



Coronary Artery Anomaly, What Radiologist Should Know?

영상의학과 의사가 꼭 알아야 할 관상동맥기형

Hyun Jin Lee, MD , Jin Young Kim, MD*

Department of Radiology, Keimyung University Dongsan Hospital, Keimyung University School of Medicine, Daegu, Korea

Cardiac CT is the most accurate tool for diagnosing and evaluating coronary artery anomalies. Coronary anomalies can often be observed as the number of cardiac CT scans increases. In this review article, we described the CT findings and clinical significance of coronary anomalies that radiologists should know. In particular, we described the dangerous anatomical findings of coronary anomalies on CT images in detail.

Index terms Coronary Vessel Anomalies; Cardiovascular Abnormalities; CT Angiography

서론

관상동맥기형의 빈도는 문헌마다 조금씩 다르지만 0.3%~1.7% 정도로 알려져 있다(1-3). Angelini는 ‘기형’(anomaly)을 일반 인구의 1%에 미만에서 관찰되는 소견으로 정의하고 1%를 초과하여 관찰될 수 있는 소견은 ‘정상 변이(normal variant)’로 정의하고 있다(4). 문헌마다 기형과 정상 변이를 혼동하여 사용하는 경우가 많아 관상동맥기형의 발생률도 조금씩 다르게 보고되고 있다. 관상동맥기형은 양성의 임상경과를 보이는 것부터 급사에 이르는 위험한 것까지 다양한 종류가 있다. 전통적으로는 관상동맥혈관조영술이 관상동맥기형을 관찰하는 표준 진단 방법이었으나, 이는 침습적이며, 이를 통해 얻은 영상에서는 혈관이 2차 원으로 겹쳐 보이는 단점이 있다. 최근 CT의 시간 및 공간해상도가 우수해지면서 관상동맥혈관 조영 CT는 관상동맥기형 뿐 아니라, 주변 대혈관, 심장구조물의 해부학적 평가에 가장 유용한 진단 기기로 자리 잡았다(5). 대한심장혈관영상의학학회에서도 관상동맥기형의 평가에 심장 CT 사용을 권고하고 있다(Appropriateness Criteria A, Level of Evidence A) (6). 본 종설에서는 임상에서 흔히 관찰되는 여러 관상동맥기형들의 영상 소견과 영상의학과 의사가 알아야 할 임상적 의의에 대해 서술하고자 한다.

Received October 23, 2021
Revised December 17, 2021
Accepted December 24, 2021

*Corresponding author

Jin Young Kim, MD
Department of Radiology,
Keimyung University
Dongsan Hospital,
Keimyung University
School of Medicine,
1035 Dalgubeol-daero, Dalseo-gu,
Daegu 42601, Korea.

Tel 82-53-258-4151

Fax 82-53-258-4153

E-mail jinkim0411@naver.com

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID iDs

Hyun Jin Lee

[https://](https://orcid.org/0000-0001-5234-7258)

orcid.org/0000-0001-5234-7258

Jin Young Kim

[https://](https://orcid.org/0000-0001-6714-8358)

orcid.org/0000-0001-6714-8358

정상 관상동맥 해부

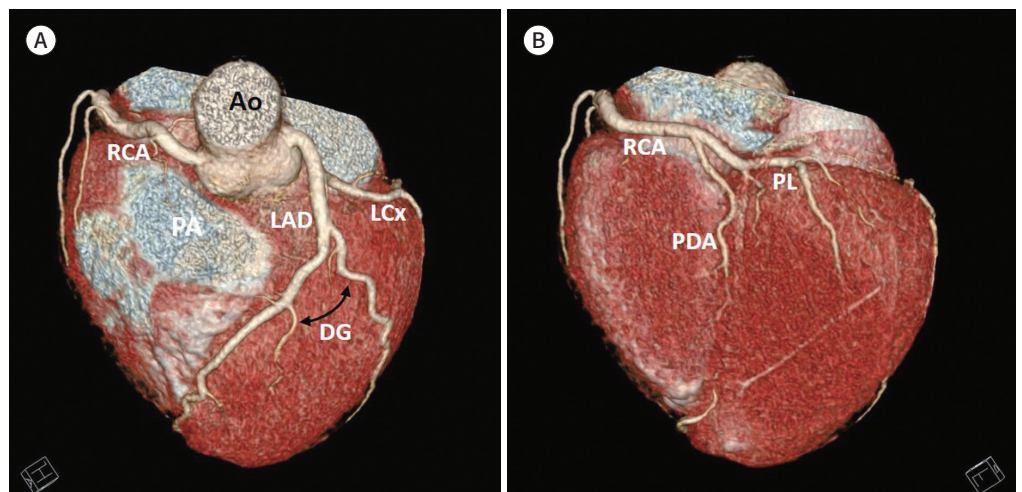
관상동맥은 대동맥 뿌리(aortic root)의 관상동맥동(coronary sinus)에서 기시 하며, 관상동맥 동은 좌관상동맥동(left coronary sinus), 우관상동맥동(right coronary sinus)과 비관상동맥동(noncoronary sinus)으로 구성되어 있다(7). 좌관상동맥동에서 좌관상동맥(left coronary artery; 이하 LCA)이 분지하며, 우관상동맥동에서 우관상동맥(right coronary artery; 이하 RCA)이 기시 한다(Fig. 1). 기시는 관상동맥동의 상부 중간에서 기시하는 것이 정상이며 기시 각도는 대동맥 벽 과 약 45-90도 정도를 이룬다(4). LCA의 기시부를 좌주간동맥(left main coronary artery; 이하 LM)이라 하며, 이후 좌전하행동맥(left anterior descending artery; 이하 LAD)과 좌회선동맥(left circumflex artery; 이하 LCX)으로 나누어진다. RCA는 우측 방실사이고랑을 따라 주행하며, 우심실 심근에 혈류를 공급하는 예각모서리동맥(acute marginal artery)을 분지한다. LAD는 전 측 심실사이고랑을 따라 주행하며, 심실 중격에 혈류를 공급하는 중격동맥(septal artery)과, 좌심 실 전벽에 혈류를 공급하는 대각분지(diagonal artery)를 분지한다. LCX는 좌측 방실사이고랑을 따라 주행하며 좌심실의 측벽에 혈류를 공급하는 둔각모서리동맥(obtused marginal artery)을 분지한다(7, 8). 후하행동맥(posterior descending artery)이 기시하는 혈관에 따라, 관상동맥 순 환 우세가 나뉘며 RCA에서 후하행동맥(posterior descending artery)이 분지하는 우측 우세가 약 85%에 해당한다(7, 9). LAD와 LCX 사이에 중간분지(ramus intermedius) 동맥이 존재하여 삼 지창으로 분지하는 경우가 있으며, 정상변이 소견으로 15%~30% 정도 빈도로 보고된다(10, 11).

Fig. 1. Normal coronary anatomy.

A. Three-dimensional volume-rendering image of the normal coronary artery shows LAD and LCX branching from the left coronary sinus and RCA branching from the right coronary sinus.

B. In the inferior view of the heart, the RCA runs along the atrioventricular groove and divides into the PDA and PL branches, representing right coronary dominance.

Ao = aorta, DG = diagonal branch, LAD = left anterior descending artery, LCX = left circumflex artery, PA = pulmonary artery, PDA = posterior descending artery, PL = posterolateral artery, RCA = right coronary artery



흔히 관찰할 수 있는 관상동맥 변이

대부분 혈액학적으로 양성 경과를 보이지만, 알고 있어야 할 대표적인 관상동맥 정상 변이 두 가지를 다루고자 한다.

심근다리(Myocardial Bridging)

심근다리는 관상동맥의 한 부분이 심근 내 경로를 취하는 것을 말한다. 심근다리는 흔히 관찰되는 정상 변이로, 최근 메타분석 연구상 통합발생률이 CT에서 22% (95% 신뢰구간: 18%–25%), 관상동맥조영술에서 6% (95% 신뢰구간: 5%–8%) 그리고 부검연구에서 19% (95% 신뢰구간: 17%–21%) 정도라고 보고하였다(12). 3개의 관상동맥 모두 관찰될 수 있으나, LAD에서 가장 흔히 관찰된다. 관상동맥은 주로 이완기에 심근에 혈류를 공급하므로, 수축기에 심근다리 부분의 혈류가 압박받아도 임상적으로 큰 문제가 되지 않는 경우가 대부분이다(13). 그러나 심근다리의 깊이가 깊고, 심근 내에 지나가는 관상동맥 부분이 길어질수록 잠재적으로 증상을 유발할 가능성이 높아진다(14). 증상이 있는 경우 beta-blocker 등의 약물치료가 우선이며, 드물게 약물치료로 호전되지 않는 경우 수술적으로 심근절제술이나 관상동맥 우회술을 시행하는 경우도 있다(13). 심근다리는 수축기에 촬영된 관상동맥 CT에서는 심근의 압박으로 인해 좁아지나 이완기 관상동맥 CT상 다시 직경이 회복되는 것을 관찰할 수 있다(Fig. 2). CT에서 수축기에서 심근다리 압박이 있는 경우, 관상동맥 협착이 있는 것으로 오해할 수 있어, 필요시 이완기에서 심근다리의 압박이 호전되는 것을 확인할 필요가 있다.

관상동맥의 높은 기시(High Take Off)

정상적으로 관상동맥은 대동맥궁의 위 1/3지점에서 기시한다. 관상동맥의 high take off는 관상동맥 기시부가 대동맥의 동관연결부(sinotubular junction)에서 5 mm보다 더 높은 곳에서 기시하는 경우로 정의되며, 기형보다는 정상 변이로 간주된다. 관상동맥 high take off의 발생률은 CT를 촬영한 성인 인구의 0.78% 정도로 보고되며, 주로 RCA에서 가장 많이(85%) 관찰되는 것으로 알려져 있다(Fig. 3) (15). 통상적으로는 혈액학적으로 문제가 되지 않아 간과되기 쉬운 소견이나, 일부 take off angle이 예각이거나, 기시부가 대동맥과 폐동맥 사이에 위치해서 수축기에 압박을 받거나, 대동맥벽내 주행(intramural course)을 보이는 경우, 급사한 증례들이 보고되고 있다(16). 또한 high take off 하는 혈관은 관상동맥혈관조영술시, 시술자가 관상동맥을 찾는데 어려움이 있을 수 있어, 영상에서 꼭 언급을 해주어야 한다. 또한, 심장 수술 시 정맥-폐동맥 문합술(cavo-pulmonary anastomosis)을 할 경우, 손상되기 쉬운 위치이므로, 수술 전 영상에서 언급해 주는 것이 좋다(17).

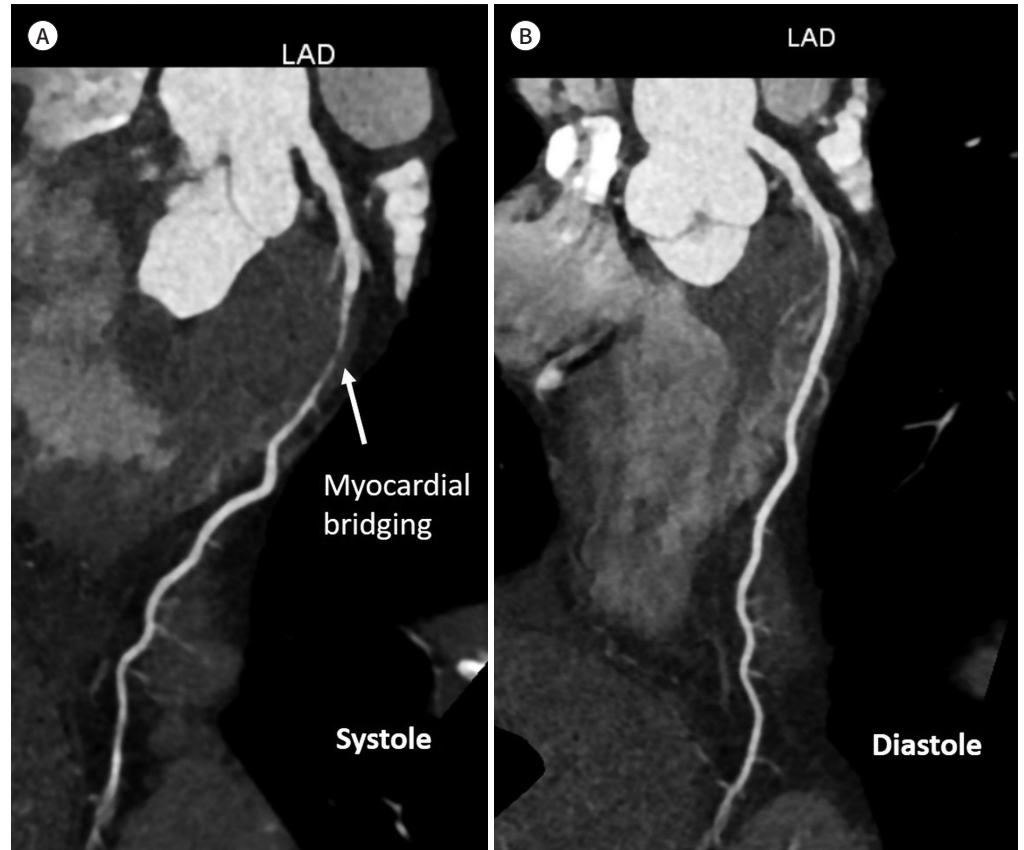
관상동맥기형의 분류

관상동맥기형을 나누는 분류는 문헌마다 조금씩 다르다. 관상동맥기형의 발생 위치에 따라 나누

Fig. 2. Myocardial bridging of middle LAD (normal variant).

A, B. Multi-planar reconstructed CT image of the LAD shows that the mid-segment of the LAD is surrounded by the myocardium. During systole (**A**), myocardial bridging is compressed by the surrounding myocardium. This improves during diastole (**B**).

LAD = left anterior descending artery



는 분류도 있고, 혈액학적으로 의미 있는 기형과 의미 없는 기형으로 나누는 경우도 있다. 1970년 Ogden (18)이 처음 관상동맥기형의 분류법을 제시하였고 크게 3가지로 나누었다. 첫 번째는 관상동맥 기시부에 기형이 있으나 원위부는 정상인 경우, 두 번째는 관상동맥의 연결에 이상이 있거나, 관상동맥이 폐동맥에서 나오는 경우, 마지막으로 관상동맥기형이 심장의 구조적 이상으로 인해 2차적으로 나타나는 경우로 나뉘었다. 이 분류는 혈액학적 중요성을 고려하지 않은 분류로 현재는 잘 사용되지 않는다. 유럽흉부외과학회에서 제안한 분류법도 있는데, 이는 기형의 계층 구조를 기반으로 하고 있으며, 선천 기형뿐 아니라 후천적인 관상동맥의 질병도 모두 포함하고 있어 체계적이긴 하나 복잡하다(19). 본 종설은 2007년에 Angelini (4)이 제안한 분류에 근거하며, 그중 꼭 영상 의학과 의사가 알아야 할 기형 중심으로 이야기하고자 한다. 이 분류 또한 기본적으로 관상동맥기형의 위치에 기반하여 서술하고 있으며, 기시부 이상, 주행 경로 이상, 그리고 끝부분 연결 이상의 3가지 대분류가 있다(4). Angelini (4)에 따르면, 1% 미만에서 보이는 소견을 관상동맥기형(anomaly)으로 정의하며, 1% 초과하여 관찰되는 경우를 정상 변이(normal variant)로 나누어 정의하고 있다. 관상동맥기형 중에는 혈액학적으로 문제가 되지 않는 경우도 있으나, 일부 급사의 위험이

Fig. 3. High take-off of RCA (normal variant).

A, B. RCA normally arises from the right coronary sinus. However, the three-dimensional volume-rendering (A) and CT angiography images (B) show a normal variant wherein the RCA arises 7 mm above the ST junction (arrowheads).

RCA = right coronary artery, ST = sinutubular

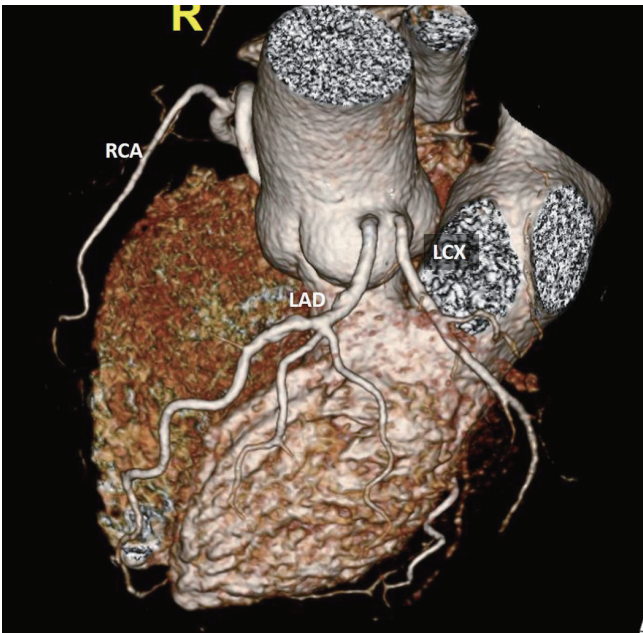
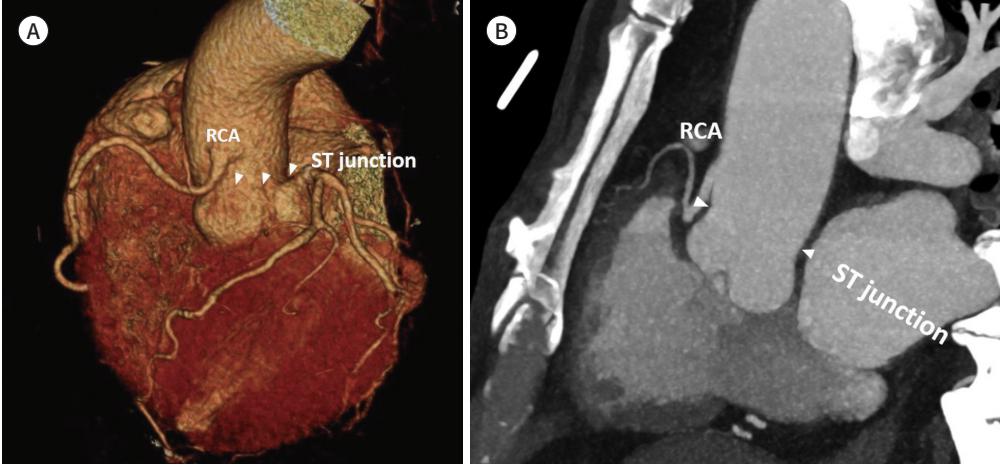


Fig. 4. Absence of left main coronary artery.

Three-dimensional volume-rendering CT image shows the case of an absent left main coronary artery. LAD and LCX separately branched off from the left coronary sinus.

LAD = left anterior descending artery, LCX = left circumflex artery, RCA = right coronary artery

있는 기형도 있다. 본 종설에서는 관상동맥기형의 종류와 영상학적 소견을 알아보고, 영상의학과 의사가 알고 있어야 할 임상적 의의를 설명하고자 한다.

관상동맥 기시부 이상(Anomalies of Origin)

좌주관동맥부재(Absent Left Main Coronary Artery)

정상적으로는 좌관상동맥에서 LM이 약 5-10 mm의 길이로 존재하다가 LAD, LCX로 분지해야 하지만, LM이 없이 바로 LAD, LCX가 각각 좌관상동맥에서 분지가 되는 경우를 의미한다

(Fig. 4). 발생률은 약 0.4%로 관상동맥기형중 가장 흔하게 관찰된다(20). 관상동맥혈관조영술을 기반으로 관상동맥기형 발생률을 조사한 연구에 의하면, 관찰된 기형 중 63.4%가 LM의 부재였다(1). 이러한 변이는 혈액학적으로 문제를 일으키지는 않으나, 관상동맥혈관조영술을 앞두고 있다면, LAD, LCX 각각 따로 혈관을 걸어야 하므로 사전 언급해 주어야 한다. 그리고 환자가 관상동맥 협착이 있어 관상동맥우회술(coronary artery bypass)을 받아야 하는 경우에도, LAD, LCX를 각각 따로 관류시켜 주어야 하므로 언급해 주어야 한다(21).

관상동맥의 반대쪽 관상동맥동 기시(Anomalous Origin of a Coronary Artery from the Opposite Sinus; ACAOS)

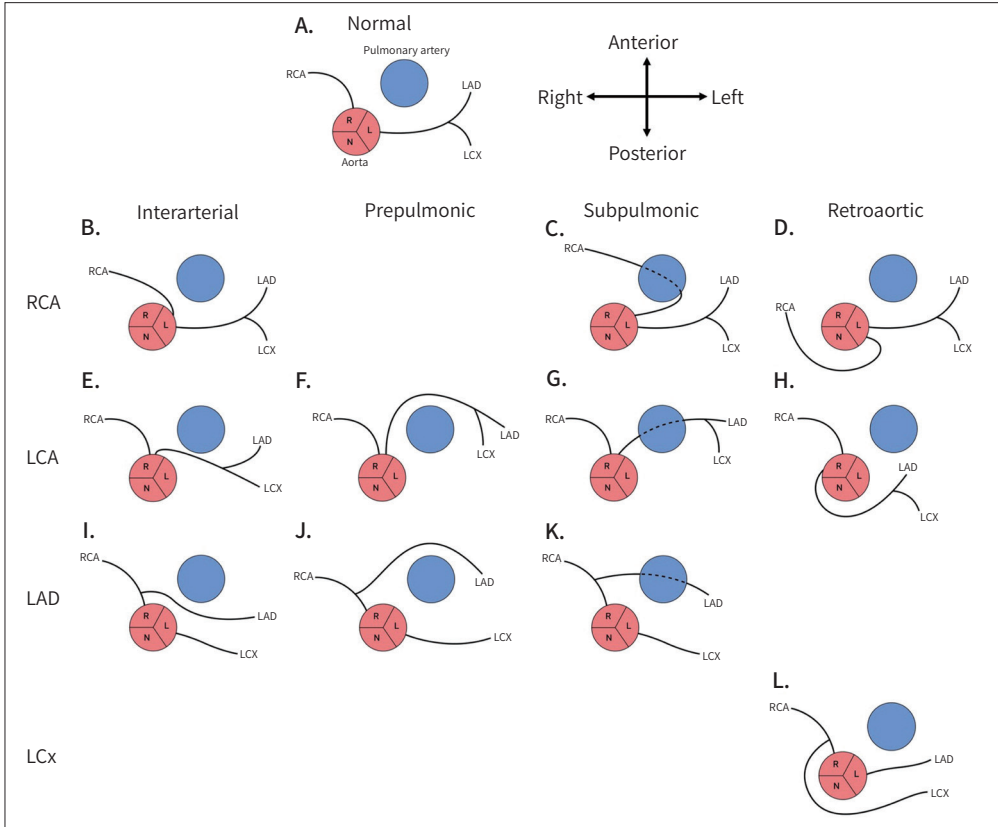
관상동맥의 반대쪽 관상동맥동기시(anomalous origin of a coronary artery from the opposite sinus; 이하 ACAOS)는 관상동맥기형 중 가장 중요한 기형이다. 정상적으로 LCA는 좌관상동맥동에서, RCA는 우관상동맥동에서 기시해야 한다. 그러나, ACAOS는 LCA가 반대측 우관상동맥동에서 기시하고(anomalous left coronary artery; 이하 ALCA), RCA가 반대측 좌관상동맥동에서 기시 하는 경우(anomalous right coronary artery; 이하 ARCA)를 말한다. ACAOS의 하위 아형은 반대쪽에서 기시하는 관상동맥과 주행 경로에 따라 Fig. 5와 같이 나뉜다. 현재까지 보고된 바 있는 주행 경로를 모두 Fig. 5에 나타냈으며, 빈 곳은 현재까지 보고된 바가 없는 경우이다(3). 주행 경로는 총 4가지로, 폐동맥-대동맥간(interarterial course) 사이로 주행하는 경우, 폐동맥 아래쪽 중격사이로 주행하는 경우(subpulmonic course/septal course), 대동맥 뒤로 주행하는 경우(retroaortic course), 폐동맥 앞쪽으로 주행하는 경우(prepulmonic course)가 있다. 이 중 retroaortic course와 prepulmonic course는 혈액학적 양성경과를 보인다. Interarterial course는 급사의 위험이 있는 가장 중요한 경로이며, 주로 격렬한 운동을 하는 젊은 환자에서 급사의 원인이 된다(22). 최근 CT 기반 관상동맥기형 연구에서는 ACAOS 중, interarterial course (39%)와 retroaortic course (38%)가 가장 흔한 아형이라고 보고하였고 그중에서도 영상의학과 의사가 가장 흔히 접하는 아형은 interarterial course를 취하는 ARCA 아형(Fig. 5B)과, retroaortic course를 취하는 ALCX 아형이다(Fig. 5L) (22).

Interarterial course를 보이는 ACAOS는 관상동맥 기시부의 위치에 따라서 high type과 low type으로 나뉘는데, 폐동맥 판막륜(pulmonic valve annulus) 기준으로 상방으로 지나갈 경우 high type이라 하며, 이 경우 관상동맥은 대동맥-폐동맥 사이를 지나게 된다(Fig. 6). 관상동맥 기시부가 폐동맥 판막륜(pulmonic valve annulus) 하방으로 지나갈 경우 low type이라 하며, 이 경우 관상동맥은 대동맥-우심실 유출로 사이를 지나게 된다. 수축기에 폐동맥은 팽창하고, 우심실 유출로는 수축하므로, high type의 관상동맥 기시부 주행공간이 low type보다 더 좁아지게 된다. 앞선 연구에서 high type이 low type보다 주요 심혈관계 이상반응(major adverse cardiovascular event; 이하 MACE) 발생이 유의하게 더 많았다는 보고가 있다(23). 일부 interarterial course의 low type과 subpulmonic type을 동일하게 보는 견해도 있으나, subpulmonic course는 다르게 septal course라고도 명명하며, 폐동맥 판막 아래 중격 심근 내로 주행하는 것으로 봐야 한다는 견해가 있으며 대부분 ALCA에서 보고되는 것으로 알려져 있다(22-24). 메타분석 연구상, ARCA

Fig. 5. Subtypes of anomalous origin of a coronary artery from the opposite sinus.

A-L. Normal coronary anatomy (A), RCA from LCS with interarterial course (B), RCA from LCS with subpulmonic course (C), RCA from LCS with retroaortic course (D), LCA from RCS with interarterial course (E), LCA from RCS with prepulmonic course (F), LCA from RCS with subpulmonic course (G), LCA from RCS with retroaortic course (H), LAD from RCS with interarterial course (I), LAD from RCS with prepulmonic course (J), LAD from RCS with subpulmonic course (K), LCX from RCC with retroaortic course (L).

We have drawn all the subtypes that have been reported in the literature at the time of publication.

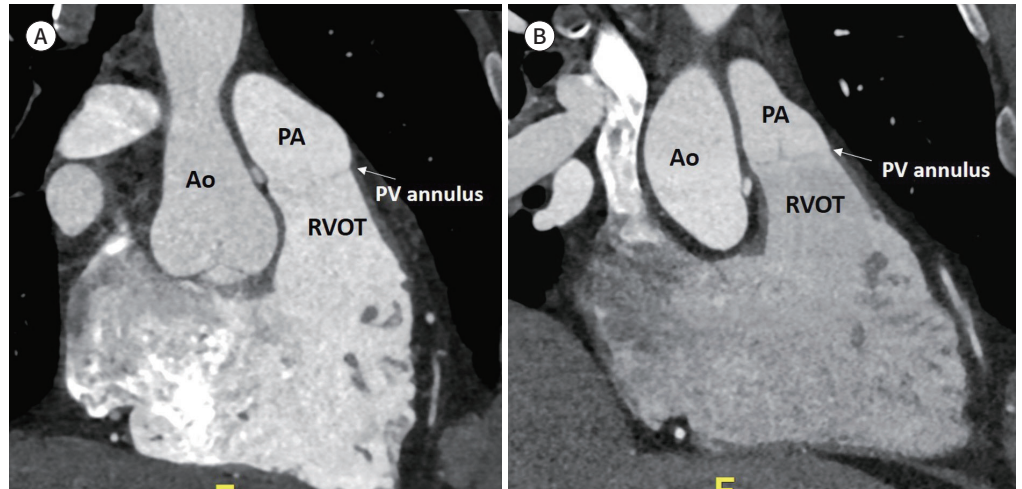


L = left coronary sinus, LAD = left anterior descending artery, LCS = left coronary sinus, LCX = left circumflex artery, N = noncoronary sinus, R = right coronary sinus, RCA = right coronary artery, RCS = right coronary sinus

interarterial course의 통합발생률은 0.23% (95% 신뢰구간: 0.17%–0.31%)이며, ALCA interarterial course의 통합발생률은 0.03% (95% 신뢰구간: 0.01%–0.04%)로 RCA의 반대측 기원이 LCA보다 월등히 많다(3). Interarterial course를 보이는 ACAOS에서 급사나 MACE와 연관된 CT 상 관찰되는 해부학적 위험인자들로는 high type, 대동맥벽 내 주행(intramural course), 예각 기시(acute take off angle), 가느다란 기시부(slit-like orifice) 등이 보고되고 있다(3). 후향적 심전도 동기화 CT를 이용하여 촬영하면 interarterial course를 보이는 ACAOS는 이완기보다 수축기에서 대동맥-폐동맥의 팽창으로 공간이 좁아져 관상동맥이 더 압박을 받게 됨을 관찰할 수 있다 (Fig. 7). 이러한 심장 주기에 따른 변화를 고려한 최근 연구에서는, 수축기에서 high type인 경우가 MACE의 예측인자임을 밝혔으며, 이완기에서의 high type인 경우는 그렇지 못하였다고 보고 하였다(25). 또한 심장은 다른 장기와는 달리 역동적으로 움직이는 기관인데, interarterial course 가 이완기에 high type이었다가 수축기에 low type으로 바뀌는 경우가 10.3% (7/68)에서 있었음을 보고하였다(25). 현재 미국심장학회 가이드라인은 ACAOS에서 증상이 있거나, 허혈이 관찰되면

Fig. 6. Distinguishing a subtype of anomalous RCA arising from left coronary sinus with interarterial course. **A, B.** Multiplanar reconstructed CT image of an anomalous RCA arising from the left coronary sinus with an interarterial course. The high type of interarterial course (**A**) passes above the PV annulus while the low type of interarterial course (**B**) passes below the pulmonic valve annulus.

Ao = aorta, PA = pulmonary artery, PV = pulmonary valve, RCA = right coronary artery, RVOT = right outflow tract



수술을 권유하고 있다(26). 그러나 여러 연구에서 interarterial course를 보이는 ACAOS는 운동 부하 검사나 핵의학검사서 정상인 경우가 많아 위험도 분류에 제한이 있다(25, 27). 따라서 interarterial course를 보이는 ACAOS에 의한 증상이 의심되는 환자의 경우, 후향적 심전도 동기화 CT를 통해 반대쪽 기시 관상동맥의 해부학적 형태와 위치 평가가 필요할 것으로 생각된다.

ACAOS 중 retroaortic course를 보이는 아형 중 가장 흔한 경우는 LCX가 우관상동맥동에서 기시하는 경우이다(Fig. 8) (22). 혈역학적으로 양성 경과를 보이며 무증상인 경우가 대부분이나, 매우 드물게 급사나 심근경색의 원인이 되었다는 보고가 있다(28).

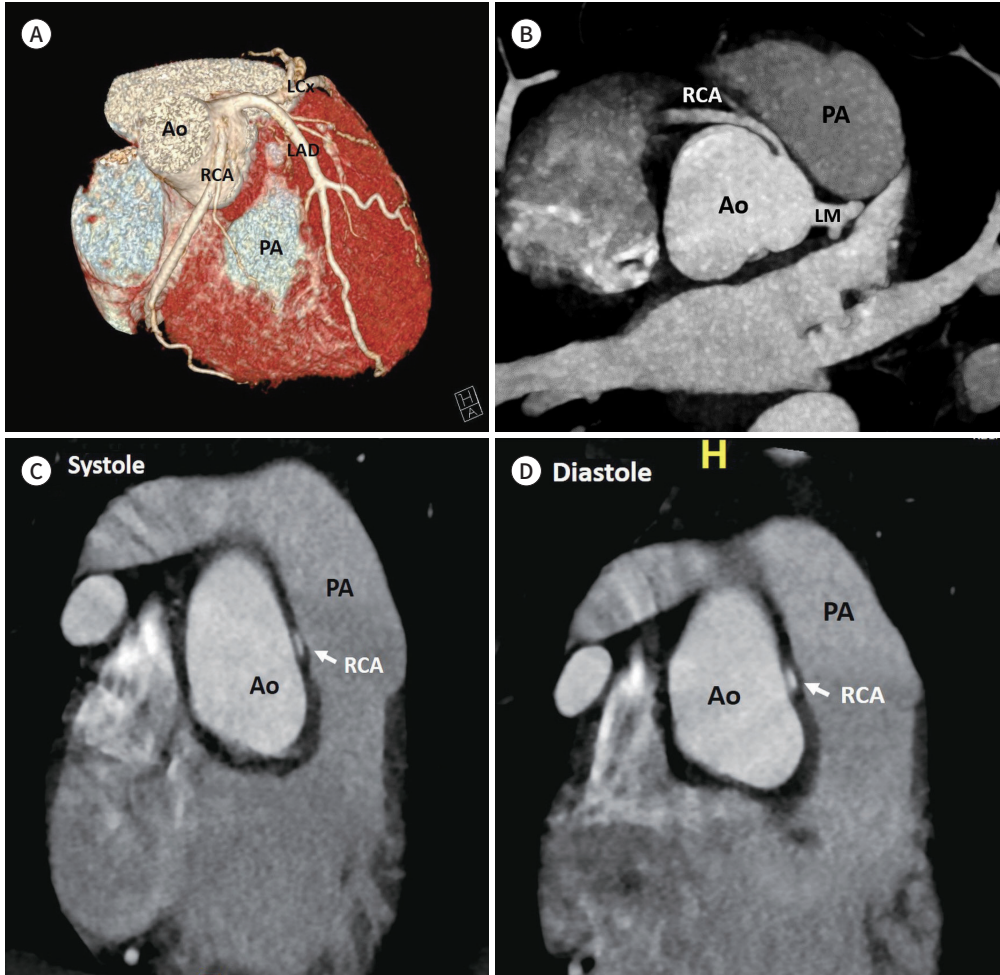
좌관상동맥의 폐동맥 기시(Anomalous Left Coronary Artery from the Pulmonary Artery; ALCAPA)

관상동맥은 정상적으로 관상동맥동에서 기시해야 하나 폐동맥에서 기시하는 경우를 의미한다. RCA가 폐동맥에서 기시하는 경우는 매우 드물고 대부분 LCA가 폐동맥에서 기시한다. 좌관상동맥의 폐동맥 기시는 전체 선천성 심질환의 0.24%–0.5%를 차지하는 것으로 알려져 있다(29-31). LCA가 폐동맥에서 기시함으로써 좌-우 단락이 발생하고 산소화되지 않은 혈액이 좌심실에 공급된다. 이 기형은 두 가지 아형이 있으며, 측부 순환이 발달하지 않은 영아형과, 측부 순환이 발달한 성인형으로 분류된다(Fig. 9) (29, 32). 영아형에서는 측부 순환이 발달하지 않아 심근 경색으로 인한 심부전, 승모판 부전이 발생하며 발한, 호흡곤란, 창백 등의 증상을 보인다. 수술적 치료를 하지 않으면 1세 이하에서 90% 이상 사망한다. 성인형은 측부 순환이 발달하여, 좌심실에 산소화가 이루어진 혈액을 공급할 수 있어 성인까지 생존할 수 있는 아형이다. 초기엔 무증상인 경우가 많으나 만성적인 좌심실 허혈로 인해 승모판 부전, 허혈성심근증, 부정맥, 급사 등의 증상을 보일 수 있다(29,

Fig. 7. Anomalous RCA arising from left coronary sinus with interarterial course.

A-D. Three-dimensional volume-rendering (A) and CT angiography images (B) show the RCA arising anomalously from the left coronary sinus and runs along the interarterial course. The RCA ostium (arrows) is more compressed during the systolic phase (C) and is relieved during diastole (D).

Ao = aorta, LAD = left anterior descending artery, LCX = left circumflex artery, LM = left main coronary artery, PA = pulmonary artery, PV = pulmonary valve, RCA = right coronary artery



30, 32). 드물게 심방중격결손, 심실중격결손, 대동맥 축착(coarctation of aorta) 등과 같은 심장 기형과 동반될 수 있다(32). 심장 CT 또는 MRI에서 LCA가 폐동맥에서 분지하는 것을 확인할 수 있다 (Fig. 9). 영아형에서는 좌심실이 확장되어 있고 기능이 감소되어 있으며, 관상동맥 간 측부 순환이 관찰되지 않는다. 성인형에서는 좌심실의 크기는 정상이거나 약간 커져 있을 수 있으며, 만성적인 심근 허혈에 의한 좌심실 기능 감소, 승모판 역류가 관찰될 수 있으며, 늘어난 RCA 및 발달된 측부 순환을 확인할 수 있다(32). 심장 MRI는 영아형에서는 긴 획득 시간과 제한적인 공간해상도로 촬영이 권고되지 않으며, 성인형에서는 심근의 허혈, 경색 및 섬유화 소견을 관찰할 수 있다(29, 30, 32). 수술적 교정이 주된 치료방법이며 영아에서 발견된 경우 폐동맥에서 기시하는 LCA를 대동맥으로 옮겨주는 방법(coronary button transfer operation) 또는 폐동맥에서 기시하는 LCA를 대동맥과 직접 연결하여 폐동맥 내 대동맥-관상동맥 터널을 형성하는 Takeuchi procedure 방법이 있다. 성

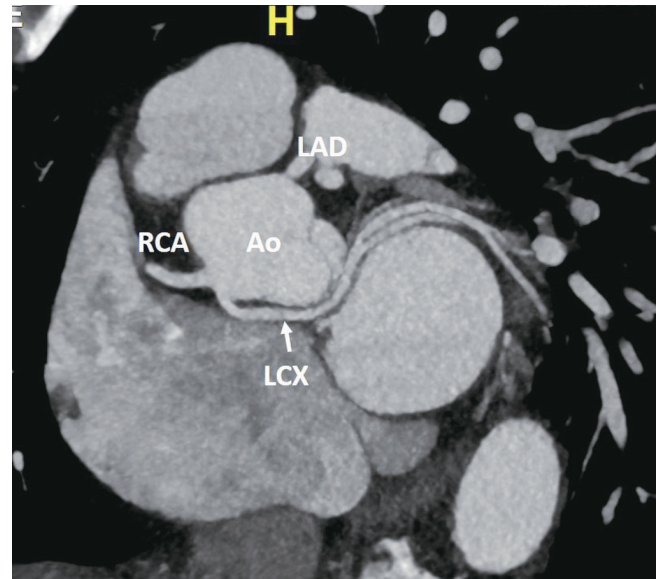
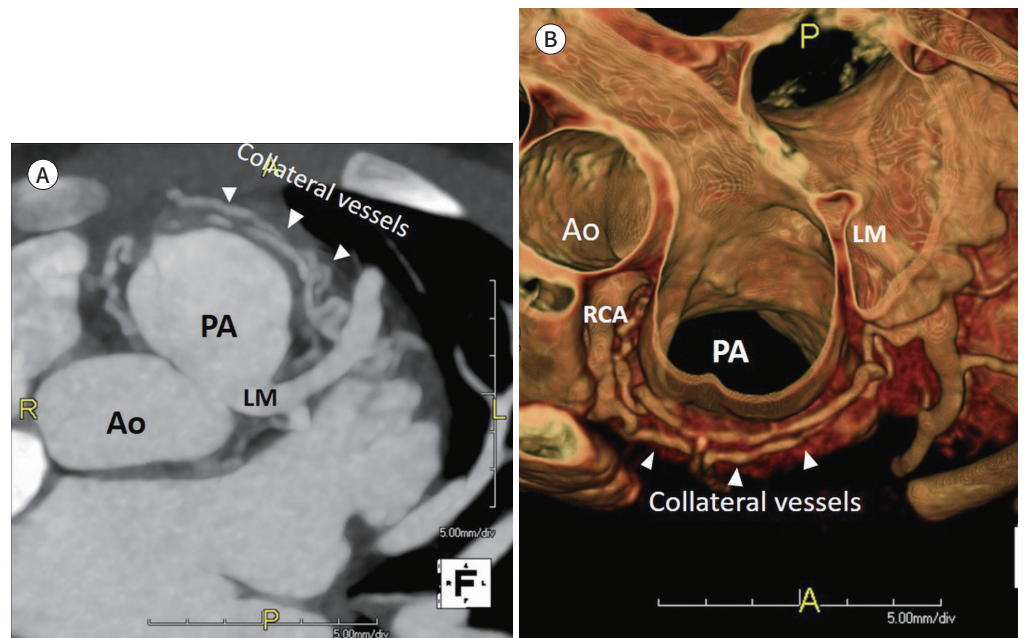


Fig. 8. Anomalous LCX from right coronary sinus with retroaortic course. Image shows the LCX (arrow) arising anomalously from the right coronary sinus and running posterior to the Ao. Ao = aorta, LAD = left anterior descending artery, LCX = left circumflex artery, RCA = right coronary artery

Fig. 9. ALCAPA.

A, B. A 4 year-old female with adult-type ALCAPA. CT angiography (A) and three-dimensional volume-rendering images (B) show the LM arising from the main PA. Intercoronary collaterals are shown in the prepulmonic area (arrowheads).

ALCAPA = anomalous left coronary artery from the pulmonary artery, Ao = aorta, LM = left main coronary artery, PA = pulmonary artery, RCA = right coronary artery



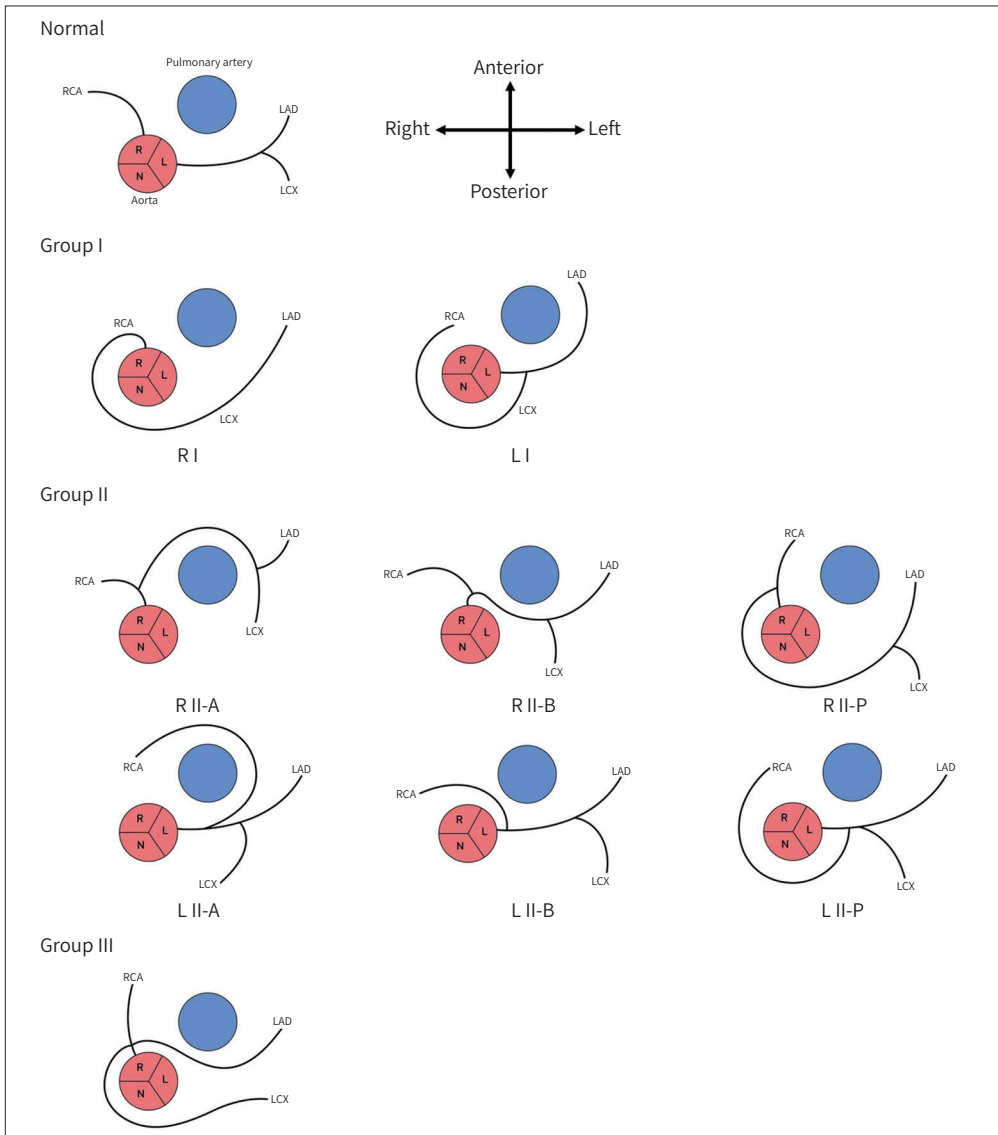
인에서는 폐동맥에서 기시하는 LCA를 결찰하고 관상동맥우회술을 시행할 수 있다(29, 32).

단일 관상동맥(Single Coronary Artery)

단일 관상동맥이란 관상동맥동의 한 개의 기시부에서만 관상동맥이 기시하여, 전체 심장에 혈류를 공급하는 것을 말한다. 유병률은 약 0.027%~0.066% 정도로 알려져 있다(33, 34). 1979년

Lipton 등(35)이 혈관 촬영술에 기초해 제시한 분류 방법에 따르면, 우관상동맥동에서 기시 하는 경우 R, 좌관상동맥동에서 기시 하는 경우 L로 나뉘며, 주행 방법에 따라 그룹 I, 그룹 II, 그룹 III으로 나뉜다(Fig. 10). 그룹 I은 단일 관상동맥이 정상 좌측 또는 우측의 관상동맥 주행을 따라가는 것으로, 방실사이고랑을 따라 주행한 후 반대쪽 관상동맥의 분지를 형성하게 된다(Fig. 11A). 그룹 II는 반대쪽 관상동맥이 정상 우측 또는 좌측 관상동맥의 근위부에서 기시하는 경우이며, 주행 경로에 따라 또 아형이 나뉜다. 반대쪽 관상동맥이 폐동맥 앞으로 주행하는 경우(II-A) (Fig. 11B, C), 폐동맥과 대동맥 사이로 주행하는 경우(II-B), 혹은 대동맥 뒤로 주행하는 경우(II-P)로 분류된다. 그룹 III은 RCA에서 LAD와 LCX가 각각 분지되어 LAD는 대동맥과 폐동맥 사이를 지나 심실사이고랑을 주행하며, LCX는 대동맥 뒤를 지나 방실사이고랑을 주행하는 경우이다(35). 이전 관상동

Fig. 10. Classification of single coronary artery by Lipton.



L = left coronary sinus, LAD = left anterior descending artery, LCX = left circumflex artery, PA = pulmonary artery, N = noncoronary sinus, R = right coronary sinus, RCA = right coronary artery

맥혈관조영술 연구에서 0.031%에서(67/215140) 단일관상동맥이 관찰되었는데 이중 R-II (34%), L-I (24%), L-II (18%), R-III (15%), R-I (9%) 순의 빈도로 관찰되었다고 보고하였다(36). 단일 관상동맥은 대혈관 전위(transposition of great artery), 관상동맥루(coronary artery fistula), 이엽성 대동맥판(bicuspid aortic valve), 총동맥간증(persistent truncus arteriosus), 팔로 사 징후(tetralogy of fallot)와 같은 선천성 심혈관 기형과의 연관성이 있다고 알려져 있다(37, 38). 단일 관상동맥은 주행 경로에 따라 무증상에서부터 급사까지 다양한 증상을 나타낼 수 있으며, 그중에서도 LM이 RCA에서 분지되어 폐동맥과 대동맥 사이로 주행하는 경우가 급사와의 관련성이 높다고 알려져 있다(38). 현재까지 단일 관상동맥의 치료나 추적 관찰에 대한 가이드라인은 없다. 대부분의 무증상 환자들은 침습적인 치료는 하지 않으며, 급사에 이를 수 있는 위험인자(과격한 운동 등)를 관리해 주어야 한다. 다양한 해부학적 관계와 주행 경로를 고려하여 증상이 있는 경우 수술적 교정이나 경피적 혈관중재술을 시행할 수 있다(39).

관상동맥 내인성 기형(Intrinsic Anomalies of Coronary Artery)

중복 관상동맥(Dual Coronary Artery)

Dual LAD가 가장 흔하며 약 0.13%~1%의 유병률을 가진다(9). Dual LAD는 short LAD와 long LAD로 이루어진다. Short LAD는 전측 심실사이고랑에서 종결되고, long LAD는 LM, LAD proper, 또는 RCA에서 기시하여 원위부 전측 심실사이고랑으로 진입하여 심첨부까지 주행한다(9). Short LAD와 long LAD의 기시부 및 주행 경로에 따라 아형이 분류되며, 1983년 Spinodola-franco 등에 의해 4가지의 아형이 보고된 이후 현재까지 11개의 아형이 보고되었다(40-42). 그중 Type 1이 가장 흔하다. Type 1은 LM과 LAD proper가 모두 존재하며 short LAD는 LAD proper에서 기시하여 근위부 전측 심실사이고랑에서 종결되며, long LAD는 LAD proper에서 기시하여 근위부 전측 심실사이고랑의 좌심실측으로 주행하여, 원위부 전측 심실사이고랑으로 진입

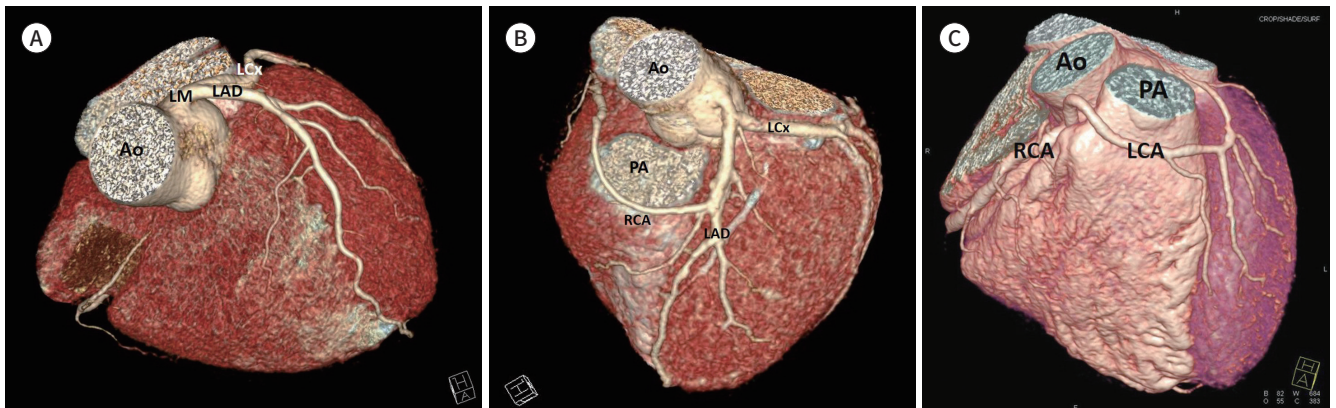
Fig. 11. Three cases of single coronary artery.

A. Left single coronary artery with Lipton classification type L-I.

B. Left single coronary artery with Lipton classification type L-IIA.

C. Right single coronary artery with Lipton classification type R-IIA.

Ao = aorta, L = left coronary sinus, LAD = left anterior descending artery, LCx = left circumflex artery, LM = left main coronary artery, PA = pulmonary artery, R = right coronary sinus, RCA = right coronary artery



하여 심첨부까지 주행한다(Fig. 12).

Dual LCX는 알려진 바에 따르면 총 11예가 보고되었고, 그중 3예는 LM과 우동맥동에서 LCX가 각각 기시하였으며, 나머지 7예는 LM과 RCA의 기시부 또는 RCA에서 각각 기시하였다(43-45). LM과 좌동맥동에서 기시하는 경우는 1예가 보고되었다(46). Dual RCA는 매우 드문 관상동맥기형이며 유병률은 약 0.01%~0.07%로 알려져 있다(47, 48). Dual RCA는 전상방 RCA 분지와 후하방 RCA 분지로 구성된다. Dual RCA는 하나의 common trunk에서 두 개의 분지로 나뉘는 경우와, 각각의 분지가 따로 우관상동맥동에서 기시하는 경우로 나뉘며, 전자가 더 흔한 것으로 보고되었다(49). 최근 dual RCA가 각각 우관상동맥동에서 기시한 뒤 다시 합쳐지며 Y자 형태를 보이는 새로운 형태의 기형이 보고되기도 하였다(50).

흉통으로 내원한 중복 관상동맥 환자 중 한쪽만 완전히 막힌 경우, 혈관조영술에서 정상 관상동맥 구조처럼 보여서, 병변을 놓치는 경우가 있을 수 있어, 중복 관상동맥의 가능성을 항상 생각하여야 한다. 특히 LAD는 관상동맥 우회술에서 가장 중요한 혈관으로 수술 전 심장 CT에서 dual LAD 여부를 확인하는 것이 필요하다(9, 48, 49).

관상동맥 연결 이상(Anomalies of Termination)

관상동맥루(Coronary Artery Fistula)

관상동맥은 정상적으로 끝에서 모세혈관망으로 연결된 뒤에 관상정맥으로 유입되어야 하나, 심장의 다른 구조물 또는 체혈관이나 폐혈관으로 연결이 잘못된 경우를 관상동맥루라고 한다(51). 관상동맥루의 발생빈도는 0.9% 정도로 보고되고 있으며, 발생 과정 이상으로 선천적으로 발생할 수 있으나, 관상동맥 시술, 수술, 방사선치료, 외상 등에 의해 후천적으로 발생할 수도 있다(52). 관상동맥이 교통 되는 위치에 따라 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 관상동맥-심방실루(coronary cameral fistula)는 관상동맥이 심실이나 심방과 연결되는 경우이며, 관상동맥-정맥루(coronary arteriovenous fistula)는 관상동맥이 폐혈관, 상대 또는 하대정맥(superior and inferior vena

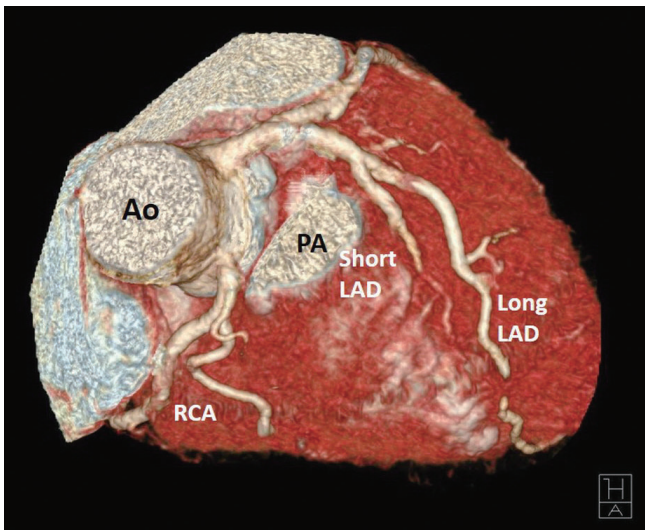


Fig. 12. Dual LAD coronary artery.

Three-dimensional volume-rendering image shows a type 1 dual LAD. The short LAD originates from the LAD proper and terminates in the mid-portion of the anterior interventricular groove. The long LAD originates from the LAD proper and descends on the left ventricular side of the anterior interventricular groove. The long LAD reenters the distal anterior interventricular groove and provides diagonal branches.

Ao = aorta, LAD = left anterior descending, PA = pulmonary artery, RCA = right coronary artery

cava), 기관지 혈관이나 그 외 다른 체혈관과 교통 되는 경우를 의미한다(51).

관상동맥-심방실루의 기원은 RCA (55%), LAD (35%), 그리고 RCA와 LAD 양쪽 모두 있는(5%) 순서로 많으며, 유입은 대부분 우심실(41%), 우심방(26%)으로 되며, 좌심방실로 유입되는 경우는 1% 미만으로 드물다(Fig. 13) (53). 또한 관상동맥이 심방실과 직접 바로 교통되는 경우를 동맥-방실 아형(arterio-luminal type), 굴모양혈관 네트워크(sinusoidal network)를 통해 유입되는 경우를 동맥-굴모양혈관 아형(arterio-sinusoidal type)이라고 나눈다(54). 대부분의 관상동맥 심방실루는 증상이 없거나 우연히 발견된다. 그러나 교통되는 혈류량이 많거나, 관상동맥루가 큰 동맥-굴모양혈관 아형 같은 경우에는 유입되는 심실에 따라 혈액학적 변화를 일으킬 수 있다. 관상동맥-우심방실루는 좌-우단락을 유발하여 우심실의 혈류를 증가시키므로 심한 경우 폐동맥 고혈압을 유발할 수 있다. 관상동맥-좌심실루는 좌심실의 혈류량을 증가시켜 좌심실압 증가를 유발하고, 이로 인해 좌심실비대가 동반될 수 있다. 혈액학적 변화를 일으키는 큰 관상동맥루는 수술적 교정술이 요구되나, 동맥-굴모양 아형은 대부분 보존적으로 치료한다(55).

관상동맥-폐혈관루(coronary pulmonary fistula)는 가장 흔하게 관찰되는 관상동맥루 형태로 최근 심장 CT 촬영 건수가 증가함에 따라, 촬영되는 심장 CT 중 0.3% 정도까지 보고되고 있으며, 한 기관에서는 관찰된 관상동맥루 중 관상동맥-폐혈관루가 약 76.8%를 차지하였다(52, 56). 관상동맥-폐혈관루는 LCA에서 기원하는 경우가 RCA에서 기원하는 경우보다 더 흔하며, 주로 주요폐동맥(main pulmonary artery)으로 연결된다(57). 다발성으로 관찰되는 경우도 45% 정도로 흔하며 이 중 19%–31% 정도는 관상동맥 동맥류를 동반하기도 한다(Fig. 14) (57). 한 개의 주요한 관상동맥-폐혈관루가 있는 경우와, 여러 개의 작은 관상동맥-폐혈관루가 있는 경우가 있으며, 전자의 경우에서 혈액학적 장애를 더 유발하는 것으로 알려져 있다(51, 55). 관상동맥-폐혈관루는 증상이 있거나 직경이 커서 혈액학적 이상을 유발하는 경우, 수술적 결찰, 코일 색전술, 또는 occluder를 이용해 막아준다. 그러나 관상동맥-폐혈관루는 대부분 양호한 예후를 보이는 것으로 알려져 있다. 수술적 치료 없이 약물치료로 추적 관찰한 환자의 대부분은(122/123, 99.2%) MACE가 없었으며, 추적 CT에서 관상동맥루의 형태학적 변화가 없었다(55). 관상동맥루는 관상정맥이나 관상정맥동

Fig. 13. Coronary cameral fistula between LAD and left ventricle.

A, B. Three-dimensional volume-rendering (**A**) and CT angiography images (**B**) show a dilated LAD running along the inferior interventricular groove and terminating into the basal inferior LV cavity (arrows).

LAD = left anterior descending artery, LV = left ventricular

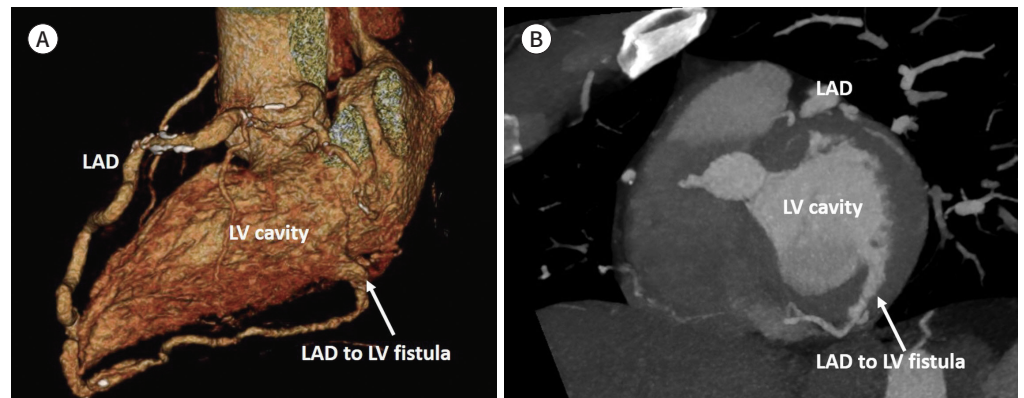
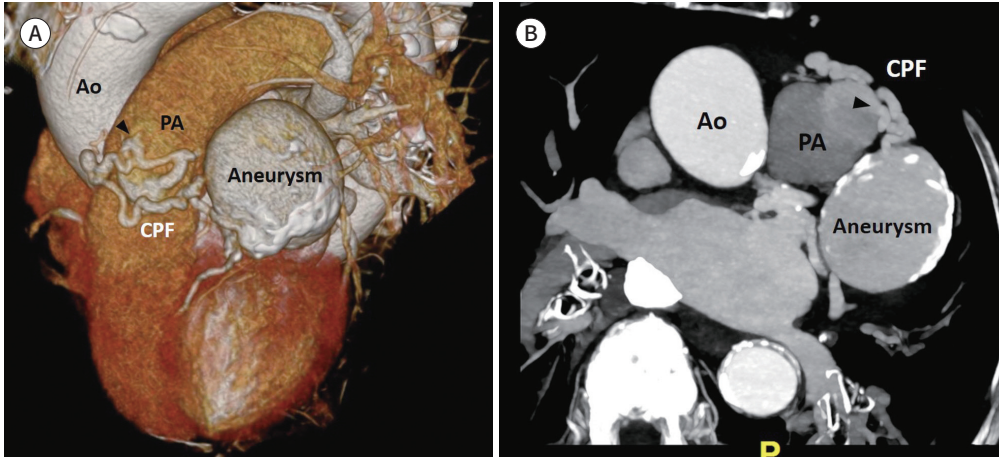


Fig. 14. CPF with aneurysm.

A, B. Volume-rendering (A) and maximum intensity projection images (B) show a CPF between the LAD and main PA (arrowheads), with a combined 46-mm sized aneurysm.

Ao = aorta, CPF = coronary pulmonary fistula, LAD = left anterior descending, PA = pulmonary artery



(coronary sinus)으로 연결되는 경우도 있으며, CT에서 관상정맥이나 관상정맥동이 늘어난 경우 이를 의심해 보아야 한다. 관상동맥이 기관지동맥(bronchial artery)으로 연결되는 경우도 있다 (51). 주로 LCX에서 연결되며, 간혹 객혈의 원인이 되기도 한다.

결론

심장 CT는 관상동맥기형의 종류 그리고 해부학적 위험인자들을 평가할 수 있는 가장 정확한 영상 진단 도구로 자리 잡았다. 관상동맥기형은 크게 기시부 기형, 관상동맥 내인성 기형, 그리고 관상동맥 연결부기형으로 나눌 수 있다. 관상동맥기형들은 대부분 증상이 없고, 혈액학적이상을 유발하지 않는 경우가 많으나, 관상동맥중재술이나 수술 전 사전에 언급해 주는 것이 임상에서 치료 계획을 수립하는데 도움을 준다. 특히, 관상동맥의 반대쪽 관상동맥동기시와, 관상동맥의 폐동맥 기시처럼, 급사의 위험이 있는 기형이 발견되었을 경우, 해당 기형뿐 아니라 동반된 위험한 해부학적 이상 소견들 역시 판독에 포함하는 것이 적절한 치료방침을 정하고 예후를 예측하는 데 도움을 줄 수 있다.

Author Contributions

Conceptualization, K.J.Y.; data curation, K.J.Y.; investigation, all authors; supervision, K.J.Y.; writing—original draft, all authors; and writing—review & editing, all authors.

Conflicts of Interest

The authors have no potential conflicts of interest to disclose.

Funding

None

Acknowledgments

The authors thank Professor Jongmin Lee, Department of Radiology, Kyungpook National University Hospital, for providing Fig. 9 (ALCAPA case).

REFERENCES

1. Yildiz A, Okcun B, Peker T, Arslan C, Olcay A, Bulent Vatan M. Prevalence of coronary artery anomalies in 12,457 adult patients who underwent coronary angiography. *Clin Cardiol* 2010;33:E60-E64
2. Safak O, Gursul E, Yesil M, Tuluze SY, Arikan ME, Ozyildirim S, et al. Prevalence of coronary artery anomalies in patients undergoing coronary artery angiography: a review of 16768 patients. A retrospective, single-center study. *Minerva Cardioangiol* 2015;63:113-120
3. Cheezum MK, Ghoshhajra B, Bittencourt MS, Hulten EA, Bhatt A, Mousavi N, et al. Anomalous origin of the coronary artery arising from the opposite sinus: prevalence and outcomes in patients undergoing coronary CTA. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2016;18:224-235
4. Angelini P. Coronary artery anomalies: an entity in search of an identity. *Circulation* 2007;115:1296-1305
5. Gentile F, Castiglione V, De Caterina R. Coronary artery anomalies. *Circulation* 2021;144:983-996
6. Kim YJ, Yong HS, Kim SM, Kim JA, Yang DH, Hong YJ; Korean Society of Radiology; Korean Society of Cardiology. Korean guidelines for the appropriate use of cardiac CT. *Korean J Radiol* 2015;16:251-285
7. Kini S, Bis KG, Weaver L. Normal and variant coronary arterial and venous anatomy on high-resolution CT angiography. *AJR Am J Roentgenol* 2007;188:1665-1674
8. Harky A, Noshirwani A, Karadakhly O, Ang J. Comprehensive literature review of anomalies of the coronary arteries. *J Card Surg* 2019;34:1328-1343
9. Kim SY, Seo JB, Do KH, Heo JN, Lee JS, Song JW, et al. Coronary artery anomalies: classification and ECG-gated multi-detector row CT findings with angiographic correlation. *Radiographics* 2006;26:317-333; discussion 333-334
10. Koşar P, Ergun E, Oztürk C, Koşar U. Anatomic variations and anomalies of the coronary arteries: 64-slice CT angiographic appearance. *Diagn Interv Radiol* 2009;15:275-283
11. O'Brien JP, Srichai MB, Hecht EM, Kim DC, Jacobs JE. Anatomy of the heart at multidetector CT: what the radiologist needs to know. *Radiographics* 2007;27:1569-1582
12. Hostiuc S, Negoii I, Rusu MC, Hostiuc M. Myocardial bridging: a meta-analysis of prevalence. *J Forensic Sci* 2018;63:1176-1185
13. Lee MS, Chen CH. Myocardial bridging: an up-to-date review. *J Invasive Cardiol* 2015;27:521-528
14. Tarantini G, Migliore F, Cademartiri F, Fraccaro C, Illiceto S. Left anterior descending artery myocardial bridging: a clinical approach. *J Am Coll Cardiol* 2016;68:2887-2899
15. Graidis C, Dimitriadis D, Karasavvidis V, Dimitriadis G, Argyropoulou E, Economou F, et al. Prevalence and characteristics of coronary artery anomalies in an adult population undergoing multidetector-row computed tomography for the evaluation of coronary artery disease. *BMC Cardiovasc Disord* 2015;15:112
16. Loukas M, Andall RG, Khan AZ, Patel K, Muresian H, Spicer DE, et al. The clinical anatomy of high take-off coronary arteries. *Clin Anat* 2016;29:408-419
17. Tsai WL, Wei HJ, Tsai IC. High-take-off coronary artery: a haemodynamically minor, but surgically important coronary anomaly. *Pediatr Radiol* 2010;40:232-233
18. Ogden JA. Congenital anomalies of the coronary arteries. *Am J Cardiol* 1970;25:474-479
19. Dodge-Khatami A, Mavroudis C, Backer CL. Congenital heart surgery nomenclature and database project: anomalies of the coronary arteries. *Ann Thorac Surg* 2000;69:S270-S297
20. Yilmaz-Cankaya B, Kantarci M, Yalcin A, Durur-Karakaya A, Yuce I. Absence of the left main coronary artery: MDCT coronary angiographic imaging. *Eurasian J Med* 2009;41:56-58
21. Topaz O, DiSciascio G, Cowley MJ, Soffer A, Lanter P, Goudreau E, et al. Absent left main coronary artery: angiographic findings in 83 patients with separate ostia of the left anterior descending and circumflex arteries at the left aortic sinus. *Am Heart J* 1991;122:447-452
22. Cheezum MK, Liberthson RR, Shah NR, Villines TC, O'Gara PT, Landzberg MJ, et al. Anomalous aortic origin of a coronary artery from the inappropriate sinus of Valsalva. *J Am Coll Cardiol* 2017;69:1592-1608
23. Lee HJ, Hong YJ, Kim HY, Lee J, Hur J, Choi BW, et al. Anomalous origin of the right coronary artery from the left coronary sinus with an interarterial course: subtypes and clinical importance. *Radiology* 2012;262:101-

24. Brothers JA, Whitehead KK, Keller MS, Fogel MA, Paridon SM, Weinberg PM, et al. Cardiac MRI and CT: differentiation of normal ostium and intraseptal course from slitlike ostium and interarterial course in anomalous left coronary artery in children. *AJR Am J Roentgenol* 2014;204:W104-W109
25. Kim JY, Hong YJ, Han K, Lee S, Kim YJ, Choi BW, et al. Evaluation of the ostium in anomalous origin of the right coronary artery with an interarterial course using dynamic cardiac CT and implications of ostial findings. *Korean J Radiol* 2022 Jan [Epub]. <https://doi.org/10.3348/kjr.2021.0270>
26. Stout KK, Daniels CJ, Aboulhosn JA, Bozkurt B, Broberg CS, Colman JM, et al. 2018 AHA/ACC guideline for the management of adults with congenital heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardio* 2019;73:e81-e192
27. Gräni C, Benz DC, Schmied C, Vontobel J, Mikulicic F, Possner M, et al. Hybrid CCTA/SPECT myocardial perfusion imaging findings in patients with anomalous origin of coronary arteries from the opposite sinus and suspected concomitant coronary artery disease. *J Nucl Cardiol* 2017;24:226-234
28. Del Torto A, Baggiano A, Guglielmo M, Muscogiuri G, Pontone G. Anomalous origin of the left circumflex artery from the right coronary sinus with retro-aortic course: a potential malign variant. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2020;14:e54-e55
29. Peña E, Nguyen ET, Merchant N, Dennie C. ALCAPA syndrome: not just a pediatric disease. *Radiographics* 2009;29:553-565
30. Boutsikou M, Shore D, Li W, Rubens M, Pijuan A, Gatzoulis MA, et al. Anomalous left coronary artery from the pulmonary artery (ALCAPA) diagnosed in adulthood: varied clinical presentation, therapeutic approach and outcome. *Int J Cardiol* 2018;261:49-53
31. Al Umairi RS, Al Kindi F, Al Busaidi F. Anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery: the role of multislice computed tomography (MSCT). *Oman Med J* 2016;31:387-389
32. Goo HW. Anomalous origin of the coronary artery from the pulmonary artery in children and adults: a pictorial review of cardiac imaging findings. *Korean J Radiol* 2021;22:1441-1450
33. Al Umairi R, Al-Khoury M. Prevalence, spectrum, and outcomes of single coronary artery detected on coronary computed tomography angiography (CCTA). *Radiol Res Pract* 2019;2019:2940148
34. Desmet W, Vanhaecke J, Vrolix M, Van de Werf F, Piessens J, Willems J, et al. Isolated single coronary artery: a review of 50000 consecutive coronary angiographies. *Eur Heart J* 1992;13:1637-1640
35. Lipton MJ, Barry WH, Obrez I, Silverman JF, Wexler L. Isolated single coronary artery: diagnosis, angiographic classification, and clinical significance. *Radiology* 1979;130:39-47
36. Turkmen S, Yolcu M, Sertcelik A, Ipek E, Dokumaci B, Batyraliev T. Single coronary artery incidence in 215140 patients undergoing coronary angiography. *Folia Morphol (Warsz)* 2014;73:469-474
37. de la Cruz MV, Cayre R, Angelini P, Noriega-Ramos N, Sadowinski S. Coronary arteries in truncus arteriosus. *Am J Cardiol* 1990;66:1482-1486
38. Sharbaugh AH, White RS. Single coronary artery. Analysis of the anatomic variation, clinical importance, and report of five cases. *JAMA* 1974;230:243-246
39. Elbadawi A, Baig B, Elgendy IY, Alotaki E, Mohamed AH, Barssoum K, et al. Single coronary artery anomaly: a case report and review of literature. *Cardiol Ther* 2018;7:119-123
40. Bozlar U, Uğürel MŞ, Sarı S, Akgün V, Örs F, Taşar M. Prevalence of dual left anterior descending artery variations in CT angiography. *Diagn Interv Radiol* 2015;21:34-41
41. Al-Umairi RS, Al-Kindi FA, Al-Tai SA. A new variant of dual left anterior descending artery anomaly: type XI. *Sultan Qaboos Univ Med J* 2018;18:e386-e388
42. Celik T, Bozlar U, Ozturk C, Balta S, Verim S, Demir M, et al. A new anomaly of the left anterior descending artery: type X dual LAD. *Indian Heart J* 2015;67 Suppl 3:S14-S17
43. Coşansu K, Tarık Ağaç M, Kılıç H, Akdemir R, Gündüz H. Twin circumflex arteries: a rare coronary artery anomaly. *J Tehran Heart Cent* 2018;13:32-34
44. Khan Z, Munde K, Shaikh S, Bansal N. Twin circumflex arteries: a rare coronary artery anomaly. *Heart and Vascular Medicine* 2019;1:2
45. Manjunath SBN, Alex AG, Varghese L, George OK. Bilateral origin of a split circumflex coronary artery. *BMJ Case Rep* 2020;13:e237651
46. Balpande NN, Singh S, Bodhey N. Accessory left circumflex arising from left coronary sinus. *Ann Cardiol Cardiovasc Med* 2020;4:1039

47. Chung J, Kim HL, Lim WH, Seo JB, Zo JH, Kim MA, et al. Double right coronary arteries originated from separate ostia with total occlusive lesion in one of the two right coronary arteries. *J Lipid Atheroscler* 2017;6:97-101
48. Kim JE, Kim KH, Cho JY, Ahn YK, Jeong MH, Cho JG, et al. Myocardial infarction associated with anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery and double right coronary artery. *Korean J Med* 2019;94:215-220
49. Abolbashari M, Kar S, Marmol-Velez A, Ramos-Duran L, Mullins C, Mukherjee D, et al. Double right coronary artery and its clinical significance: review of the literature. *Cardiovasc Revasc Med* 2017;18:632-635
50. Donisan T, Sayed L. Dual ostia right coronary artery: a newly described coronary anomaly. *JACC Cardiovasc Interv* 2021;14:e69-e70
51. Yun G, Nam TH, Chun EJ. Coronary artery fistulas: pathophysiology, imaging findings, and management. *Radiographics* 2018;38:688-703
52. Lim JJ, Jung JI, Lee BY, Lee HG. Prevalence and types of coronary artery fistulas detected with coronary CT angiography. *AJR Am J Roentgenol* 2014;203:W237-W243
53. Boyle S, Jesuthasan LSB, Jenkins C, Challa P, Ranjan S, Dahiya A. Coronary-cameral fistula. *Circ Cardiovasc Imaging* 2019;12:e008691
54. Stierle U, Giannitsis E, Sheikhzadeh A, Potratz J. Myocardial ischemia in generalized coronary artery-left ventricular microfistulae. *Int J Cardiol* 1998;63:47-52
55. Kim H, Beck KS, Choe YH, Jung JI. Coronary-to-pulmonary artery fistula in adults: natural history and management strategies. *Korean J Radiol* 2019;20:1491-1497
56. Kim MS, Jung JI, Chun HJ. Coronary to pulmonary artery fistula: morphologic features at multidetector CT. *Int J Cardiovasc Imaging* 2010;26:273-280
57. Verdini D, Vargas D, Kuo A, Ghoshhajra B, Kim P, Murillo H, et al. Coronary-pulmonary artery fistulas: a systematic review. *J Thorac Imaging* 2016;31:380-390

영상의학과 의사가 꼭 알아야 할 관상동맥기형

이현진 · 김진영*

심장 전산화단층촬영(이하 CT)은 현재 관상동맥기형을 진단하고, 평가하는 가장 정확한 진단 도구로 자리매김하였으며, 심장 CT 촬영 건수가 증가함에 따라 관상동맥기형을 종종 관찰할 수 있다. 본 종설은 관상동맥기형에서 영상의학과 의사들이 꼭 알아야 할 대표적인 기형의 CT 소견들에 대해 다루었다. 관상동맥기형의 종류를 3부분 즉, 기시부, 동맥 내, 그리고 연결 부위로 나누어 설명하였으며, 임상에서 볼 수 있는 대표적인 기형들 중심으로 다루었다. 특히 혈액학적 이상을 유발하거나, 급사의 위험이 있는 기형들의 CT상 위험한 해부학적 소견에 대해서는 자세히 기술하였다.

계명대학교 의과대학 계명대학교 동산병원 영상의학과