

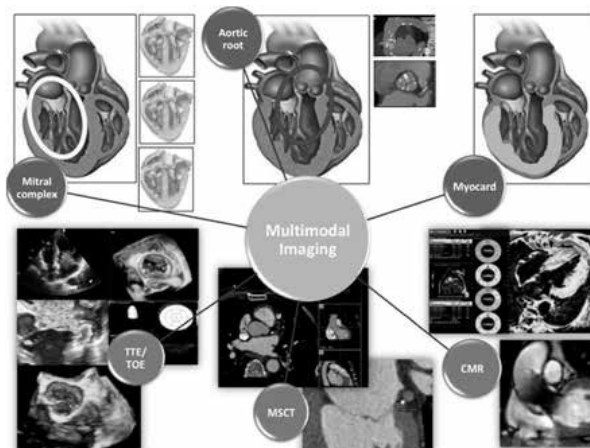
Các xu hướng mới trong chẩn đoán các bệnh tim mạch

Đỗ Doãn Lợi, Nguyễn Thị Thu Hoài, Đỗ Thúy Cẩm, Đỗ Kim Bảng

Viện Tim mạch Việt Nam

Cùng với sự tiến bộ mạnh mẽ của khoa học kỹ thuật, các biện pháp chẩn đoán hình ảnh ứng dụng trong chẩn đoán bệnh tim mạch cũng có nhiều thay đổi mang tính đột phá. Đó là những ứng dụng mới của những phương pháp chẩn đoán quen thuộc như siêu âm, cộng hưởng từ hay chụp CT; hoặc những biện pháp mang tính cách mạng khi phối hợp đồng thì các phương pháp mang tính kinh điển đó. Bài viết này sẽ mang lại cái nhìn tổng quan về những xu hướng mới trong chẩn đoán và hỗ trợ can thiệp điều trị các bệnh tim cấu trúc và thiếu máu cục bộ cơ tim [1].

Cái nhìn mới về những phương pháp chẩn đoán hình ảnh quen thuộc



Siêu âm tim

Siêu âm tim luôn là kỹ thuật được chỉ định thường quy trong chẩn đoán các bệnh tim cấu trúc. Vai trò của siêu âm tim trước, trong và sau các thủ thuật can thiệp tim mạch cũng không có gì cần bàn cãi với những ưu điểm như linh hoạt, ít tốn kém và an toàn cho cả người bệnh lẫn người tiến hành thủ thuật.

Trong chẩn đoán bệnh tim thiếu máu cục bộ, những biện pháp thăm dò không xâm lấn luôn được ưu tiên chỉ định trước các thủ thuật gây chảy máu. Các ứng dụng siêu âm tim 2D, 3D, đánh giá sức căng cơ tim giúp phát hiện tình trạng rối loạn vận động vùng nếu có cũng như chức năng tim, cả tâm thu và tâm trương, với độ chính xác cao. Siêu âm tim gắng sức cũng là một trong những biện pháp chẩn đoán thiếu máu cơ tim có độ nhạy và độ đặc hiệu cao. Ngoài ra, phương pháp này còn cung cấp những thông tin quan trọng khác như hoạt động của tim tùy theo trạng thái vận động của cơ thể, đánh giá đáp ứng sau điều trị cũng như khả năng cần đặt máy tái đồng bộ cơ tim.

Với các bệnh van tim, khuyến cáo năm 2017 của Hội Tim mạch Châu Âu cũng vẫn giữ nguyên vai trò quan trọng của siêu âm tim trong chẩn đoán và hướng dẫn can thiệp [2]. Siêu âm tim qua thành

ngực và siêu âm tim qua thực quản cung cấp cho bác sỹ điều trị những thông tin căn bản về tình trạng giải phẫu của các van tim và những thương tổn kèm theo, cả bẩm sinh lẫn mắc phải. Hơn nữa, trong trường hợp hẹp van động mạch chủ có cung lượng tim thấp và chênh áp qua van thấp, siêu âm tim gắng sức vẫn là lựa chọn hàng đầu để đánh giá chính xác mức độ hẹp van, khả năng dung nạp của người bệnh cùng các thông số huyết động tương ứng.

Trong chẩn đoán và can thiệp bệnh thông liên nhĩ và thủng lỗ bầu dục (PFO), siêu âm tim qua thực quản, với sự hỗ trợ của phương pháp dựng hình 3D, cho phép đánh giá trực quan và toàn diện tổn thương trong mối liên hệ với những cấu trúc giải phẫu xung quanh, hỗ trợ quá trình can thiệp và đánh giá hiệu quả sau can thiệp. Với can thiệp đóng tiểu nhĩ trái trong điều trị các trường hợp rung nhĩ có nguy cơ chảy máu cao hoặc có chống chỉ định dùng thuốc chống đông, khả năng tái tạo hình ảnh giải phẫu tiểu nhĩ trái của siêu âm tim 3D cho phép bác sỹ can thiệp lên kế hoạch và lựa chọn dụng cụ tối ưu nhất.

Chụp cộng hưởng từ tim (CHT tim)

Các khuyến cáo gần đây của Hội Tim mạch châu Âu cũng nhấn mạnh vai trò của CHT tim trong chẩn đoán các bệnh tim mạch [3]. CHT tim vẫn được coi là tiêu chuẩn vàng trong đánh giá các bệnh lý cơ tim, khối u tim, đánh giá hình thái và thể tích thất trái mà không cần dùng đến tia bức xạ. Tuy nhiên, chi phí lắp đặt tốn kém và ít phổ biến vẫn là những hạn chế chính của phương pháp này. Hơn nữa, phương pháp này cũng không thể chỉ định nếu người bệnh có tồn tại dị vật kim loại trong cơ thể như đặt máy tạo nhịp hay có thiết bị cấy ghép. Dù vậy, trong một số bệnh cảnh sau, CHT tim vẫn có thể cung cấp những thông tin hữu ích cho việc chỉ định và lên kế hoạch can thiệp điều trị.

Trong bệnh lý động mạch vành, CHT tim vẫn là thăm dò không chảy máu được khuyến cáo mức

độ IA cho những trường hợp nguy cơ trung bình. Phương pháp này cung cấp những thông tin kết hợp về chức năng và cấu trúc tim, khả năng sống còn cơ tim và định khu tổn thương trong cùng một lần thực hiện. Những thông tin này đặc biệt giá trị trong những trường hợp bệnh tim do thiếu máu có tổn thương phức tạp. Ngoài ra, với khả năng đánh giá sẹo cơ tim do thiếu máu, CHT tim cũng cho phép lập bản đồ điện học theo giải phẫu và có thể sẽ giúp cho việc tiếp cận tốt hơn trong trường hợp đốt cơn nhịp nhanh thất ở bệnh nhân có thiếu máu cục bộ cơ tim.

Với những bệnh van tim, các nghiên cứu cho thấy CHT tim có khả năng đánh giá chính giá thể tích dòng phụt ngược trong các trường hợp hở van, đặc biệt là van hai lá, có dòng hở hay tổn thương van phức tạp. Việc sử dụng kỹ thuật 3 D nhằm tái tạo phổ dòng chảy ở động mạch chủ lên vẫn còn trong giai đoạn tiếp tục được nghiên cứu.

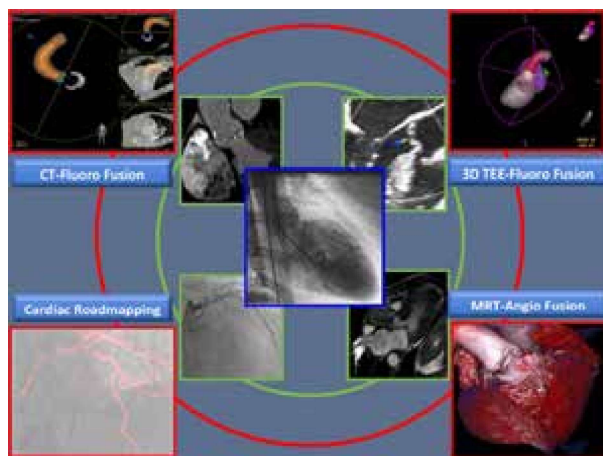
Chụp cắt lớp vi tính đa dây (MSCT)

Ngày nay, chụp MSCT vẫn là một phương pháp chẩn đoán hình ảnh được lựa chọn trong việc đánh giá và lập kế hoạch can thiệp trước một số thủ thuật can thiệp tim mạch. Phương pháp này cho phép đánh giá hình thái, cấu trúc giải phẫu và khả năng tái tạo hình ảnh theo bất kỳ một chiều không gian nào. Trong thay van động mạch chủ qua da (TAVI), MSCT là tiêu chuẩn vàng để đánh giá tình trạng gốc động mạch chủ, lựa chọn loại van cũng như đánh giá nguy cơ liên quan đến mức độ can xi hóa trước can thiệp [4]. Hơn nữa, việc phối hợp kết quả siêu âm Doppler tim và chụp MSCT cho phép đánh giá chính xác mức độ hẹp van trong những trường hợp không rõ ràng cũng như đo đạc chính xác kích thước đường ra thất trái nếu hình ảnh siêu âm tim không sắc nét. Ngoài ra, với những tiến bộ trong việc can thiệp thay van hai lá và sửa vòng van hai lá qua da, chụp MSCT cũng là một biện pháp đánh giá được lựa chọn trong quá trình lập kế hoạch tiếp

cận. Một mặt khác, nhằm hạn chế nguy cơ tiếp xúc với bức xạ và chất cản quang, ngày nay một hướng nghiên cứu mới được đặt ra, đó là sử dụng CT chỉnh hướng tương tự C-arm có thể tiên đoán trước được vị trí C-arm cho hình ảnh tối ưu và qua đó, cung cấp những thông tin liên quan đến giải phẫu trong quá trình tiến hành thủ thuật TAVI, giúp rút ngắn thời gian tiến hành thủ thuật, thời gian chiếu tia cũng như giảm thiểu được lượng cản quang cần sử dụng.

Phối hợp đồng thời (“hybrid”) – cuộc cách mạng trong chẩn đoán và can thiệp điều trị các bệnh tim mạch

Trong suốt một thời gian dài, kỹ thuật soi chiếu trên màn huỳnh quang là phương thức duy nhất để định hướng trong quá trình can thiệp tim mạch. Cùng với sự phát triển của tim mạch can thiệp, các loại thủ thuật can thiệp ngày càng nhiều đòi hỏi tái tạo hình ảnh giải phẫu và định hướng không gian trong lúc tiến hành thủ thuật tốt hơn nữa. Do đó, những biện pháp chẩn đoán hình ảnh phối hợp đồng thời (hybrid) cho phép phân tích sâu hơn về giải phẫu và các thông số sinh lý của người bệnh, giúp xây dựng hình thái giải phẫu đa chiều chi tiết hơn, cải thiện được tiên lượng cũng như rút ngắn quá trình điều trị.



Kỹ thuật phối hợp giữa siêu âm tim và soi chiếu trên màn huỳnh quang

Hiện nay, duy nhất sự kết hợp đồng thời giữa siêu âm và soi chiếu trên màn huỳnh quang cho phép tái tạo hình ảnh chất lượng cao trong quá trình can thiệp. Hệ thống máy EchoNavigator của Philips Healthcare đến nay là hệ thống duy nhất có phối hợp siêu âm 2D/3D với hình ảnh chiếu tia trên màn huỳnh quang theo thời gian thực. Đầu dò siêu âm tìm qua thực quản sau khi đưa vào sẽ được theo dõi tự động trên màn huỳnh quang bằng một chương trình số hóa và sau đó, đồng bộ các dữ liệu thu được từ đầu dò siêu âm và C-arm. Khi quá trình đồng bộ thành công, các hình ảnh siêu âm được hiển thị đồng thời tương ứng theo vị trí góc quay của C-arm trên màn hình huỳnh quang. Việc đánh dấu và tái tạo hình ảnh theo thời gian thực giúp người làm siêu âm và người làm thủ thuật hiểu ý và phối hợp tốt hơn, do đó khả năng thủ thuật thành công cao hơn đồng thời giảm được thời gian chiếu tia, thời gian tiến hành thủ thuật và lượng cản quang cần dùng. Các nghiên cứu gần đây cho thấy, khi sử dụng phương pháp phối hợp này, thời gian từ khi bắt đầu thủ thuật cho tới thời điểm chọc vách liên nhĩ khi tiến hành bít tiểu nhĩ trái bằng dụng cụ hay MitraClip được rút ngắn đáng kể. Trong những trường hợp khó, hình ảnh phối hợp giúp thủ thuật tiến hành dễ dàng hơn và giúp người làm thủ thuật thêm tự tin khi lái và đặt dụng cụ. Phương pháp phối hợp này cũng hứa hẹn là lựa chọn thay thế cho MSCT khi tiến hành thủ thuật TAVI nếu bệnh nhân có suy thận nặng. Không những vậy, sự phối hợp này còn hỗ trợ khi tiến hành đặt van nhân tạo bằng cách đánh dấu vị trí mép bám của ba lá van động mạch chủ để xác định được mặt phẳng vuông góc của vòng van và góc C-arm phù hợp. Tuy nhiên, việc đánh giá tình trạng vôi hóa của van và khả năng cục vôi di chuyển gây bít tắc lỗ động mạch vành hay hở cạnh van vẫn là những câu hỏi chính mà siêu âm cần trả lời trước và trong quá trình tiến hành TAVI.

Kỹ thuật phối hợp giữa MSCT và soi chiếu trên

màn huỳnh quang

Một số phần mềm đánh giá MSCT trước thủ thuật cho phép phân tích hình ảnh giả định có độ phân giải cao và tương đối an toàn. Trong một vài năm gần đây, việc đưa hình ảnh van nhân tạo giả định vào khi phân tích MSCT nhằm lựa chọn loại van tối ưu đã thành hiện thực và hỗ trợ tốt cho quá trình trước, trong thủ thuật [5]. Các hình ảnh MSCT có thể được đưa vào trực tiếp trên màn hình huỳnh quang khi các cấu trúc giải phẫu và các mốc giải phẫu trùng nhau để hướng dẫn cho người làm thủ thuật. Các hệ thống phối hợp MSCT – soi chiếu huỳnh quang phiên bản cũ vẫn chưa thực sự cho phép đưa hình ảnh động khi tim đang đập vào trong lúc can thiệp, nhưng những thế hệ mới hơn sẽ giải quyết được hạn chế này. Tuy vậy, vẫn cần có thêm những nghiên cứu đánh giá về độ chính xác, tiện dụng và ý nghĩa tiên lượng về thủ thuật đối với xu hướng mới này.

Kỹ thuật phối hợp giữa MSCT và CHT tim và hơn thế nữa

Hiện nay, có một vài cách thức phối hợp giữa MSCT và các phương pháp chẩn đoán hình ảnh khác, đặc biệt là trong chẩn đoán bệnh tim do thiếu máu cục bộ, như phương pháp phối hợp đánh giá vùng thiếu máu theo giải phẫu động mạch vành sử dụng MSCT và chụp SPECT hay MSCT với siêu âm tim. Do CHT tim cho phép đánh giá tình trạng tưới máu của toàn bộ cơ tim, khi phối hợp với hình ảnh chụp CT động mạch vành sẽ cho phép tái tạo hình 3D tưới máu cơ tim, tương quan giữa động mạch vành và vùng cơ tim chi phối tương ứng với chất lượng hình ảnh rất cao. Tuy nhiên, cho đến nay, phương pháp phối hợp này vẫn còn trong giai đoạn nghiên cứu, chưa được đưa vào áp dụng thường quy.

Trong khi CHT tim cho các thông tin về hình thái, cấu trúc và chức năng, phương pháp chụp PET cung cấp thêm các thông tin về chuyển hóa của tim. Sự kết hợp giữa hai phương pháp này cho thấy giá

trị trong việc đánh giá mức độ sống còn của cơ tim cũng như tăng độ chính xác của CHT tim trong việc chẩn đoán bệnh sarcoidosis và phân biệt các khối u tim [6]. Trong tương lai, sự kết hợp giữa CHT tim và chụp PET cũng có thể cho phép đánh giá sâu hơn tình trạng chuyển hóa tế bào cơ tim trong các trường hợp suy tim.

Kỹ thuật lập bản đồ động mạch vành trong can thiệp động mạch vành qua da

Ngày nay, chụp và can thiệp động mạch vành qua da là những thủ thuật có độ an toàn và hiệu quả cao tuy vẫn còn nguy cơ do chiếu tia và suy thận do dùng thuốc cản quang. Việc đưa các loại dây dẫn, bóng và stent vào động mạch vành vẫn còn tương đối khó khăn nếu người làm thủ thuật không liên tục bơm thuốc cản quang để xác định đường đi và vị trí của dụng cụ. Việc thể hiện hình ảnh động mạch vành sau tiêm thuốc cản quang trên màn hình thứ hai cũng chỉ hỗ trợ phần nào cho quá trình đòi hỏi tập trung và chính xác cao độ này. Dựa trên ý tưởng can thiệp tức thì trên hình ảnh chụp mạch, các phần mềm hiện nay cho phép tái tạo hình ảnh số hóa của các mạch máu theo hoạt động của quả tim ngay trực tiếp trên màn hình can thiệp. Các bác sỹ can thiệp có thể lái dụng cụ theo sơ đồ của động mạch vành đó mà không cần tiêm thêm thuốc cản quang. Một số nghiên cứu vẫn đang được tiến hành để đánh giá chất lượng hình ảnh sơ đồ mạch máu thể hiện cũng như hiệu quả trong thực hành lâm sàng [7].

Những vấn đề cần nghiên cứu trong tương lai

Sự phát triển của kỹ thuật và cũng như những đòi hỏi và kỳ vọng xuất phát từ thực hành lâm sàng đã đặt ra những bài toán cần giải quyết trong tương lai:

1. Sự chính xác và độ tin cậy của các phương pháp phối hợp

Vẫn còn những cấu trúc tim khó được thể hiện chính xác trên các phương pháp phối hợp hiện nay, như nhĩ trái, tiểu nhĩ trái, các buồng tim phải và đường ra thất phải.

2. Xử lý hình động

Chuyển động của tim và tác động của nhịp thở vẫn là vấn đề chưa giải quyết được thỏa đáng và do đó, vẫn còn ảnh hưởng đến sự chính xác của hình ảnh tái tạo. Sự kết hợp với hình ảnh tim 4D nhiều giai đoạn có thể giúp giải quyết vấn đề này trong tương lai gần và vẫn đang được nghiên cứu.

3. Tác động của thủ thuật làm thay đổi hình ảnh mô tương ứng trong quá trình thực hiện thủ thuật

Tái tạo sự biến đổi của mô tương ứng trong quá trình đưa thủ thuật vào bằng cách tính toán theo thời gian thực sự thay đổi của hình thái van hai lá, mặt phẳng van động mạch chủ và sự dịch chuyển có thể xảy ra của các tổ chức vôi để đánh giá nguy cơ rách vòng van hay bí tắc lỗ vành là những yêu cầu cấp thiết đặt ra cần được nghiên cứu và giải quyết.

4. Khả năng áp dụng thực tại ảo và phối hợp hình ảnh 4D

Tương lai của các kỹ thuật phối hợp hình ảnh là sự kết hợp của các phương pháp chẩn đoán hình ảnh đó với hình ảnh mô hình tim 4D theo thời gian thực (ví dụ như 3D theo thời gian) để tái tạo hình ảnh giống thực tại nhất ở bất kỳ thời điểm nào.

Kỹ thuật in 3D mô hình tim cũng là một hướng áp dụng khá thú vị với khả năng ứng dụng cao trong các trường hợp lập kế hoạch can thiệp và phẫu thuật cho những trường hợp phức tạp, đặc biệt là với các cấu trúc tim phải và bệnh lý tim bẩm sinh [8]. In 3D có thể dùng trong đào tạo (tìm hiểu cấu trúc giải phẫu) cũng như thực hành (luyện tập phẫu thuật hay can thiệp). Thậm chí, khả năng tái tạo những cấu trúc tim phức tạp còn có thể áp dụng cho từng trường hợp người bệnh cụ thể; các mô hình 3D hiện nay vẫn chưa thể tạo dựng được toàn bộ cấu trúc giải phẫu và khả năng biến đổi hình ảnh theo chu chuyển tim. Những hạn chế dẫn đến khó áp dụng kỹ thuật này trên diện rộng bao gồm chi phí cao (thậm chí cả khi xu hướng hiện nay là giảm bớt chi phí sản xuất) và thời gian in ấn kéo dài. Do đó,

các thử nghiệm với in 3D hiện nay mới chỉ dừng ở số lượng rất ít. Các nghiên cứu trong tương lai cần tập trung vào mức độ chính xác của phương pháp chẩn đoán, chuẩn hóa từng kỹ thuật đơn lẻ và yếu tố về kinh tế - hiệu quả.

Những yêu cầu đặt ra cho người làm thực hành chẩn đoán hình ảnh bệnh tim mạch

Các kỹ thuật can thiệp bệnh lý cấu trúc tim đã đạt được sự phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây/ Các nghiên cứu mở rộng đã tiến hành mang đến cho người làm thủ thuật vô số sự lựa chọn về các loại dụng cụ cũng như phương pháp tiến hành điều trị các bệnh lý tim cấu trúc. Để áp dụng được những kỹ thuật mới, các bác sỹ can thiệp tim mạch cần hiểu sâu sắc các cấu trúc tim cũng như các bước tiến hành khi thực hiện thủ thuật có sự hướng dẫn của người làm chẩn đoán hình ảnh hay thực hiện các thăm dò chẩn đoán hoặc sàng lọc. Bên cạnh đó, cách làm việc nhóm, sự trao đổi và nắm vững các kiến thức liên quan đến thủ thuật, cả từ phía người làm chẩn đoán hình ảnh lẫn người tiến hành thủ thuật, là yếu tố then chốt để đảm bảo cho sự an toàn của người bệnh cũng như sự thành công của thủ thuật. Những ứng dụng mới của các phương pháp chẩn đoán quen thuộc cũng rất cần thiết cho việc lên kế hoạch, tiến hành thủ thuật, lựa chọn người bệnh hay loại dụng cụ sẽ sử dụng.

Các kỹ thuật phối hợp trong chẩn đoán là bước phát triển mới và là một công cụ đầy hứa hẹn cho các thủ thuật can thiệp bệnh lý tim cấu trúc. Trước vô vàn sự đa dạng bệnh lý và các phương pháp điều trị có thể lựa chọn, những người làm chẩn đoán hình ảnh bệnh tim mạch cần được đào tạo thông thạo các kỹ thuật chẩn đoán hình ảnh khác nhau và hiểu sâu sắc về từng kỹ thuật đó. Để đạt đến mức thành thạo, các mục tiêu đào tạo cho các bác sỹ làm chẩn đoán hình ảnh bệnh tim mạch cần được làm mới liên tục để đảm bảo luôn cập nhật. Một chương trình đào tạo chuẩn và các yêu cầu chuẩn hóa cũng

như các hình thức kiểm tra được thiết kế tốt sẽ đảm bảo học viên phát triển được các kỹ năng cần thiết. Ngoài ra, sự hợp tác giữa các trường đại học, các cơ sở nghiên cứu và thực hành với nhà sản xuất cũng cần được quan tâm đặc biệt và được ghi nhận rõ ràng trong các biên bản hợp tác nghiên cứu trong đó tập trung vào đào tạo chuyên sâu và nghiên cứu liên tục trong lĩnh vực chẩn đoán bệnh tim mạch.

KẾT LUẬN

Việc phối hợp thể mạnh của các phương pháp

chẩn đoán hình ảnh riêng biệt cho thấy giá trị to lớn trong việc chẩn đoán các bệnh tim cấu trúc. Sự phát triển của các kỹ thuật phối hợp (hybrid) mang lại những giá trị và cơ hội mới đầy hứa hẹn trong chẩn đoán, điều trị các bệnh tim mạch cũng như đào tạo chuyên sâu. Các tiến bộ trong tương lai về kỹ thuật và trí tuệ nhân tạo sẽ nâng cao thể mạnh của từng phương pháp chẩn đoán hình ảnh cũng như thúc đẩy tính khả thi của việc xây dựng mô hình tim 3D cho mỗi cá thể, sẽ mang lại hiệu quả tối ưu trong điều trị và chăm sóc các bệnh nhân tim mạch.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Veulemans V, Hellhammer K, Polzin A, Bonner F, Zeus T, Kelm M (2018)** Current and future aspect of multimodal and fusion imaging in structural and coronary heart disease. *Clinical Research in Cardiology*. 107(Suppl 2):S49-S54. <https://doi.org/10.1007/s00392-018-1284-5>.
2. **Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, De Bonis M, Hamm C, Holm PJ, Iung B, Lancellotti P, Lansac E, Muñoz DR, Rosenhek R, Sjögren J, Mas PT, Vahanian A, Walther T, Wendler O, Windecker S, Zamorano JL (2018)** 2017 ESC/EACTS guidelines for the management of valvular heart disease. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)* 71(2):110. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2017.12.013>.
3. **von Knobelsdorff-Brenkenhoff F, Schulz-Menger J (2016)** Role of cardiovascular magnetic resonance in the guidelines of the European Society of Cardiology. *J Cardiovasc Magn Reson* 18:6. <https://doi.org/10.1186/s12968-016-0225-6>.
4. **Achenbach S, Delgado V, Hausleiter J, Schoenhagen P, Min JK, Leipsic JA (2012)** SCCT expert consensus document on computed tomography imaging before transcatheter aortic valve implantation (TAVI)/transcatheter aortic valve replacement (TAVR). *J Cardiovasc Comput Tomogr* 6:366–80. <https://doi.org/10.1016/j.jcct.2012.11.002>.
5. **Vaitkus PT, Wang DD, Greenbaum A, Guerrero M, O'Neill W (2014)** Assessment of a novel software tool in the selection of aortic valve prosthesis size for transcatheter aortic valve replacement. *J Invasive Cardiol* 26:328–332.
6. **Nensa F, Tezgah E, Poepfel TD, Jensen CJ, Schelhorn J, Köhler J, Heusch P, Bruder O, Schlosser T, Nassenstein K (2015)** Integrated F-FDG PET/MR imaging in the assessment of cardiac masses: a pilot study. *J Nucl Med* 56(2):255–60. <https://doi.org/10.2967/jnumed.114.147744>
7. **Dannenberg L, Polzin A, Bullens R, Kelm M, Zeus T (2016)** On the road: First-in-man bifurcation percutaneous coronary intervention with the use of a dynamic coronary road map and Stent-Boost Live imaging system. *Int J Cardiol* 215:7–8. <https://doi.org/10.1016/j.ijcar.2016.03.133>
8. **Lau I, Sun Z (2018)** Three-dimensional printing in congenital heart disease: a systematic review. *J Med Radiat Sci* <https://doi.org/10.1002/jmrs.268>.