

Korean Society of Cardiovascular Imaging Guidelines for Cardiac Computed Tomography¹

대한심장혈관영상의학회 심장 CT 권고안¹

Young Jin Kim, MD^{1,2}, Hwan Seok Yong, MD^{1,3}, Byoung Wook Choi, MD^{1,2}, Yang Min Kim, MD⁴, Yeon Hyeon Choe, MD⁵, Tae-Hwan Lim, MD⁶, Jae Hyung Park, MD⁷, Kyu Ok Choe, MD²

¹Korean Society of Cardiovascular Imaging Guidelines Committee, Seoul, Korea

²Department of Radiology, Yonsei University Health System, Seoul, Korea

³Department of Radiology, Korea University Guro Hospital, Seoul, Korea

⁴Department of Radiology, Sejong Hospital and Sejong Heart Institute, Bucheon, Korea

⁵Department of Radiology, Samsung Medical Center, Seoul, Korea

⁶Department of Radiology, Asan Medical Center, Seoul, Korea

⁷Department of Radiology, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

The Korean Society of Cardiovascular Imaging (KOCISI) has issued a guideline for the use of cardiac CT imaging in order to assist clinicians and patients in providing adequate level of medical service. In order to establish a guideline founded on evidence based medicine, it was designed based on comprehensive data such as questionnaires conducted in international and domestic hospitals, intensive journal reviews, and with experts in cardiac radiology. The recommendations of this guideline should not be used as an absolute standard and medical professionals can always refer to methods non-adherent to this guideline when it is considered more reasonable and beneficial to an individual patient's medical situation. The guideline has its limitation and should be revised appropriately with the advancement medical equipment technology and public health care system. The guideline should not be served as a measure for standard of care. KOCISI strongly disapproves the use of the guideline to be used as the standard of expected practice in medical litigation processes.

Index terms

Cardiac

CT

Computed Tomography

Guideline

Received April 28, 2011; Accepted July 19, 2011

Corresponding author: Hwan Seok Yong, MD
Department of Radiology, Korea University Guro Hospital, 97 Gurodong-gil, Guro-gu, Seoul 152-703, Korea.

Tel. 82-2-2626-1342 Fax. 82-2-863-9282

E-mail: yhwanseok@naver.com

Copyrights © 2011 The Korean Society of Radiology

머리말

대한심장혈관영상의학회는 심장 CT 촬영에 대한 적절한 영상의학수준을 제공하여 심장 CT를 이용하는 의사와 환자에게 도움을 주고자 심장 CT에 대한 권고안을 마련하기로 하였다. 근거중심의학에 기초한 권고안 마련을 위하여 국내 병·의원에 대한 설문조사와 국내외의 문헌조사, 그리고 전문가들의 의견을 참고하였다. 이 권고안의 목적은 심장 CT를 시행하고 관리하는 임상 및 영상학과 의사와 관련된 의료종사자에게 도움을 주어 수준 높은 의료 서비스를 제공하여 궁극적으로 국민 건강 증진에 이바지하고자 함이다.

임상의사나 영상학과 전문의에 의해 결정된 기술이나 의료 행위는 그 특정 상황에 비추어 해석되어야 한다. 이 권고안과 다르다고 해서 일반적인 영상의학 수준보다 못하다는 의미는 아니며, 임상 및 영상학과 의사는 환자의 상태나 임상적 필요

성 등 납득할 만한 이유가 있을 경우 이 권고안과 다른 합리적 결정을 할 수 있다. 이 권고안은 기술의 발전과 의료환경의 변화에 따라 계속 수정되어야 한다. 이 권고안은 의료제공의 법적인 기준을 정하고자 하는 것이 아니며 대한심장혈관영상의학회는 의료행위 또는 임상적인 판단에 대한 법적인 소송에 이 권고안이 사용되는 것은 반대한다.

심장영상의학은 다양한 심장혈관질환의 진단과 치료, 그리고 예방에 있어 매우 중요하며 또한 빠르게 발전하고 있는 분야이다. 특히 MDCT의 비약적인 발전은 심장질환 진단에서 다른 종류의 침습적 부하검사나 심초음파검사 후 침습적관상동맥조영술로 연결되는 과거의 임상진단 순서에 변화를 초래하고 있으며, 기술적인 발전에 따라 CT의 적응증이 점차 확대되고 있다. 최근 우리나라에도 64열 다중검출기 CT (multidetector computed tomography; 이하 MDCT)의 보급이 확대되어 많은 병원에서 심장 CT가 시행되고 있다. 심장 CT의 적절한 사용은 정

상과 비정상적인 해부학 지식과 병태생리 그리고 CT의 원리와 기법에 대한 충분한 이해를 바탕으로 한다. 이 권고안은 성인의 심장 CT에서 표준화된 영상기법을 제공하기 위한 것이다.

심장 CT 검사의 실행

장비의 일반적 기준

1) 심장 CT 검사에는 최소한 16열 이상의 검출기 열을 가지는 MDCT가 추천된다.

(1) 갠트리 회전속도는 최소한 420 msec 이하여야 하며, 되도록 400 msec 이하가 추천된다.

(2) 공간해상도는 최소한 0.75 mm 이하여야 한다.

2) 빠른 속도(4~7 mL/s)로 조영제를 주입하기 위하여 자동주입기(power injector)를 사용해야 하며, 이상 또는 삼상의 조영제 주입을 위하여 듀얼 헤드 주입기(dual-head injector)를 사용하는 것이 좋다(1).

3) 영상 후처리를 위한 소프트웨어는 다면상재구성(multi-planar reformation), 최대강도투사(maximum intensity projection), 체적 입체영상(volume rendering) 등을 만들 수 있어야 한다.

4) 방사선피폭선량을 관리할 수 있도록 각각의 검사마다 적절한 방법으로 기록해야 한다. 하나의 예로 dose-length-product (DLP, mGy*cm)를 팩스(picture archiving and communication system; PACS)에 의학영상전송규격(digital image communication in medicine; DICOM)의 영상으로 저장하는 것이다.

환자 선별과 전처치(2)

1) 환자선별

(1) 일반적인 금기는 조영제에 과민반응이 있는 경우, 협조가 안 되는 경우, 임신, 임상적 징후가 불안정한 경우(급성심근경색, 심한 저혈압 등), 그리고 신부전 등이 있다. 임신 중 흉부에 방사선을 조사하는 CT 검사를 할 때 태아에게 미치는 방사선 조사량은 적은 것으로 알려져 있으나, 저준위 방사선에 의해서도 장기적으로 나쁜 영향을 받을 수 있음을 주지하여야 한다. 또한 조영제 내의 요오드가 태아의 갑상선 기능에 영향을 미칠 수 있다.

(2) 영상의 질을 나쁘게 할 수 있는 환자의 조건으로는 비만, 호흡을 못 참는 경우, 팔을 올리지 못하거나 눕지 못하는 등 적절한 자세를 취하지 못하는 경우, 전처치에 사용되는 약제에 이 금기인 경우, 그리고 부정맥 등이 있다.

2) 검사 전 고려사항

(1) 검사 최소 4시간 전부터 금식하도록 한다.

(2) 카페인이 들어있는 음료나 음식물은 최소 12시간 이전부터 피한다.

(3) 환자가 투약하는 약은 평소대로 먹도록 하고, 특히 고혈압 약은 중지하지 않아야 한다.

(4) 혈관확장제(니트로글리세린 등)를 사용하는 경우 혈관확장을 유발하는 약물(비아그라, 시알리스 등)의 투약은 피한다.

(5) 당뇨약 중 Metformin 제제는 전적으로 신장을 통해 배설되므로 조영제를 사용하는 검사를 할 때에는 투약을 중지하는 것이 좋다.

(6) 조영제에 의한 신기능 저하를 막기 위하여 검사 전까지 충분히 물을 마시도록 하며, 조영제 사용에 대한 부작용을 설명하고 이에 대한 동의서를 작성한다.

(7) 조영제를 사용한 CT 검사에서 조영제유발신병증(contrast-induced nephropathy; CIN)의 위험이 높은 경우는 신기능 저하(GFR < 60 mL/min/m²), 좌심실기능저하(좌심구축률 40% 이하), 당뇨, 고령, 낮은 체질량지수, 탈수, 저혈압, 비스테로이드성 항염증제의 복용 등이다.

(8) 환자의 검사의뢰 이유를 정확히 파악하고 환자에게 검사과정을 설명한다.

(9) 촬영 전 호흡 정지의 중요성에 대해 잘 인식시키고 호흡 정지 연습을 시킨다.

3) 조영제 주입을 위한 정맥주사는 고농도 조영제를 급속 주입해야 하므로 길이가 짧은 20-18 G 카테터를 사용한다. 오른쪽 팔오금정맥(antecubital vein)이 가장 좋으며, 손의 정맥과 중심정맥도관은 가능한 한 피하는 것이 좋다. 팔을 펴지 못하는 환자는 팔오금에 정맥주사를 하면 오히려 카테터가 꺾일 수 있다.

4) 심박동수 조절

(1) 좋은 영상을 얻기 위해 일반적으로 심박동수를 분당 65회 이하로 낮추는 것이 좋다.

(2) 심박동수를 조절하고 검사 도중 심박동수의 변화를 줄이기 위해 일반적으로 베타 차단제를 사용한다.

① 베타 차단제는 대동맥 판막협착, 저혈압, 심부전, 방실차

단, 천식환자에게 사용하면 안 된다.

② 베타 차단제를 사용할 수 없는 환자들에게 칼슘채널 차단제를 사용할 수 있다.

5) 혈관확장제(니트로글리세린 등)

(1) 관상동맥은 직경이 작으므로 혈관확장제가 진단능 향상에 도움을 줄 수 있다.

(2) 저혈압, 초기 심근경색증, 심한 빈혈, 두개압 상승, 약제에 과민 반응이 있거나 다른 혈관확장제를 투약하고 있는 환자들에게는 사용하면 안 된다. 사용 후 혈압저하, 두통 등이 발생할 수 있다.

촬영 변수

1) 피폭선량 조절: 영상의 질은 유지하면서 가능한 한 방사선량을 줄여 촬영하도록 해야 한다(3-7).

(1) 관전압: 높은 관전압을 사용하면 조직 투과성이 증가하여 영상 잡음이 감소한다. 하지만 방사선 조사량의 증가는 관전압 변화의 제곱에 비례하므로 고관전압의 사용은 가급적 피해야 하며, 일반적으로 120 kV의 관전압을 사용한다. 몸무게나 체질량지수가 낮은 환자에서 100 kV의 관전압을 사용하면 방사선 조사량을 30~50% 정도 줄이면서 영상의 질도 유지할 수 있다.

(2) 관전류: 관전류를 증가시키면 영상을 만드는 광전자가 많아지므로 영상잡음이 감소하며, 이에 비례하여 방사선 조사량도 증가한다. 환자의 체구에 따라 적절한 영상의 질을 얻을 수 있을 정도의 관전류를 사용해야 한다.

(3) 심전도 기반 관전류 조절(ECG-based tube current modulation): 후향적 동조화 기법을 사용하는 경우, 영상의 재구성은 대개 이완기 중간이나 수축기 말기에서 한다. 심박수가 낮고 일정하다면 대부분의 경우 이완기에서 좋은 품질의 영상을 재구성할 수 있으므로 수축기에 조사된 방사선을 줄인다면 방사선 조사량을 줄일 수 있다. 이 방법은 심박수가 느리고 일정한 환자에서 심전도에 기반하여 관전류를 특정한 구간(이완기 중간)에서는 최대로 하고 그 외의 구간에서는 가능한 한 줄여 방사선 조사량을 줄이는 기법으로 약 50%까지 조사량을 줄일 수 있다.

(4) 촬영 범위: 방사선 피폭을 최소화하기 위하여 가급적 심장 이외의 과도한 범위를 포함하지 않도록 한다.

(5) 전향적 동조화 기법(Prospective ECG gating): 전향적 동조화는 심주기의 특정한 구간에만 방사선을 조사하는 방법이다. 심박수가 느리고 일정하다면 전향적 동조화로 방사선 조

사량을 90%까지 줄일 수 있다(대개 1~3 mSv). 이 방법의 단점은 방사선이 조사된 특정구간(대개 이완기)의 영상정보만 있어 전체 심주기의 영상을 재구성할 수 없으므로 심실기능 평가에는 사용할 수 없다는 점이다.

(6) 방사선 피폭 감시: 기준이 되는 변수는 CT dose index (CTDI)이지만, 일반적으로 CTDI에 촬영범위를 곱한 DLP (dose length product, mGy*cm)를 사용한다. DLP는 관전압이나 관전류의 변화, 관전류 조절 기법의 사용, 촬영범위 등과 같은 촬영변수 등이 종합적으로 영향을 미치므로 피폭선량 감시에 가장 유용한 지표이다. 하지만 DLP는 추정 방사선량이고 실제 피폭량보다 적을 수 있다는 점을 유념해야 한다.

2) 조영제 사용(8)

(1) 영상의 질은 대조잡음비(contrast-to-noise ratio; CNR)에 의해 좌우되므로 혈관 내강의 농도가 250 HU 이상이 되도록 적절히 조영되어야 한다.

(2) 환자의 몸무게나 순환기 상태 등을 고려하여 조영제 총량, 주입 속도, 주입 시간, 스캔 지연 시간 등을 결정한다.

(3) 조영제 농도: 300 mgI/mL 이상

(4) 조영제 양: 120 mL 이하

(5) 조영제 주입속도: 4 mL/sec 이상

(6) 조영제를 주입한 후 식염수를 추가로 주입(20~40 mL)하면 조영제의 양을 절약하고 균일한 조영증강을 얻을 수 있다.

(7) 조영제 부작용에 적절히 대응하기 위하여 필요한 응급물품들이 즉시 사용 가능하도록 CT실에 비치되어야 하며 정기적으로 점검되어야 한다.

영상 재건 및 후처리

적절한 영상재건창(optimal reconstruction window)의 선택

1) 평균적으로 관상동맥의 움직임이 적은 시기는 이완기중간이고, 심장 박동수가 빠르거나 부정맥이 있는 경우에는 상대적으로 수축기말에 움직임이 적다.

2) 각각의 혈관에 따라 또한 혈관의 위치에 따라 움직임이 가장 적은 시기가 서로 다르기 때문에 전체 관상동맥을 잘 평가하려면 여러 시점의 심장주기에서 재구성한 영상들이 필요할 수 있다.

재구성 변수들

1) 공간 해상도를 높이기 위해 축상영상을 재건할 때 심장을 최대한 포함시키도록 한다(small effective field of view).

2) 영상 재구성 간격(increment)을 30~50% 중첩하여 재구

성하면 좋은 영상을 얻을 수 있다.

3) 일반적으로 관상동맥 협착을 평가하기 위해 중간 정도 변연증강(edge enhancement)으로 영상재건을 하고, 스텐트 개존성을 평가하는 경우에는 강한 변연증강기법으로 영상을 재건한다.

영상의 제작

1) 횡축상 영상, 심장 축을 기준으로 하는 다면상재구성 영상, 관상동맥을 기준으로 하는 곡선다면재구성 영상 및 체적 입체영상 등을 적절히 사용한다.

2) 3 mm 이하의 절편 두께를 권장한다.

심장 CT의 임상적 적용

관상동맥의 평가

관상동맥

1) MDCT의 정확도

(1) 16열 CT의 정확도: 침습적관상동맥조영술과 비교한 16열 CT의 정확도에 대한 메타분석에 의하면 환자를 기준으로 했을 때 16열 CT의 민감도는 95%, 특이도 69%, 양성예측도 79%, 음성예측도 92%였다. 그러나 영상의 질에 있어서 4.4%의 환자에서 진단적인 영상을 얻을 수 없었으며 12%의 관상동맥 분절에서 평가가 불가능하였다(9).

(2) 64열 CT의 정확도: 5개의 메타분석에서 환자를 기준으로 분석하면 민감도 97~99%, 특이도 88~93%, 양성예측도 93~94%, 음성예측도 95~100%였다. 그리고 단 1.9%의 환자와 4%의 관상동맥 분절만이 평가하기 어려웠다(10-14).

(3) 다기관 연구에서 CT의 정확도는 민감도 95~99%, 특이도 64~92%, 양성예측도 64~94%, 음성예측도 97~99%였다. 단일기관연구에 비교해 음성예측도는 높으나 여전히 양성예측도는 낮았다(15-19). 협착의 정도를 더욱 세분화하여 침습적관상동맥조영술과 비교하면 심장 CT는 좀 더 과장되게 평가하는 경향이 있다(20-22).

(4) 유병률에 따른 정확도(23, 24)

정확도는 대상군의 유병률에 의해 영향을 받는다. 유병률이 높은 집단에서는 양성예측도가 높고 음성예측도는 낮다. 환자를 저, 중, 고위험군으로 분류하여 정확도를 분석한 연구들에서 음성예측도는 모든 군에서 높았으나, 고위험군에서는 특이도가 낮고, 저위험군에서는 양성예측도가 낮았다. 이러한 결과는 저위험군과 중위험군에서 관상동맥질환을 배제하는 목적으로 심장 CT를 사용하는 것이 유용하다는 것을 보여준다.

2) 정확도에 영향을 주는 요소(15, 25-31)

(1) 심한 석회화는 영상의 질을 나쁘게 하여 분석 불가능한 관상동맥 분절의 수를 증가시키고 특이도와 양성예측도를 감소시킨다. 이는 석회화가 blooming과 beam hardening artifact를 초래하여 협착의 정도를 과장하기 때문이다.

(2) 높은 심박수는 움직임에 의한 인공물을 야기하고, 불규칙한 심장박동은 계단모양의 인공물을 초래하여 영상의 질을 떨어뜨린다.

(3) 체구가 크거나 비만인 환자에서는 영상의 잡음이 증가하고 관상동맥의 대조도가 감소하여 검사의 정확도가 떨어진다.

3) 임상적 의미(32-35)

(1) 심장 CT에서 관찰되는 50% 이상의 협착이 반드시 기능적으로 심근허혈을 의미하는 것은 아니다.

(2) 심근분획혈류 예비력(fractional flow reserve)과 비교한 연구에서 심장 CT에서 관찰된 50% 이상의 협착 중 18%만이 부하유발 심근허혈과 관계가 있었다.

(3) 심근관류영상(SPECT)과 비교한 연구들에서 심장 CT에서 관찰된 50% 이상의 협착 중 36~67%만이 심근허혈과 관계가 있었다.

4) 동맥경화반의 평가(36-46)

(1) 혈관내초음파검사(intravascular ultrasound; 이하 IVUS)와 비교한 연구에서 동맥경화반을 발견하는 데 있어 CT의 정확도는 관상동맥질환이 의심되는 환자군에서는 높지만 유병률이 낮은 군에서는 정확도가 낮았다.

(2) 경화반의 부피 측정에 있어서는 CT가 IVUS에 비해 비석회화 경화반의 부피는 보다 작게, 석회화 경화반의 부피는 보다 크게 측정하는 경향이 있다는 보고들이 많았으나, CT의 해상도가 좋아짐에 따라 IVUS와의 일치도가 더 높게 보고되고 있다.

(3) CT로 경화반의 특징을 알아본 연구에서 급성관동맥증후군 환자에서는 양성리모델링, 저음영, 점 모양의 석회화 등을 보이는 경화반이 많다고 하였다. 그러나 CT는 석회화가 없는 경화반을 섬유성, 섬유지방성, 그리고 괴사성 경화반 등으로 구별하는 것에는 부정확하다고 하였다.

스텐트(47-57)

1) 여러 연구에서 64열 CT가 스텐트 내 재협착을 배제하는 음성예측도가 89~100%라고 하였다. 그러나 양성예측도는 39~100% 정도로 범위가 넓고, 또한 평가 불가능한 경우가 0~42%로 평균적으로 11.8%는 평가에서 제외되었다.

2) 여러 요인이 스텐트의 평가에 영향을 주나, 특히 직경 3 mm

이하의 가느다란 스텐트는 많은 경우 평가 불가능하였다.

관상동맥우회도관(58-65)

1) 관상동맥우회도관은 대개 덜 움직이고, 석회화가 적으며, 정맥도관의 경우 직경이 크기 때문에 CT로 평가하기에 용이하여 대부분의 연구에서 높은 정확도를 보고하였다.

2) 말단부 문합 부위의 협착을 평가하는 것이 상대적으로 어려우며, 특히 동맥도관에서 수술용 금속클립이 있는 경우 정확도가 낮다.

3) 임상적으로 수술 후 흉통이 재발된 경우에는 우회로술을 하지 않은 관상동맥의 상태와 도관을 문합한 말단부 관상동맥의 상태를 평가하는 것이 중요하데, CT는 이러한 부위를 평가하는 데 제한이 있다.

관상동맥기형(66-69)

CT는 3차원 영상정보를 가지기 때문에 비정상적인 관상동맥의 주행뿐 아니라 주변 구조물과의 관계까지 정확하게 보여 줄 수 있다.

관상동맥 이외의 심장의 평가

심장

1) 심실(70-76)

(1) 심실기능을 평가하는 데 있어 CT는 심초음파, 심실조영술, SPECT 그리고 심장 MRI와 좋은 일치도를 보여준다.

(2) 그러나 급성심근경색이나 심부전환자에서 심실기능을 평가하기 위한 목적으로 일차적 검사로 사용하는 것은 권장하지 않는다.

2) 심방과 폐정맥, 심장정맥(77-86)

(1) 최근 심방세동에 대한 전기소작술이 유용한 치료법으로 인정받고 있다. 이러한 시술 전 좌심방과 근위부 폐정맥의 3차원적 위치, 그리고 주변 구조물과의 관계를 CT를 이용하여 정확하게 평가할 수 있다.

(2) 심장재동기화치료(cardiac resynchronization therapy)에서 좌심실 쪽에 위치시킬 전극을 관상정맥동이나 그 분지 정맥에 삽입하여야 하는데, 이러한 시술 전 CT를 이용하여 심장정맥의 정확한 3차원 구조를 평가할 수 있다.

판막(87-96)

1) 많은 연구에서 CT를 이용하여 면적으로 측정된 대동맥판막 협착이나 역류의 정도가 심초음파와 심장자기공명영상으로 측정된 협착이나 역류의 정도와 높은 상관관계를 보였다.

2) 한 연구에서 CT를 이용하여 면적으로 측정된 이첨판역류의 정도가 경식도심초음파와 카테터심실조영술로 측정된 역류 정도와 높은 상관관계를 보였다.

심장기형(97, 98)

1) 심박동기나 심세동기를 삽입한 환자에게는 자기공명영상 검사를 할 수 없으므로 CT가 유용하다.

2) 성인이나 이전에 수술한 환자의 심장기형을 검사할 때에는 심초음파의 검사창이 제한되어 CT가 유용하다.

3) CT는 대동맥궁, 관상동맥, 폐동맥분지, 다양한 측부혈관, 그리고 기도의 동반된 이상을 동시에 검사할 수 있다.

심장 외 이상소견(99-101)

1) 심초음파검사, 핵의학검사 그리고 관상동맥조영술과 달

Table 1. 심장 CT의 임상적 유용성(102-107)

<ul style="list-style-type: none"> • 흉통이 있는 환자에서 관상동맥질환에 대한 검사 전 위험도가 중등도인 경우, 부하검사 결과가 분명하지 않거나 부하검사를 시행할 수 없을 경우, 운동부하검사 결과가 정상이지만 증상이 지속되는 경우, 부하영상검사가 정상이지만 흉통이 새로 발생하거나 악화된 경우 • 급성 흉통 환자에서 관상동맥질환에 대한 검사 전 위험도가 저위험도 또는 중등도 위험도이면서 심전도나 혈액검사 결과가 음성이거나 불분명한 경우 • 흉통이 있는 환자가 이전 관상동맥석회수치 검사에서 400 이하의 석회화가 있다고 진단받은 경우 • 관상동맥기형, 복잡한 심기형, 심종양, 심낭막 질환 등과 같은 심장 내외의 구조 이상을 평가하는 경우 • 최근 새롭게 병발한 심부전 환자의 원인을 감별해야 하는 경우 • 심부정맥 치료를 위한 중재적 시술 전 폐정맥이나 심(관상)정맥의 해부학적 구조를 평가하는 경우 • 관상동맥 우회술을 받은 환자에서 흉통이 발생했을 때 우회로의 개통여부를 평가하는 경우 • 관상동맥 이외의 심장수술을 하기 전에 관상동맥질환을 배제하기 위한 경우 또는 심흉부의 재수술 전 심장과 주위의 해부학적 구조를 평가하는 경우 • 심초음파나 자기공명영상 기술적으로 제한적일 때 심근경색이나 심부전 환자에서 좌심실 기능을 평가하거나, 심장판막 및 인공판막을 평가하기 위한 경우 • 우심실의 형태 및 기능을 평가하기 위한 경우

리 CT는 심장 외 폐, 종격동, 폐혈관, 흉벽, 상복부의 이상소견을 보여준다.

2) 연구자마다 의미있는 심장 외 이상소견의 정의를 달리하여 보고하였지만, 추적검사나 다른 추가적인 검사가 필요한 부가적인 소견이 4.2~22.7% 정도로 흔하다고 하였다.

3) 심장주변에 국한된 좁은 영역으로 영상을 재구성하면 전체 폐의 35.5%만이 포함되나 넓은 영역으로 재구성하면 70.3%가 포함되어 놓칠 수 있는 부가적인 소견을 줄일 수 있다고 하였다.

4) 조영제 주입 전에 전체 흉곽을 모두 포함하는 영역을 찍으면 조영제를 주입한 후 찍는 검사의 영역을 최소화하는데 조영제 주입 전 검사를 사용할 수 있어 유용하다는 보고도 있다.

참고문헌

1. Kerl JM, Ravenel JG, Nguyen SA, Suranyi P, Thilo C, Costello P, et al. Right heart: split-bolus injection of diluted contrast medium for visualization at coronary CT angiography. *Radiology* 2008;247:356-364
2. Jacobs JE, Boxt LM, Desjardins B, Fishman EK, Larson PA, Schoepf J; American College of Radiology. ACR practice guideline for the performance and interpretation of cardiac computed tomography (CT). *J Am Coll Radiol* 2006; 3:677-685
3. Shuman WP, Branch KR, May JM, Mitsumori LM, Lockhart DW, Dubinsky TJ, et al. Prospective versus retrospective ECG gating for 64-detector CT of the coronary arteries: comparison of image quality and patient radiation dose. *Radiology* 2008;248:431-437
4. Earls JP, Berman EL, Urban BA, Curry CA, Lane JL, Jennings RS, et al. Prospectively gated transverse coronary CT angiography versus retrospectively gated helical technique: improved image quality and reduced radiation dose. *Radiology* 2008;246:742-753
5. Hausleiter J, Meyer T, Hadamitzky M, Huber E, Zankl M, Martinoff S, et al. Radiation dose estimates from cardiac multislice computed tomography in daily practice: impact of different scanning protocols on effective dose estimates. *Circulation* 2006;113:1305-1310
6. Schoepf UJ, Zwerner PL, Savino G, Herzog C, Kerl JM, Costello P. Coronary CT angiography. *Radiology* 2007; 244:48-63

7. Siegel MJ, Schmidt B, Bradley D, Suess C, Hildebolt C. Radiation dose and image quality in pediatric CT: effect of technical factors and phantom size and shape. *Radiology* 2004;233:515-522
8. ASCI CCT & CMR Guideline Working Group, Jinzaki M, Kitagawa K, Tsai IC, Chan C, Yu W, Yong HS, et al. ASCI 2010 contrast media guideline for cardiac imaging: a report of the Asian Society of Cardiovascular Imaging cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging guideline working group. *Int J Cardiovasc Imaging* 2010;26:203-212
9. Hamon M, Morello R, Riddell JW, Hamon M. Coronary arteries: diagnostic performance of 16- versus 64-section spiral CT compared with invasive coronary angiography--meta-analysis. *Radiology* 2007;245:720-731
10. Vanhoenacker PK, Heijnenbroek-Kal MH, Van Heste R, Decramer I, Van Hoe LR, Wijns W, et al. Diagnostic performance of multidetector CT angiography for assessment of coronary artery disease: meta-analysis. *Radiology* 2007;244:419-428
11. Sun Z, Lin C, Davidson R, Dong C, Liao Y. Diagnostic value of 64-slice CT angiography in coronary artery disease: a systematic review. *Eur J Radiol* 2008;67:78-84
12. Stein PD, Yaekoub AY, Matta F, Sostman HD. 64-slice CT for diagnosis of coronary artery disease: a systematic review. *Am J Med* 2008;121:715-725
13. Mowatt G, Cook JA, Hillis GS, Walker S, Fraser C, Jia X, et al. 64-Slice computed tomography angiography in the diagnosis and assessment of coronary artery disease: systematic review and meta-analysis. *Heart* 2008;94:1386-1393
14. Hausleiter J, Meyer T, Hadamitzky M, Zankl M, Gerein P, Dörrler K, et al. Non-invasive coronary computed tomographic angiography for patients with suspected coronary artery disease: the Coronary Angiography by Computed Tomography with the Use of a Submillimeter resolution (CACTUS) trial. *Eur Heart J* 2007;28:3034-3041
15. Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, Gitter M, Sutherland J, Halamert E, et al. Diagnostic performance of 64-multi-detector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from

- the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:1724-1732
16. Maffei E, Palumbo A, Martini C, Meijboom W, Tedeschi C, Spagnolo P, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography in a large population of patients without revascularisation: registry data and review of multicentre trials. *Radiol Med* 2010; 115:368-384
 17. Marano R, De Cobelli F, Floriani I, Becker C, Herzog C, Centonze M, et al. Italian multicenter, prospective study to evaluate the negative predictive value of 16- and 64-slice MDCT imaging in patients scheduled for coronary angiography (NIMISCAD-Non Invasive Multicenter Italian Study for Coronary Artery Disease). *Eur Radiol* 2009;19:1114-1123
 18. Meijboom WB, Meijs MF, Schuijf JD, Cramer MJ, Mollet NR, van Mieghem CA, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography: a prospective, multicenter, multivendor study. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:2135-2144
 19. Miller JM, Dewey M, Vavere AL, Rochitte CE, Niinuma H, Arbab-Zadeh A, et al. Coronary CT angiography using 64 detector rows: methods and design of the multi-centre trial CORE-64. *Eur Radiol* 2009;19:816-828
 20. Leber AW, Johnson T, Becker A, von Ziegler F, Tittus J, Nikolaou K, et al. Diagnostic accuracy of dual-source multi-slice CT-coronary angiography in patients with an intermediate pretest likelihood for coronary artery disease. *Eur Heart J* 2007;28:2354-2360
 21. Busch S, Johnson TR, Nikolaou K, von Ziegler F, Knez A, Reiser MF, et al. Visual and automatic grading of coronary artery stenoses with 64-slice CT angiography in reference to invasive angiography. *Eur Radiol* 2007;17:1445-1451
 22. Husmann L, Gaemperli O, Schepis T, Scheffel H, Valenta I, Hoefflinghaus T, et al. Accuracy of quantitative coronary angiography with computed tomography and its dependency on plaque composition: plaque composition and accuracy of cardiac CT. *Int J Cardiovasc Imaging* 2008; 24:895-904
 23. Husmann L, Schepis T, Scheffel H, Gaemperli O, Leschka S, Valenta I, et al. Comparison of diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography in patients with low, intermediate, and high cardiovascular risk. *Acad Radiol* 2008;15:452-461
 24. Meijboom WB, van Mieghem CA, Mollet NR, Pugliese F, Weustink AC, van Pelt N, et al. 64-slice computed tomography coronary angiography in patients with high, intermediate, or low pretest probability of significant coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2007;50:1469-1475
 25. Ong TK, Chin SP, Liew CK, Chan WL, Seyfarth MT, Liew HB, et al. Accuracy of 64-row multidetector computed tomography in detecting coronary artery disease in 134 symptomatic patients: influence of calcification. *Am Heart J* 2006;151:1323
 26. Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW, Goldstein JA. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2005;46:552-557
 27. Musto C, Simon P, Nicol E, Tanigawa J, Davies SW, Oldershaw PJ, et al. 64-multislice computed tomography in consecutive patients with suspected or proven coronary artery disease: initial single center experience. *Int J Cardiol* 2007;114:90-97
 28. Brodoefel H, Reimann A, Burgstahler C, Schumacher F, Herberts T, Tsiflikas I, et al. Noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography in an unselected patient collective: effect of heart rate, heart rate variability and coronary calcifications on image quality and diagnostic accuracy. *Eur J Radiol* 2008;66: 134-141
 29. Stolzmann P, Scheffel H, Leschka S, Plass A, Baumüller S, Marincek B, et al. Influence of calcifications on diagnostic accuracy of coronary CT angiography using prospective ECG triggering. *AJR Am J Roentgenol* 2008;191: 1684-1689
 30. Leschka S, Wildermuth S, Boehm T, Desbiolles L, Husmann L, Plass A, et al. Noninvasive coronary angiography with 64-section CT: effect of average heart rate and heart rate variability on image quality. *Radiology* 2006; 241:378-385
 31. Leschka S, Scheffel H, Husmann L, Gämperli O, Marincek B, Kaufmann PA, et al. Effect of decrease in heart rate

- variability on the diagnostic accuracy of 64-MDCT coronary angiography. *AJR Am J Roentgenol* 2008;190:1583-1590
32. Meijboom WB, Van Mieghem CA, van Pelt N, Weustink A, Pugliese F, Mollet NR, et al. Comprehensive assessment of coronary artery stenoses: computed tomography coronary angiography versus conventional coronary angiography and correlation with fractional flow reserve in patients with stable angina. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:636-643
 33. Gaemperli O, Schepis T, Valenta I, Koepfli P, Husmann L, Scheffel H, et al. Functionally relevant coronary artery disease: comparison of 64-section CT angiography with myocardial perfusion SPECT. *Radiology* 2008;248:414-423
 34. Schuijf JD, Wijns W, Jukema JW, Atsma DE, de Roos A, Lamb HJ, et al. Relationship between noninvasive coronary angiography with multi-slice computed tomography and myocardial perfusion imaging. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:2508-2514
 35. Scholte AJ, Schuijf JD, Kharagjitsingh AV, Dibbets-Schneider P, Stokkel MP, Jukema JW, et al. Different manifestations of coronary artery disease by stress SPECT myocardial perfusion imaging, coronary calcium scoring, and multislice CT coronary angiography in asymptomatic patients with type 2 diabetes mellitus. *J Nucl Cardiol* 2008;15:503-509
 36. Sun J, Zhang Z, Lu B, Yu W, Yang Y, Zhou Y, et al. Identification and quantification of coronary atherosclerotic plaques: a comparison of 64-MDCT and intravascular ultrasound. *AJR Am J Roentgenol* 2008;190:748-754
 37. Gregory SA, Ferencik M, Achenbach S, Yeh RW, Hoffmann U, Inglessis I, et al. Comparison of sixty-four-slice multidetector computed tomographic coronary angiography to coronary angiography with intravascular ultrasound for the detection of transplant vasculopathy. *Am J Cardiol* 2006;98:877-884
 38. Leber AW, Knez A, von Ziegler F, Becker A, Nikolaou K, Paul S, et al. Quantification of obstructive and nonobstructive coronary lesions by 64-slice computed tomography: a comparative study with quantitative coronary angiography and intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 2005;46:147-154
 39. Hoffmann U, Moselewski F, Nieman K, Jang IK, Ferencik M, Rahman AM, et al. Noninvasive assessment of plaque morphology and composition in culprit and stable lesions in acute coronary syndrome and stable lesions in stable angina by multidetector computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1655-1662
 40. Huang WC, Wu MT, Chiou KR, Mar GY, Hsiao SH, Lin SK, et al. Assessing culprit lesions and active complex lesions in patients with early acute myocardial infarction by multidetector computed tomography. *Circ J* 2008;72:1806-1813
 41. Nakazawa G, Tanabe K, Onuma Y, Yachi S, Aoki J, Yamamoto H, et al. Efficacy of culprit plaque assessment by 64-slice multidetector computed tomography to predict transient no-reflow phenomenon during percutaneous coronary intervention. *Am Heart J* 2008;155:1150-1157
 42. Motoyama S, Kondo T, Sarai M, Sugiura A, Harigaya H, Sato T, et al. Multislice computed tomographic characteristics of coronary lesions in acute coronary syndromes. *J Am Coll Cardiol* 2007;50:319-326
 43. Motoyama S, Sarai M, Harigaya H, Anno H, Inoue K, Hara T, et al. Computed tomographic angiography characteristics of atherosclerotic plaques subsequently resulting in acute coronary syndrome. *J Am Coll Cardiol* 2009;54:49-57
 44. Tanaka A, Shimada K, Yoshida K, Jissyo S, Tanaka H, Sakamoto M, et al. Non-invasive assessment of plaque rupture by 64-slice multidetector computed tomography--comparison with intravascular ultrasound. *Circ J* 2008;72:1276-1281
 45. Choi BJ, Kang DK, Tahk SJ, Choi SY, Yoon MH, Lim HS, et al. Comparison of 64-slice multidetector computed tomography with spectral analysis of intravascular ultrasound backscatter signals for characterizations of non-calcified coronary arterial plaques. *Am J Cardiol* 2008;102:988-993
 46. Dey D, Schepis T, Marwan M, Slomka PJ, Berman DS, Achenbach S. Automated three-dimensional quantification of noncalcified coronary plaque from coronary CT angiography: comparison with intravascular US. *Radiology* 2010;257:516-522
 47. Hecht HS, Zaric M, Jelnin V, Lubarsky L, Prakash M, Roubin G. Usefulness of 64-detector computed tomographic

- angiography for diagnosing in-stent restenosis in native coronary arteries. *Am J Cardiol* 2008;101:820-824
48. Carrabba N, Bamoshmoosh M, Carusi LM, Parodi G, Valenti R, Migliorini A, et al. Usefulness of 64-slice multidetector computed tomography for detecting drug eluting in-stent restenosis. *Am J Cardiol* 2007;100:1754-1758
 49. Carbone I, Francone M, Algeri E, Granatelli A, Napoli A, Kirchin MA, et al. Non-invasive evaluation of coronary artery stent patency with retrospectively ECG-gated 64-slice CT angiography. *Eur Radiol* 2008;18:234-243
 50. Das KM, El-Menyar AA, Salam AM, Singh R, Dabdoob WA, Albinali HA, et al. Contrast-enhanced 64-section coronary multidetector CT angiography versus conventional coronary angiography for stent assessment. *Radiology* 2007;245:424-432
 51. Schuijf JD, Pundziute G, Jukema JW, Lamb HJ, Tuinenburg JC, van der Hoeven BL, et al. Evaluation of patients with previous coronary stent implantation with 64-section CT. *Radiology* 2007;245:416-423
 52. Oncel D, Oncel G, Karaca M. Coronary stent patency and in-stent restenosis: determination with 64-section multidetector CT coronary angiography--initial experience. *Radiology* 2007;242:403-409
 53. Rixe J, Achenbach S, Ropers D, Baum U, Kuettner A, Ropers U, et al. Assessment of coronary artery stent restenosis by 64-slice multi-detector computed tomography. *Eur Heart J* 2006;27:2567-2572
 54. Cademartiri F, Schuijf JD, Pugliese F, Mollet NR, Jukema JW, Maffei E, et al. Usefulness of 64-slice multislice computed tomography coronary angiography to assess in-stent restenosis. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:2204-2210
 55. Ehara M, Kawai M, Surmely JF, Matsubara T, Terashima M, Tsuchikane E, et al. Diagnostic accuracy of coronary in-stent restenosis using 64-slice computed tomography: comparison with invasive coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:951-959
 56. Rist C, von Ziegler F, Nikolaou K, Kirchin MA, Wintersperger BJ, Johnson TR, et al. Assessment of coronary artery stent patency and restenosis using 64-slice computed tomography. *Acad Radiol* 2006;13:1465-1473
 57. Sun Z, Davidson R, Lin CH. Multi-detector row CT angiography in the assessment of coronary in-stent restenosis: a systematic review. *Eur J Radiol* 2009;69:489-495
 58. Malagutti P, Nieman K, Meijboom WB, van Mieghem CA, Pugliese F, Cademartiri F, et al. Use of 64-slice CT in symptomatic patients after coronary bypass surgery: evaluation of grafts and coronary arteries. *Eur Heart J* 2007;28:1879-1885
 59. Pache G, Saueressig U, Frydrychowicz A, Foell D, Ghanem N, Kotter E, et al. Initial experience with 64-slice cardiac CT: non-invasive visualization of coronary artery bypass grafts. *Eur Heart J* 2006;27:976-980
 60. Dijkers R, Willems TP, Tio RA, Anthonio RL, Zijlstra F, Oudkerk M. The benefit of 64-MDCT prior to invasive coronary angiography in symptomatic post-CABG patients. *Int J Cardiovasc Imaging* 2007;23:369-377
 61. Ropers D, Pohle FK, Kuettner A, Pflederer T, Anders K, Daniel WG, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography in patients after bypass surgery using 64-slice spiral computed tomography with 330-ms gantry rotation. *Circulation* 2006;114:2334-2341
 62. Meyer TS, Martinoff S, Hadamitzky M, Will A, Kastrati A, Schömig A, et al. Improved noninvasive assessment of coronary artery bypass grafts with 64-slice computed tomographic angiography in an unselected patient population. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:946-950
 63. Jabara R, Chronos N, Klein L, Eisenberg S, Allen R, Bradford S, et al. Comparison of multidetector 64-slice computed tomographic angiography to coronary angiography to assess the patency of coronary artery bypass grafts. *Am J Cardiol* 2007;99:1529-1534
 64. Onuma Y, Tanabe K, Chihara R, Yamamoto H, Miura Y, Kigawa I, et al. Evaluation of coronary artery bypass grafts and native coronary arteries using 64-slice multidetector computed tomography. *Am Heart J* 2007;154:519-526
 65. Feuchtner GM, Schachner T, Bonatti J, Friedrich GJ, Soegner P, Klauser A, et al. Diagnostic performance of 64-slice computed tomography in evaluation of coronary artery bypass grafts. *AJR Am J Roentgenol* 2007;189:574-580
 66. Datta J, White CS, Gilkeson RC, Meyer CA, Kansal S, Jani ML, et al. Anomalous coronary arteries in adults: depiction at multi-detector row CT angiography. *Radiology* 2005;235:812-818
 67. Duran C, Kantarci M, Durur Subasi I, Gulbaran M, Sevimli

- S, Bayram E, et al. Remarkable anatomic anomalies of coronary arteries and their clinical importance: a multi-detector computed tomography angiographic study. *J Comput Assist Tomogr* 2006;30:939-948
68. 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
69. Schmid M, Achenbach S, Ludwig J, Baum U, Anders K, Pohle K, et al. Visualization of coronary artery anomalies by contrast-enhanced multi-detector row spiral computed tomography. *Int J Cardiol* 2006;111:430-435
70. van der Vleuten PA, Willems TP, Götte MJ, Tio RA, Greuter MJ, Zijlstra F, et al. Quantification of global left ventricular function: comparison of multidetector computed tomography and magnetic resonance imaging. A meta-analysis and review of the current literature. *Acta Radiol* 2006;47:1049-1057
71. Schlosser T, Mohrs OK, Magedanz A, Voigtländer T, Schermund A, Barkhausen J. Assessment of left ventricular function and mass in patients undergoing computed tomography (CT) coronary angiography using 64-detector-row CT: comparison to magnetic resonance imaging. *Acta Radiol* 2007;48:30-35
72. van der Vleuten PA, de Jonge GJ, Lubbers DD, Tio RA, Willems TP, Oudkerk M, et al. Evaluation of global left ventricular function assessment by dual-source computed tomography compared with MRI. *Eur Radiol* 2009;19:271-277
73. Plumhans C, Mühlenbruch G, Rapae A, Sim KH, Seyfarth T, Günther RW, et al. Assessment of global right ventricular function on 64-MDCT compared with MRI. *AJR Am J Roentgenol* 2008;190:1358-1361
74. Remy-Jardin M, Delhaye D, Teisseire A, Hossein-Foucher C, Duhamel A, Remy J. MDCT of right ventricular function: impact of methodologic approach in estimation of right ventricular ejection fraction, part 2. *AJR Am J Roentgenol* 2006;187:1605-1609
75. Delhaye D, Remy-Jardin M, Teisseire A, Hossein-Foucher C, Leroy S, Duhamel A, et al. MDCT of right ventricular function: comparison of right ventricular ejection fraction estimation and equilibrium radionuclide ventriculography, part 1. *AJR Am J Roentgenol* 2006;187:1597-1604
76. Doğan H, Kroft LJ, Huisman MV, van der Geest RJ, de Roos A. Right ventricular function in patients with acute pulmonary embolism: analysis with electrocardiography-synchronized multi-detector row CT. *Radiology* 2007;242:78-84
77. Schwartzman D, Lacomis J, Wigginton WG. Characterization of left atrium and distal pulmonary vein morphology using multidimensional computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:1349-1357
78. Cronin P, Sneider MB, Kazerooni EA, Kelly AM, Scharf C, Oral H, et al. MDCT of the left atrium and pulmonary veins in planning radiofrequency ablation for atrial fibrillation: a how-to guide. *AJR Am J Roentgenol* 2004;183:767-778
79. Lemola K, Sneider M, Desjardins B, Case I, Han J, Good E, et al. Computed tomographic analysis of the anatomy of the left atrium and the esophagus: implications for left atrial catheter ablation. *Circulation* 2004;110:3655-3660
80. Tops LF, Bax JJ, Zeppenfeld K, Jongbloed MR, Lamb HJ, van der Wall EE, et al. Fusion of multislice computed tomography imaging with three-dimensional electroanatomic mapping to guide radiofrequency catheter ablation procedures. *Heart Rhythm* 2005;2:1076-1081
81. Kistler PM, Earley MJ, Harris S, Abrams D, Ellis S, Sporton SC, et al. Validation of three-dimensional cardiac image integration: use of integrated CT image into electroanatomic mapping system to perform catheter ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2006;17:341-348
82. Lacomis JM, Goitein O, Deible C, Schwartzman D. CT of the pulmonary veins. *J Thorac Imaging* 2007;22:63-76
83. Jongbloed MR, Bax JJ, Lamb HJ, Dirksen MS, Zeppenfeld K, van der Wall EE, et al. Multislice computed tomography versus intracardiac echocardiography to evaluate the pulmonary veins before radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation: a head-to-head comparison. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:343-350
84. Marsan NA, Tops LF, Holman ER, Van de Veire NR, Zeppenfeld K, Boersma E, et al. Comparison of left atrial volumes and function by real-time three-dimensional echocardiography in patients having catheter ablation

- for atrial fibrillation with persistence of sinus rhythm versus recurrent atrial fibrillation three months later. *Am J Cardiol* 2008;102:847-853
85. Jongbloed MR, Lamb HJ, Bax JJ, Schuijf JD, de Roos A, van der Wall EE, et al. Noninvasive visualization of the cardiac venous system using multislice computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:749-753
 86. Van de Veire NR, Marsan NA, Schuijf JD, Bleecker GB, Wijffels MC, van Erven L, et al. Noninvasive imaging of cardiac venous anatomy with 64-slice multi-slice computed tomography and noninvasive assessment of left ventricular dyssynchrony by 3-dimensional tissue synchronization imaging in patients with heart failure scheduled for cardiac resynchronization therapy. *Am J Cardiol* 2008; 101:1023-1029
 87. Feuchtner GM, Dichtl W, Friedrich GJ, Frick M, Alber H, Schachner T, et al. Multislice computed tomography for detection of patients with aortic valve stenosis and quantification of severity. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1410-1417
 88. Feuchtner GM, Müller S, Bonatti J, Schachner T, Velik-Salchner C, Pachinger O, et al. Sixty-four slice CT evaluation of aortic stenosis using planimetry of the aortic valve area. *AJR Am J Roentgenol* 2007;189:197-203
 89. Alkadhi H, Wildermuth S, Plass A, Bettex D, Baumert B, Leschka S, et al. Aortic stenosis: comparative evaluation of 16-detector row CT and echocardiography. *Radiology* 2006;240:47-55
 90. Tanaka H, Shimada K, Yoshida K, Jissho S, Yoshikawa J, Yoshiyama M. The simultaneous assessment of aortic valve area and coronary artery stenosis using 16-slice multidetector-row computed tomography in patients with aortic stenosis comparison with echocardiography. *Circ J* 2007;71:1593-1598
 91. Habis M, Daoud B, Roger VL, Ghostine S, Caussin C, Ramadan R, et al. Comparison of 64-slice computed tomography planimetry and Doppler echocardiography in the assessment of aortic valve stenosis. *J Heart Valve Dis* 2007;16:216-224
 92. Bouvier E, Logeart D, Sablayrolles JL, Feignoux J, Scheublé C, Touche T, et al. Diagnosis of aortic valvular stenosis by multislice cardiac computed tomography. *Eur Heart J* 2006;27:3033-3038
 93. Feuchtner GM, Dichtl W, Müller S, Jodocy D, Schachner T, Klauser A, et al. 64-MDCT for diagnosis of aortic regurgitation in patients referred to CT coronary angiography. *AJR Am J Roentgenol* 2008;191:W1-W7
 94. Jassal DS, Shapiro MD, Neilan TG, Chaithiraphan V, Ferencik M, Teague SD, et al. 64-slice multidetector computed tomography (MDCT) for detection of aortic regurgitation and quantification of severity. *Invest Radiol* 2007;42:507-512
 95. Alkadhi H, Desbiolles L, Husmann L, Plass A, Leschka S, Scheffel H, et al. Aortic regurgitation: assessment with 64-section CT. *Radiology* 2007;245:111-121
 96. Alkadhi H, Wildermuth S, Bettex DA, Plass A, Baumert B, Leschka S, et al. Mitral regurgitation: quantification with 16-detector row CT--initial experience. *Radiology* 2006; 238:454-463
 97. Cook SC, Dyke PC 2nd, Raman SV. Management of adults with congenital heart disease with cardiovascular computed tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2008; 2:12-22
 98. Nicol ED, Gatzoulis M, Padley SP, Rubens M. Assessment of adult congenital heart disease with multi-detector computed tomography: beyond coronary lumenography. *Clin Radiol* 2007;62:518-527
 99. Haller S, Kaiser C, Buser P, Bongartz G, Bremerich J. Coronary artery imaging with contrast-enhanced MDCT: extracardiac findings. *AJR Am J Roentgenol* 2006;187:105-110
 100. Kim TJ, Han DH, Jin KN, Won Lee K. Lung cancer detected at cardiac CT: prevalence, clinicoradiologic features, and importance of full-field-of-view images. *Radiology* 2010;255:369-376
 101. Kim JW, Kang EY, Yong HS, Kim YK, Woo OH, Oh YW, et al. Incidental extracardiac findings at cardiac CT angiography: comparison of prevalence and clinical significance between precontrast low-dose whole thoracic scan and postcontrast retrospective ECG-gated cardiac scan. *Int J Cardiovasc Imaging* 2009;25 Suppl 1:75-81
 102. ASCI CCT & CMR Guideline Working Group, Tsai IC, Choi BW, Chan C, Jinzaki M, Kitagawa K, Yong HS, et al. ASCI 2010 appropriateness criteria for cardiac computed to-

- mography: a report of the Asian Society of Cardiovascular Imaging Cardiac Computed Tomography and Cardiac Magnetic Resonance Imaging Guideline Working Group. *Int J Cardiovasc Imaging* 2010;26 Suppl 1:1-15
103. Hendel RC, Patel MR, Kramer CM, Poon M, Hendel RC, Carr JC, et al. ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR 2006 appropriateness criteria for cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging: a report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group, American College of Radiology, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, American Society of Nuclear Cardiology, North American Society for Cardiac Imaging, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Interventional Radiology. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:1475-1497
104. Poon M, Rubin GD, Achenbach S, Attebery TW, Berman DS, Brady TJ, et al. Consensus update on the appropriate usage of cardiac computed tomographic angiography. *J Invasive Cardiol* 2007;19:484-490
105. Schroeder S, Achenbach S, Bengel F, Burgstahler C, Cademartiri F, de Feyter P, et al. Cardiac computed tomography: indications, applications, limitations, and training requirements: report of a Writing Group deployed by the Working Group Nuclear Cardiology and Cardiac CT of the European Society of Cardiology and the European Council of Nuclear Cardiology. *Eur Heart J* 2008;29:531-556
106. Dennie CJ, Leipsic J, Brydie A; Canadian Association of Radiologists. Canadian Association of Radiologists: Consensus Guidelines and Standards for Cardiac CT. *Can Assoc Radiol J* 2009;60:19-34
107. Taylor AJ, Cerqueira M, Hodgson JM, Mark D, Min J, O'Gara P, et al. ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/NASCI/SCAI/SCMR 2010 appropriate use criteria for cardiac computed tomography. A report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, the Society of Cardiovascular Computed Tomography, the American College of Radiology, the American Heart Association, the American Society of Echocardiography, the American Society of Nuclear Cardiology, the North American Society for Cardiovascular Imaging, the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Coll Cardiol* 2010;56:1864-1894

대한심장혈관영상의학회 심장 CT 권고안¹

김영진^{1,2} · 용환석^{1,3} · 최병욱^{1,2} · 김양민⁴ · 최연현⁵ · 임태현⁶ · 박재형⁷ · 최규옥²

대한심장혈관영상의학회는 심장 CT 촬영에 대한 적절한 영상의학수준을 제공하여 심장 CT를 이용하는 의사와 환자에게 도움을 주고자 심장 CT에 대한 권고안을 마련하였다. 근거중심의학에 기초한 권고안 마련을 위하여 국내 병·의원에 대한 설문조사와 국내외의 문헌조사, 그리고 전문가들의 의견을 참고하였다. 이 권고안과 다르다고 해서 일반적인 영상의학 수준보다 못하다는 의미는 아니며, 임상 및 영상학과 의사는 환자의 상태나 임상적 필요성 등 납득할 만한 이유가 있을 경우 이 권고안과 다른 합리적 결정을 할 수 있다. 이 권고안은 기술의 발전과 의료환경의 변화에 따라 계속 수정되어야 한다. 이 권고안은 의료제공의 법적인 기준을 정하고자 하는 것이 아니며 대한심장혈관영상의학회는 의료행위 또는 임상적인 판단에 대한 법적인 소송에 이 권고안이 사용되는 것은 반대한다. 이 권고안의 목적은 심장 CT를 시행하고 관리하는 임상 및 영상학과 의사와 관련된 의료종사자에게 성인의 심장 CT에서 표준화된 영상기법을 제공하기 위한 것이다.

¹대한심장혈관영상의학회 심장혈관영상 권고안위원회, ²연세대학교 의과대학 세브란스병원 영상학과학교실,

³고려대학교 의과대학 구로병원 영상학과학교실, ⁴세종병원 영상학과,

⁵성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 영상학과학교실, ⁶울산대학교 의과대학 서울아산병원 영상학과학교실,

⁷서울대학교병원 영상학과