバ洞からの冠動脈起始)、② Anomalous origin of coronary artery from pulmonary artery (肺動脈からの冠動脈起始)、③ Coronary arteriovenous fistula (冠動脈瘻)、について述べる。

Anomalous origin of coronary artery from the opposite sinus

左冠動脈 (LCA) が右のバルサルバ洞から起始する場合と右冠動脈 (RCA) が左のバルサルバ洞から起始する場合とがある (Fig. 1)。また左右冠動脈が別の開口部を持つ場合と単冠動脈として起始する場合がある⁷⁾。さらに大動脈起始後の走行には preaortic course, prepulmonary course, intraseptal course など様々なバリエーションがある⁸⁾。なかでも心筋虚血症状や突然死などの危険性の高いものとして、両大血管間 (大動脈-主肺動脈間) の走行⁹⁾が挙げられる (Fig. 2)。このなかには大動脈壁内を走行するもの (intramural course) がある。

両大血管間走行症例の心筋虚血発生のメカニズムとして、両大血管間からの圧迫¹⁰⁾、器質的な狭窄の合併^{11,12)}、さらに大動脈からの起始直後にヘアピン様の急激な屈曲を呈することが虚血の原因となるとの報告もある¹³⁾。壁内走行を伴う症例では壁内部分の内腔狭窄、入口部のスリット状の狭窄、大動脈からの起始部分の狭窄、などが虚血の原因と考えられる^{14,15)}。

術前診断のうえで臨床症状、あるいは通常の生理検査は必ずしも役に立たないことがあり注意を要する。Basso ら¹⁶⁾の young athlete の突然死 27 例 (LMT 右バルサルバ洞起始-23 例, RCA 左バルサルバ洞起始-4 例) の検討では、臨床データの残っていた 12 例中でイベント前に何らかの心症状 (exertional syncope/chest pain) を呈していたものが 10 例あったが、心電図および負荷心電図で陽性を示したものは 1 例もなかった。すなわち、心疾患を疑わせるような自覚症状を示す症例に対して冠動脈異常を疑った場合には、たとえ心電図で異常を示さなくとも冠動脈のイメージング (心エコー、血管造影、CT、MRI) を行うべきである¹⁷⁾。

手術適応として、ACC/AHA ガイドライン¹⁸⁾では以下のいずれかがあれば外科的冠血管再建術を行う (クラス 1) としている。

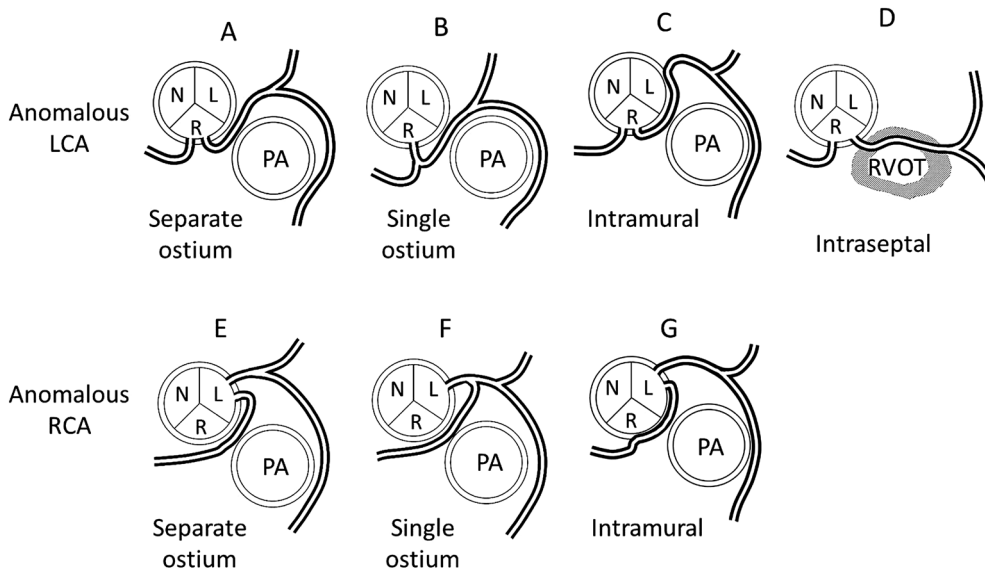


Fig. 1 High-risk anomalous coronary artery patterns

The upper four patterns show the anomalous left coronary artery arising from the right Valsalva sinus with an interarterial course. The lower three patterns show the anomalous right coronary artery arising from the left Valsalva sinus with an interarterial course.

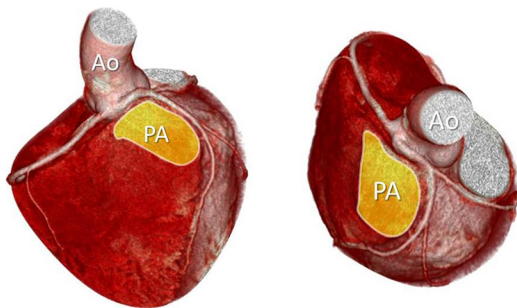


Fig. 2 Computed tomography angiography in a 14-year-old boy with an anomalous left coronary artery from the right Valsalva sinus coursing between the aorta and the main pulmonary artery

- Ao-MPA 間を LMT が走行する場合 (エビデンスレベル B)
- 冠動脈圧迫による冠虚血が確認された場合 (Ao-MPA 間を冠動脈が走行する場合や壁内走行の場合) (エビデンスレベル B)
- RCA が Ao-MPA 間を走行する症例で虚血が確認された場合 (エビデンスレベル B)

また, Mayo clinic から報告された治療方針¹⁹⁾ は以下のようである。

- Ao-MPA 間を LMT が走行する場合は全て手術
- Ao-MPA 間を RCA が走行する場合 symptomatic

であれば手術

- ストレステスト陽性の場合, active lifestyle を望む患者には手術
- Ao-MPA 間を nondominant RCA が走行する場合に asymptomatic の患者は保存的に対処

さて, 臨床の場で頭を悩ますのは, 無症状の本疾患患者に遭遇した場合どのような対処が望ましいかという点である。症状の有無を問わず LMT 右バルサルバ洞起始症例の発生頻度について Yamanaka & Hobbs⁶⁾ の報告では 126,595 例中 22 例 (0.017%) となっており, まれな疾患であることがわかる。しかもこれは心臓カテーテルを受けた患者のみのデータであるため有症状患者が含まれているであろうこと, また平均年齢が 53 歳と比較的高く, 突然死の患者はすでに除外されている可能性があることから, 実際の臨床の場で無症状の本疾患患者に遭遇する可能性は極めて低いことが予測される。このような状況の中で担当医師自身が本疾患の危険性を熟知し, 丁寧に根気よく説明して手術を納得してもらう必要がある。

手術法については解剖学的特徴に従った術式が選択される。unroofing/fenestration は壁内走行に対して行われる方法である。unroofing は壁内走行部全体を大動脈内腔に開放する方法である (Fig. 3B)。壁内走行部分が大動脈弁交連頂点より下方を走行する場合には弁機能を障害する危険があるため, 交連部を避けて新たに大きな冠動脈開口部を作成する fenestration

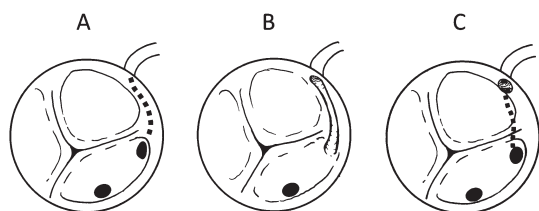


Fig. 3 Techniques to repair an intramural coronary artery

When the intramural course is above the commissure (A), the intramural segment is widely opened (unroofing) (B). If injury of the commissure is concerned by the unroofing technique, a new ostium is created in the sinus at the point at which the coronary artery leaves the aortic wall (C).

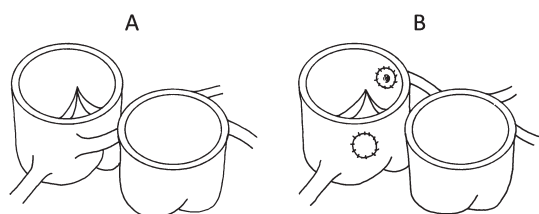


Fig. 4 Coronary artery reimplantation

The anomalous left coronary artery arises from the right Valsalva sinus (A). The coronary artery is detached with a button of aortic tissue and reimplanted onto the left Valsalva sinus (B).

(Fig. 3C) が行われる^{19,20)}。reimplantationは左右冠動脈口が別個に開口している場合、冠動脈を周囲の壁ごとボタン上に切り出して両大血管間を通らないような位置に移植する (Fig. 4)。coronary artery bypass grafting (CABG) も外科治療として行われるが、通常の状態では狭窄も虚血も認めない症例の場合、果たしてバイパスが長期間開存しているかどうか不安な部分もある。逆に冠虚血の著しい緊急症例に対して CABG は良い適応と考えられる¹²⁾。主に若年者が対象となるので長期開存が期待できる動脈グラフトの使用が望ましい。translocation of the pulmonary trunk は両大血管に挟まれた部分の圧迫を解除する目的で、主肺動脈を切断し左方に移動させる leftward mobilization²¹⁾、および右肺動脈を分岐部付近で切断し大動脈の前方に移動させる anterior mobilization²²⁾ が報告されている。しかし症例数も少なく、はたしてどのくらいの効果が期待できるのかまだ不明である。coronary stenting はカテーテルによる緊急治療で、心肺蘇生を行いながら壁内走行の LMT に stenting を行ったが、のちに狭窄のため CABG を行ったとの報告がある²²⁾。

まとまった数の手術成績の報告は少ない。Davies ら¹⁹⁾ は冠動脈が反対の Valsalva 洞から起始し両大血管間走行する患者 36 例 (13~82 歳) の手術を報告している。34 例に壁内走行を認め、うち 22 例に unroofing が、また残りの 14 例には CABG が行われた。結果は、手術死亡・遠隔死亡なく、CABG の 1 例で胸痛の再発を認めたのみであり、unroofing の成績は極めて良好であった。

Anomalous origin of coronary artery from pulmonary artery

左冠動脈が肺動脈から起始する疾患 (Anomalous origin of left coronary artery from pulmonary artery: ALCAPA) は、従来より Bland-White-Garland (BWG) 症候群と呼ばれていた。左冠動脈が肺動脈から起始する場所は後洞あるいは左洞が多く、まれに右洞のこともある²³⁾。極めてまれであるが肺動脈末梢からの起始も報告されている²⁴⁾。自然歴では 90% の患者が乳児期に死亡し、RCA から LCA への側副血行の発達の良い症例だけが成人に達するが (Adult type) そのような症例は極めてまれである。通常の症例 (Infant type) は早期から心筋虚血が強く心筋梗塞から ischemic cardiomyopathy (ICM) を呈する^{25,26)}。突然死も知られており²⁷⁾、また左室拡大による弁輪拡大および乳頭筋機能不全から僧帽弁閉鎖不全 (MR) を生じやすく、こちらが主要な徴候で発見されることも多い。

診断のうえでは、ICM や MR を呈する乳児を見た時、本疾患をまず疑うことが重要である。心エコーによる肺動脈内のシャント血流、前下行枝の逆行性血流、右冠動脈の拡張などの所見から確定診断に至る。手術のためには LCA 起始部の正確な位置が必要なので造影 CT が勧められる。

手術では、以前は LMT の結紮も行われたが、新たな側副路の発達により再び虚血を生じるとの報告があり、two-artery coronary system の確立が必須である。これまで Takeuchi 法²⁸⁾ (肺動脈内のトンネルにより大動脈との交通を作成する) など、多くの手術法の報告がなされているが、術式選択には LCA 開口の位置が重要となる。すなわち開口から大動脈までの距離が近い場合には、直接吻合法が可能である^{29,30)}。しかし開口から大動脈までの距離が遠い場合、特に右洞起始の場合などにはこれらの術式は困難なことが多く、何らかの冠動脈の延長が必要となる。肺動脈壁を大きく取ってチューブ状にする³¹⁾、肺動脈壁のフラップを使ってラセン状の延長部分を作成する spiral cuff technique³²⁾ (Fig. 5)、大動脈壁フラップと肺動脈壁

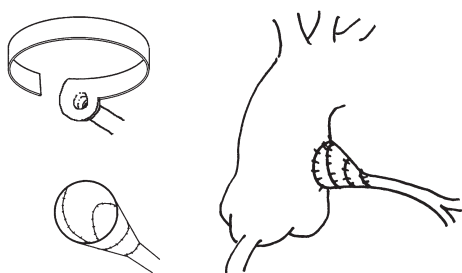


Fig. 5 Spiral cuff technique

A spiral cuff is created from the pulmonary wall around the left coronary ostium.

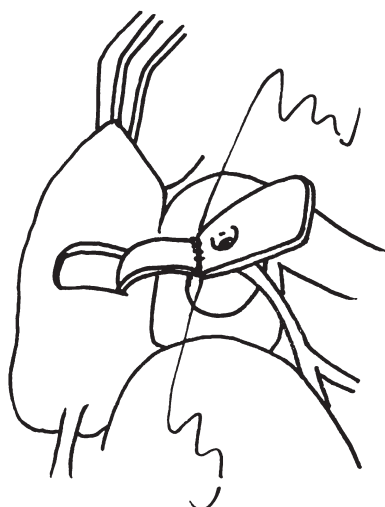


Fig. 6 Double flap technique

When the anomalous left coronary artery is distant from the aorta, coronary elongation is obtained using both flaps of the aortic wall and the pulmonary wall around the left coronary ostium.

フラップの両者を吻合する *double flap technique*^{33, 34)} (Fig. 6), などの工夫が報告されている。

手術成績は比較的良好とされ³⁵⁾, Hoashi ら²³⁾ によると手術死亡は0~16%であるが, morbidity および再手術率の高さが目立つ。また, 以前より本疾患に伴う ischemic MR は遠隔期に改善するので弁形成を加える必要はないとの意見が多かったが^{36, 37)}, Isomatsu ら³⁸⁾ は Kay-Reed タイプの比較的単純な弁形成を行うことで遠隔期の良好な MR の改善を得られたとして弁形成を加えるべきと述べている。

右冠動脈が肺動脈から起始する場合 (Anomalous origin of right coronary artery from pulmonary artery: ARCAPA) は ALCAPA に比して全般に症状は軽く, 心不全や心筋虚血症状を呈することはまれである。突然死はまれにあるとされている^{39, 40)}。手術の危険は低いため, 診断された症例は全て手術適応と考えられ

る。RCA を周囲の肺動脈壁とともに上行大動脈に移植する⁴¹⁾。

Coronary arteriovenous fistula

冠動脈瘻 (CAVF) は, 冠動脈が近接する心血管腔に直接開口する異常で, Levin ら¹³⁾ の報告では RCA (52%), LCA (43%), RCA & LCA (5%)⁴²⁾ の順に多く, 流入する部位は右心系に多く, Lowe ら⁴³⁾ によると RV (40%), RA (25%), PA (20%), CS (7%), SVC (1%) の順であったという。

小さな交通は無症状のことが多く, 検査で偶然発見される場合が多い⁴⁴⁾。大きな CAVF は冠血流のステール, シャント量, が問題となり, 狭心痛, 労作性呼吸困難, 易疲労感などを呈する。瘤の形成が報告されているが破裂に至る例はまれとされる。冠静脈洞に開口する CAVF では心筋のうっ血により心不全を呈しやすいとの報告がある⁴⁵⁾。感染性心内膜炎の原因の一つに数えられる。他覚的には連続性雑音の聴取, 胸写上の心拡大などが挙げられる。発生頻度の詳細は不明であるが, 小児では心エコーを受けた患者の 0.06%⁴⁶⁾ に, また先天性心疾患患者の 0.3% 程度⁴⁷⁾ にみられるとの報告がある。一方, 冠動脈造影を受けた成人では 0.13~0.22% にみられるという^{6, 48-50)}。CAVF は基本的に出生時から存在するものであり, 検査法の違いもあって小児と成人におけるこの頻度の差が果たして実際を表しているかは不明である。しかし, 中には経過観察中に CAVF の径やシャント量が増大を示すものや合併症を生じてくるものなどがあることから, 臨床的に有意な CAVF の発生は年齢とともに増加すると思われる。

診断は, 心雑音などの理学所見や臨床症状から疑い, 心エコー, 冠動脈造影, CT アンジオなどで確定する。なかでも冠動脈造影は中心的な検査であり, CABG が必要かどうかの判定や, 治療としての塞栓術の際にも用いられる。

ACC/AHA ガイドライン¹⁸⁾ によると CAVF の手術適応は以下のものが挙げられている (クラス 1)。

- 大きな CAVF は症状によらずカテーテルか手術により閉鎖する (エビデンスレベル C)。
- 小~中等大の CAVF は, 心筋虚血, 不整脈, 心室機能不全, 心室拡大, 心内膜炎を認める場合に閉鎖 (エビデンスレベル C)。

手術適応は主に CAVF の大きさと臨床症状によって決められ, 年齢は必ずしも関係ないが, 若年者と高齢者での手術成績の違いから早期の手術を勧める報告もある⁵⁰⁾。

治療にはカテーテル治療と外科治療がある。カテーテル治療は CAVF をコイルやその他のデバイスなどで閉鎖するもので、重要な冠血流を遮断する危険がない、コイルが逸脱しにくい瘻の形状、など限られた症例が対象になり、充分経験のある施設で行うべきとされている。外科治療のうち、到達しやすい場所にあつて冠動脈の末端部分や重要性の低い分枝に生じたものでは人工心肺を用いずに閉鎖が行える場合がある。人工心肺の使用が勧められるのは、CAVF が拡張・蛇行していてカテーテル閉鎖が行いにくい、心拍動下で到達困難な部位にある、瘻内腔からの閉鎖が必要、CABG 併施が必要、などの場合が挙げられる。

手術成績はカテーテル治療でも外科手術でも一般に良好といわれている⁴⁴⁾。しかし手術後の虚血性の心電図変化、心筋梗塞、不整脈、脳梗塞、CAVF の再発⁵¹⁾、などの合併症の発生が報告されている⁵²⁾。

おわりに

臨床的に特に問題となる 3 つの病態、すなわち冠動脈の起始と走行の異常、冠動脈肺動脈起始、冠動脈瘻につきまとめた。冠動脈異常は突然死、心筋梗塞、不整脈、心不全など、重篤な異常を引き起こす危険があり、診断と治療には細心の注意を要する。

引用文献

- Eckart RE, Scoville SL, Campbell CL, et al: Sudden death in young adults: A 25-year review of autopsies in military recruits. *Ann Intern Med* 2004; **141**: 829–834
- Maron BJ, Thompson PD, Puffer JC, et al: Cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes: A statement for health professionals from the Sudden Death Committee (clinical cardiology) and Congenital Cardiac Defects Committee (cardiovascular disease in the young), American Heart Association. *Circulation* 1996; **94**: 850–856
- Asou T: Surgical treatment of a patient with heart disease and congenital coronary anomaly. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* 2013; **61**: 51–52
- Angelini P, Velasco JA, Flamm S: Coronary anomalies incidence, pathophysiology, and clinical relevance. *Circulation* 2002; **105**: 2449–2454
- Kayalar N, Burkhart H, Dearani JA, et al: Congenital coronary anomalies and surgical treatment. *Congenit Heart Dis* 2009; **4**: 239–251
- Yamanaka O, Hobbs RE: Coronary artery anomalies in 126, 595 patients undergoing coronary arteriography. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1990; **21**: 28–40
- Gulati R, Reddy VM, Culbertson C, et al: Surgical management of coronary artery arising from the wrong coronary sinus, using standard and novel approaches. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007; **134**: 1171–1178
- Angelini P, Villason S, Chan AV, et al: Normal and anomalous coronary arteries in humans. In: Angelini P, ed. *Coronary Artery Anomalies: A Comprehensive Approach*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1999: 27–150
- Hamamoto M, Futagami D: Aortic valve replacement for a patient with anomalous left coronary artery from the right sinus of Valsalva. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* 2013; **61**: 46–50
- Bartoli CR, Wead WB, Giridharan GA, et al: Mechanism of myocardial ischemia with an anomalous left coronary artery from the right sinus of Valsalva. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2012; **144**: 402–408
- Chadha S, Husain SI, Shetty V, et al: Anomalous origin of left main coronary artery from right sinus of Valsalva. *Tex Heart Inst J* 2014; **41**: 558–559
- Kiyokuni M, Goda M, Okiyama M, et al: A case of cardio-pulmonary arrest caused by anomalous origin of left main coronary artery from right sinus of Valsalva. *Int J Cardiol* 2015; **184**: 296–298
- Levin DC, Fellows KE, Abrams HL: Hemodynamically significant primary anomalies of the coronary arteries angiographic aspects. *Circulation* 1978; **58**: 25–34
- Kaushal S, Backer CI, Popescu AR, et al: Intramural coronary length correlates with symptoms in patients with anomalous aortic origin of the coronary artery. *Ann Thorac Surg* 2011; **92**: 986–992
- Nguyen AL, Haas F, Evens J, et al: Sudden cardiac death after repair of anomalous origin of left coronary artery from right sinus of Valsalva with an interarterial course. *Neth Heart J* 2012; **20**: 463–471
- Basso C, Maron BJ, Corrado D, et al: Clinical profile of congenital coronary artery anomalies with origin from the wrong aortic sinus leading to sudden death in young competitive athletes. *J Am Coll Cardiol* 2000; **35**: 1493–1501
- Erez E, Tam VKH, Dublin NA, et al: Anomalous coronary artery with aortic origin and course between the great arteries: Improved diagnosis, anatomic findings, and surgical treatment. *Ann Thorac Surg* 2006; **82**: 973–977
- Warnes CA, Williams RG, Bashore TM, et al: ACC/AHA 2008 Guidelines for the management of adults with congenital heart disease; A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines (Writing Committee to develop guidelines on the management of adults with congenital heart disease). *J Am Coll Cardiol* 2008; **52**: e143–e263
- Davies JE, Burkhart HM, Dearani JA, et al: Surgical management of anomalous aortic origin of a coronary artery. *Ann Thorac Surg* 2009; **88**: 844–848
- Romp RL, Herlong JR, Landolfo CK, et al: Outcome of unroofing procedure for repair of anomalous aortic origin of left or right coronary artery. *Ann Thorac Surg* 2003; **76**: 589–596
- Rodefeld MD, Culbertson CB, Rosenfeld HM, et al: Pulmonary artery translocation: A surgical option for complex anomalous coronary artery anatomy. *Ann Thorac Surg* 2001; **72**: 2150–2152
- Jaffe R, Shiran A, Gaspar T, et al: Primary stenting of an anomalous left main coronary artery with an interarterial course during cardiac arrest: Imaging with CT angiogra-

- phy. *Circ Cardiovasc Imaging* 2009; **2**: 351–352
- 23) Hoashi T, Kagisaki K, Okuda N, et al: Indication of Takeuchi technique for patients with anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery. *Circ J* 2013; **77**: 1202–1207
 - 24) Vollroth M, Hambsch J, Daehnert I, et al: Anomalous origin of the left coronary artery from the right pulmonary artery: An extremely rare cardiac malformation. *Ann Thorac Surg* 2013; **96**: e21
 - 25) Orem C, Kiris A, Korkmaz L, et al: Adult-type anomalous origin of the left coronary artery from the main pulmonary artery: One case report. *Echocardiography* 2009; **26**: 1232–1235
 - 26) Pena E, Nguyen ET, Merchant N, et al: ALCAPA syndrome: not just a pediatric disease. *Radiographics* 2009; **29**: 553–565
 - 27) Yau J, Singh R, Halpern EJ, et al: Anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery in adults: A comprehensive review of 151 adult cases and a new diagnosis in a 53-year-old woman. *Clin Cardiol* 2011; **34**: 204–210
 - 28) Takeuchi S, Imamura H, Katsumoto K, et al: New surgical method for repair of anomalous left coronary artery from pulmonary artery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1979; **78**: 7–11
 - 29) El-Hamamsy I, Ibrahim M, Yacoub MH: 30-Year Outcome of anatomic correction of anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery. *J Am Coll Cardiol* 2011; **57**: 1493
 - 30) Kottayil BP, Jayakumar K, Dharan BS, et al: Anomalous origin of left coronary artery from pulmonary artery in older children and adults: direct aortic implantation. *Ann Thorac Surg* 2011; **91**: 549–554
 - 31) Wu Q, Xu Z: An alternative procedure for correction of anomalous origin of left coronary artery from the pulmonary artery. *Ann Thorac Surg* 2007; **84**: 2132–2133
 - 32) Ando Y, Kado H, Masuda M, et al: “Spiral-Cuff” technique for repair of anomalous left coronary artery from the pulmonary artery. *Ann Thorac Surg* 2008; **86**: 667–668
 - 33) Sese A, Imoto Y: New technique in the transfer of an anomalously originated left coronary artery to the aorta. *Ann Thorac Surg* 1992; **53**: 527–529
 - 34) Imoto Y: Repair of Bland-White-Garland syndrome via a modified technique: Correspondence. *Tex Heart Inst J* 2015; **42**: 507
 - 35) Mongé MC, Eltayeb O, Costello JM, et al: Aortic implantation of anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery: Long-term outcomes. *Ann Thorac Surg* 2015; **100**: 154–160
 - 36) Ginde S, Earing MG, Bartz PJ, et al: Late Complications After takeuchi repair of anomalous left coronary artery from the pulmonary artery: Case series and review of literature. *Pediatr Cardiol* 2012; **33**: 1115–1123
 - 37) Cochrane AD, Coleman DM, Davis AM, et al: Excellent long-term functional outcome after an operation for anomalous left coronary artery from the pulmonary artery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999; **117**: 332–342
 - 38) Isomatsu Y, Imai Y, Shin’oka T, et al: Surgical intervention for anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery: The Tokyo Experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001; **121**: 792–797
 - 39) Williams IA, Gersony WM, Hellenbrand WE: Anomalous right coronary artery arising from the pulmonary artery: A report of 7 cases and a review of the literature. *Am Heart J* 2006; **152**: 1004.e9–1004.e17
 - 40) Lerberg DB, Ogden JA, Zuberbuhler JR, et al: Anomalous origin of the right coronary artery from the pulmonary artery. *Ann Thorac Surg* 1979; **27**: 87–94
 - 41) Warraich H, Matyal R, Shahul S, et al: Anomalous right coronary artery arising from the pulmonary artery. *Ann Thorac Surg* 2012; **93**: e75
 - 42) Baim DS, Kline H, Silberman JF: Bilateral Coronary Artery-Pulmonary Artery Fistulas: Report of Five Cases and Review of the Literature. *Circulation* 1982; **65**: 810–815
 - 43) Lowe JE, Oldham HN Jr, Sabiston DC Jr: Surgical management of congenital coronary artery fistulas. *Ann Surg* 1981; **194**: 373–380
 - 44) Challoumas D, Pericleous A, Dimitrakaki IA, et al: Coronary arteriovenous fistulae: A review. *Int J Angiol* 2014; **23**: 1–10
 - 45) Ogden JA, Stansel HC Jr: Coronary arterial fistulas terminating in the coronary venous system. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1972; **63**: 172–182
 - 46) Sherwood MC, Rockenmacher S, Colan SD, et al: Prognostic significance of clinically silent coronary artery fistulas. *Am J Cardiol* 1999; **83**: 407–411
 - 47) McNamara JJ, Gross RE: Congenital coronary artery fistula. *Surgery* 1969; **65**: 59–69
 - 48) Cheung DL, Au WK, Cheung HH, et al: Coronary artery-fistulas: Long-term results of surgical correction. *Ann Thorac Surg* 2001; **71**: 190–195
 - 49) Gillebert C, Van Hoop R, Van de Werf F, et al: Coronary artery fistulas in an adult population. *Eur Heart J* 1986; **7**: 437–443
 - 50) Liberthson RR, Sagar K, Berkoben JP, et al: Congenital coronary arteriovenous fistula: Report of 13 patients, review of the literature and delineation of management. *Circulation* 1979; **59**: 849–854
 - 51) Said SA, Nijhuis RLG, Op den Akker JW, et al: Diagnostic and therapeutic approach of congenital solitary coronary artery fistulas in adults: Dutch case series and review of literature. *Neth Heart J* 2011; **19**: 183–191
 - 52) Latson LA: Coronary artery fistulas: how to manage them. *Catheter Cardiovasc Interv* 2007; **70**: 110–116