

Giá trị của kỹ thuật đánh giá hình thái và chức năng tâm thu thất trái trên phim chụp cắt lớp vi tính mạch vành 128 lát

Nguyễn Tuấn Long*, Nguyễn Lâm Hiếu**

Bộ môn Nội, Đại học Y Hà Nội*

Bệnh viện Đại học Y Hà Nội **

TÓM TẮT

Mục tiêu: So sánh kết quả đánh giá chức năng thất trái trên phim chụp cắt lớp vi tính (CLVT) mạch vành 128 lát so với siêu âm tim 2D (SAT) và đánh giá sự tương đồng của kết quả thể tích, chức năng thất trái trên 2 kỹ thuật này.

Phương pháp nghiên cứu: Nghiên cứu tiến hành trên 32 bệnh nhân có chỉ định chụp CLVT mạch vành, trong đó bệnh nhân được tiến hành chụp CLVT mạch vành có thuốc đồng bộ với cổng điện tim theo quy trình của viện, sau đó từ dữ liệu thu được, hình ảnh buồng thất trái sẽ được tái tạo và bắt đầu tiến hành vẽ viền nội mạc buồng tim một cách tự động với phần mềm có sẵn trên máy, từ đó máy tính sẽ tính toán ra thể tích thất trái cuối tâm thu, cuối tâm trương cũng như phân suất tổng máu. Bệnh nhân nghiên cứu đồng thời được tiến hành siêu âm tim qua thành ngực trong cùng ngày. Các kết quả giữa 2 kỹ thuật sẽ được so sánh với phân tích thống kê t test để tìm sự khác biệt. Sự tương quan và sự đồng thuận của kết quả của 2 kỹ thuật sẽ được đánh giá với phân tích tương quan Spearman cũng như thông qua phân tích biểu đồ Bland Altman. Mức ý nghĩa thống kê trong nghiên cứu áp dụng với $p < 0,05$.

Kết quả nghiên cứu: Trên phim chụp CLVT, thể tích tổng máu trung bình cuối tâm trương là $131,7 \pm 19,6$ ml, cuối tâm thu là $48,8 \pm 8,5$ ml và phân suất tổng máu trung bình là $62,9 \pm 3,2\%$. Có sự tương quan chặt chẽ về kết quả được đo bởi 2

phương pháp với hệ số tương quan của thể tích thất trái cuối tâm trương, cuối tâm thu và phân suất tổng máu giữa 2 kỹ thuật lần lượt là 0,619; 0,650 và 0,978 ($p < 0,001$). Phân tích Bland-Altman cho thấy sự đồng thuận về kết quả của 2 kỹ thuật khi đánh giá phân suất tổng máu thất trái.

Kết luận: CLVT có thể là công cụ hữu ích nhằm đánh giá chức năng tâm thu thất trái ở bệnh nhân có chỉ định chụp CLVT mạch vành.

Từ khóa: Cắt lớp vi tính, siêu âm tim, chức năng thất trái.

Từ viết tắt: ECG: điện tâm đồ; CLVT: cắt lớp vi tính; VLT: vách liên thất, TSTT: thành sau thất trái; CNTT: chức năng thất trái; CHT: cộng hưởng từ; THA: tăng huyết áp, SAT: siêu âm tim.

GIỚI THIỆU

Tử vong và tàn phế do bệnh lý tim mạch có tương quan nghịch với chức năng tâm thu thất trái. Do đó đánh giá kích thước và chức năng tâm thu thất trái có giá trị tiên lượng cũng như phân tầng nguy cơ để đưa ra các chiến lược điều trị¹. Hiện nay đã có nhiều phương pháp xét nghiệm xâm lấn cũng như không xâm lấn nhằm đánh giá hình thái và chức năng của thất trái².

Siêu âm tim 2D qua thành ngực là phương pháp được sử dụng rộng rãi bởi tính tiện dụng, chính xác, không mang đến nguy cơ phơi nhiễm bức xạ cũng nhưng không có bất cứ chống chỉ định nào. Tuy nhiên, mức độ chính xác của siêu âm tim qua phụ

thuộc nhiều vào bác sĩ tiến hành, khó với một số các mô mềm, có thể không chính xác nếu cửa sổ siêu âm kém, giới hạn tầm nhìn và nhiễu ảnh. Cộng hưởng từ tim, với những ưu thế về độ phân giải rất tốt về không gian và thời gian, đánh giá hiệu quả với các chuỗi xung khác nhau nên được xem là tiêu chuẩn vàng trong đánh giá hình thái cũng như chức năng tâm thất. Tuy nhiên, phương pháp này đòi hỏi thời gian kéo dài, kỹ thuật chụp tốt và có nhiều chống chỉ định.

Mặc dù chụp cắt lớp vi tính (CLVT) tim là kỹ thuật không xâm lấn thường được sử dụng để đánh giá giải phẫu mạch vành, kỹ thuật này cũng rất hữu ích để đánh giá hình thái và chức năng của thất trái⁴. Theo khuyến cáo Hội Tim mạch Hoa Kỳ năm 2019, chụp CLVT tim có thể được sử dụng để đánh giá các bệnh lý cơ tim, van tim, màng ngoài tim, động mạch chủ, động tĩnh mạch phổi cũng như đánh giá chức năng thất trái trên những bệnh nhân suy tim⁵. Những cải tiến kỹ thuật như thu nhỏ độ dày mỗi lát cắt, tăng cường số bóng chụp cũng như tốc độ phát tia... đã giúp hệ thống CLVT hiện nay có thể thu được những hình ảnh với chất lượng tốt hơn cũng như rút ngắn thời gian chụp cho một ca bệnh. Hơn thế nữa, khi phối hợp thêm công điện tim (ECG), hệ thống máy CLVT có thể cung cấp hình ảnh đồng bộ theo các chu chuyển tim. Kết hợp với sự hỗ trợ của các phần mềm dựng hình 3D và đo đạc tự động đi kèm, việc đánh giá được hình thái và chức năng của tâm thất trên CLVT trở nên dễ dàng, nhanh chóng, cũng như chính xác hơn. Do đó, dù còn ít được sử dụng trong thực hành lâm sàng, việc đánh giá chức năng tâm thu thất trái bằng CLVT sẽ cung cấp các thông tin khách quan giúp các bác sĩ có căn cứ để đưa ra các chiến lược điều trị hợp lý cho bệnh nhân. Vì vậy, nghiên cứu được tiến hành với mục đích xác định kết quả đánh giá chức năng tâm thu thất trái trên CLVT mạch vành và so sánh kết quả này với siêu âm tim qua thành ngực.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

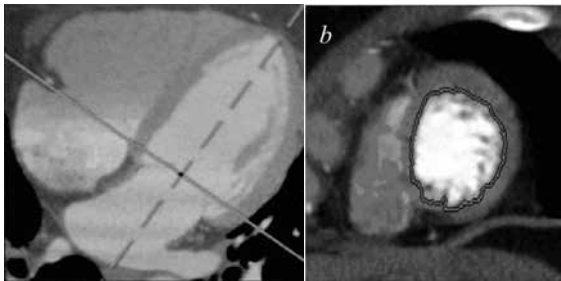
Đối tượng nghiên cứu

Từ tháng 07/2020 đến tháng 07/2021 tại Bệnh viện Đại học Y Hà Nội, chúng tôi đã tiến hành đánh giá kết quả chức năng tâm thu thất trái với những bệnh nhân có chỉ định chụp CLVT mạch vành trên 32 bệnh nhân (19 nam và 13 nữ) với các tiêu chuẩn: hội chứng động mạch vành mạn tính có xác suất tiền nghiệm thấp và trung bình, có chỉ định đánh giá cầu nối chủ vành sau phẫu thuật bắc cầu nối mạch vành (CABG), đánh giá các bất thường giải phẫu động mạch vành, đánh giá stent động mạch vành sau can thiệp đặt stent mạch vành. Các bệnh nhân trong nghiên cứu có các triệu chứng lâm sàng chủ yếu như đau ngực điển hình hoặc không điển hình hoặc khó thở, cũng như có các yếu tố bệnh sử gợi ý đến nguy cơ bệnh lý mạch vành. Tất cả bệnh nhân đồng ý tham gia vào nghiên cứu đã được tiến hành chụp CLVT mạch vành đồng thời tiến hành siêu âm tim trong cùng ngày. Bệnh nhân được sử dụng 25 – 50mg metoprolol khi nhịp tim > 80 lần/phút trước 1 tiếng. Chúng tôi không đưa vào nghiên cứu những bệnh nhân suy thận với creatinine >200 $\mu\text{mol/l}$, có điểm vôi hóa mạch vành cao >400, bệnh nhân rối loạn nhịp tim như rung nhĩ, cuồng nhĩ, ngoại tâm thu lượng nhiều, bệnh nhân có các bệnh lý van tim nặng cũng như không đồng ý tham gia nghiên cứu.

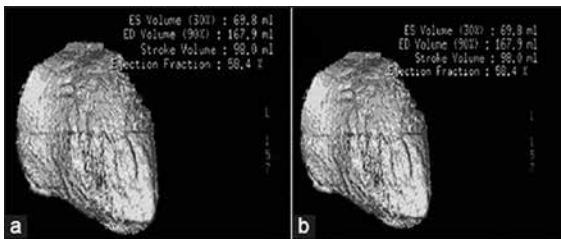
Kỹ thuật đánh giá chức năng tâm thu thất trái trên CLVT mạch vành

Bệnh nhân sau khi được chuẩn bị sẽ được tiến hành chụp CLVT mạch vành theo quy trình chuẩn của bệnh viện. Từ dữ liệu thu được của quá trình chụp mạch vành, chúng tôi tiến hành tái tạo hình ảnh buồng tim 3D theo phần mềm Auto Ejection Fraction, Circulation; GE Medical Solutions có sẵn trên máy ở các thời điểm 10, 20, 30, 40, 50, 70, 75, 80, 90 của khoảng RR, với bước nhảy 10%. Thể tích thất trái được tính dựa trên mặt phẳng van 2 lá và xác định viển nội mạc thất trái. Viển nội mạc sẽ được vẽ hoàn

toàn tự động bằng phần mềm, trong đó cơ nhú và đường ra thất trái sẽ được tự động loại trừ khỏi buồng tim. Trong những trường hợp máy nhận định sai vị trí viền nội mạc, bác sĩ chuyên khoa có thể hiệu chỉnh. Một khi thất trái được hoàn thành vẽ viền nội mạc, máy sẽ dựng hình buồng thất trái 3D, các thông số thể tích thất trái và phân suất tống máu thất trái được phần mềm tự động tính toán và hiển thị (Hình 2).



Hình 1. Xác định mặt phẳng van 2 lá và viền nội mạc tự động



Hình 2. Kết quả thể tích và phân suất tống máu thất trái trên phần mềm

Kỹ thuật đánh giá chức năng thất trái trên siêu âm tim bằng phương pháp Simpsons

Bệnh nhân được tiến hành siêu âm tim ở tư thế nằm nghiêng trái, ghi nhận hình ảnh buồng tim ở các mặt cắt tiêu chuẩn. Bệnh nhân được đánh giá chức năng thất trái trên siêu âm tim bằng phương pháp Simpsons. Đo trên 2D ở cả mặt cắt 2 buồng và 4 buồng. Sau đó máy sẽ tính ra thể tích thất trái cuối tâm thu, cuối tâm trương, phân suất tống máu thất trái. Để đảm bảo tính khách quan, các bác sĩ siêu âm sẽ không biết kết quả đánh giá chức năng thất trái bằng CLVT.

Phân tích thống kê

Các kết quả thể tích thất trái cuối tâm trương, cuối tâm thu và phân suất tống máu đo ở trên CLVT và siêu âm 2D được so sánh ghép cặp bằng phương pháp t test ghép cặp, sau đó phân tích Pearson hoặc Spearman được sử dụng để đánh giá sự tương quan về kết quả của 2 kỹ thuật, trong đó hệ số tương quan rho: rho <0,3: tương quan yếu, rho =0,3-0,5: tương quan trung bình, rho =0,5-0,7: tương quan chặt chẽ, rho >0,7: tương quan rất chặt chẽ. Chúng tôi sử dụng phân tích với biểu đồ Bland-Altman để đánh giá sự đồng thuận về kết quả giữa 2 kỹ thuật. Mức ý nghĩa thống kê $\alpha = 0,05$ được áp dụng trong nghiên cứu.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Đặc điểm của bệnh nhân trong nhóm nghiên cứu được trình bày trong bảng 1

Bảng 1. Đặc điểm của bệnh nhân trong nhóm nghiên cứu

Đặc điểm	Trung bình \pm SD
Tuổi (năm)	64,9 \pm 11,1
Chiều cao (cm)	162,8 \pm 08,0
Cân nặng (kg)	59,3 \pm 08,9
BSA (m ²)	1,6 \pm 0,2
BMI (kg/m ²)	22,3 \pm 02,2
Huyết áp tối đa (mmHg)	124,0 \pm 12,5
Huyết áp tối thiểu (mmHg)	70,6 \pm 11,7

* Đặc điểm về hình thái và chức năng thất trái trên siêu âm tim 2D

Bề dày VLT và TSTT' cuối tâm trương trên siêu âm tim lần lượt là 9,5 \pm 4,4 mm và 8,9 \pm 1,7 mm, cuối tâm thu lần lượt là 11,9 \pm 2,1 mm và 12,4 \pm 1,9 mm. Kết quả này cũng tương tự với nghiên cứu tác giả Lê Thị Thùy Liên⁴ khi đánh giá kết quả siêu âm tim ở

những bệnh nhân có chỉ định chụp CLVT mạch vành 256 lát, trong đó bề dày của VLT và TSTT ở hai thì cho kết quả lần lượt là $8,72 \pm 2,06$ mm; $12,45 \pm 2,50$ mm; $8,70 \pm 2,01$ mm; $13,67 \pm 2,25$ mm. Kết quả này cao hơn so với kết quả của tác giả Bansal và cộng sự², thể tích cuối tâm trương thất trái 2 bình diện lần lượt là 102 ± 34 , 96 ± 31 và 99 ± 29 ml. Thể tích cuối tâm thu cùng mặt cắt lần lượt là 44 ± 25 , 43 ± 23 và 43 ± 22 ml. Thể tích thất trái trung bình ở mặt cắt 4 buồng, 2 buồng và 2 bình diện lần lượt là $57 \pm 16\%$, $57 \pm 16\%$, $58 \pm 13\%$. Kết quả của Kang⁵ tại Hàn Quốc cũng cho kết quả tương tự (thể tích thất trái tâm trương 104 ± 28 ml, tâm thu 44 ± 20 ml và phân suất tổng máu $57 \pm 14\%$).

Đặc điểm về hình thái và chức năng thất trái trên cắt lớp vi tính

Thể tích thất trái cuối tâm trương và cuối tâm thu đánh giá trên CLVT lần lượt là $131,7 \pm 19,6$ ml và $51,6 \pm 15,3$ ml. Kết quả này cũng tương đương nếu so kết quả của tác giả Bansal², với thể tích thất trái cuối tâm trương và cuối tâm thu ở 2 bình diện lần lượt là 137 ± 44 ml và 51 ± 32 ml. Phân suất tổng máu trên CLVT trong nghiên cứu của chúng tôi trung bình là $62,6 \pm 8,7\%$, trong đó lớn nhất là 69% và nhỏ nhất 54%, tương đương với tác giả Bansal và cộng sự² ($60 \pm 12\%$). Kết quả nghiên cứu này cũng tương đương với nghiên cứu của tác giả Schlosser và cộng sự⁶ với thể tích thất trái cuối tâm trương, cuối tâm thu và phân suất tổng máu thất trái tính toán trên viên nội mạc tự động lần lượt là $137,1 \pm 45$ ml, $58,8 \pm 34,2$ ml, $59,2 \pm 13,7\%$.

Bảng 2. Tương quan hình thái và chức năng thất trái trên siêu âm tim 2D và CLVT

	Siêu âm	CLVT	Tương quan	
	Trung bình \pm SD	Trung bình \pm SD	<i>rho</i>	<i>p</i>
LVEDV (ml)	111,4 \pm 20,3	131,7 \pm 19,6	0,619	<0,001
LVESV (ml)	41,4 \pm 8,7	48,8 \pm 8,5	0,650	<0,001
EF TT (%)	62,6 \pm 3,4	62,9 \pm 3,2	0,978	<0,001

Tương quan giữa hình thái và chức năng thất trái trên siêu âm tim 2D và cắt lớp vi tính

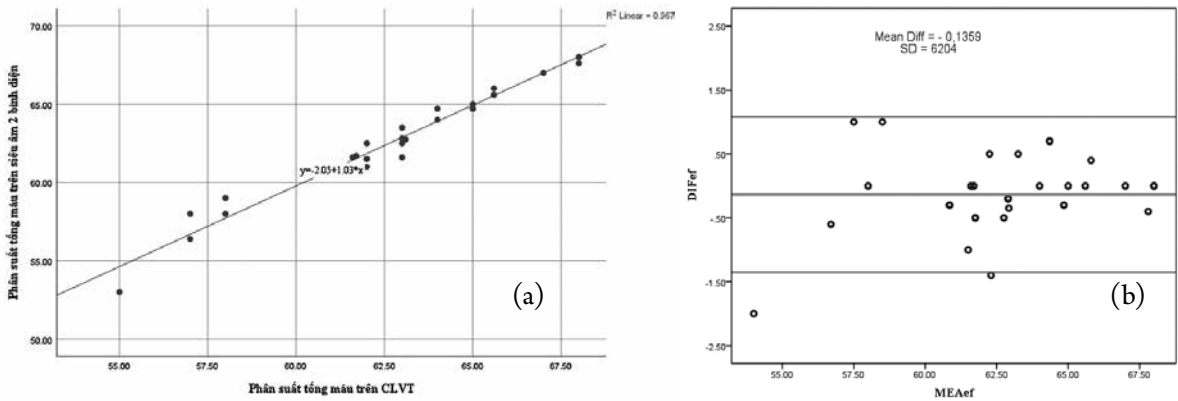
Theo kết quả nghiên cứu của chúng tôi, có mối tương quan chặt chẽ kết quả thể tích thất trái cuối tâm trương, thể tích thất trái cuối tâm thu và phân suất tổng máu giữa siêu âm tim 2D và CLVT với hệ số tương quan (*rho*) lần lượt là 0,6199; 0,650; 0,978 với *p*<0,001 (Bảng 2). Các nghiên cứu trước cũng cho thấy mối tương quan tốt giữa 2 kỹ thuật trong đánh giá chức năng thất trái toàn bộ. Nghiên cứu của Salm và cộng sự⁷ cho thấy sự đồng nhất tốt

của CLVT và SAT khi đánh giá CNTT (*rho* = 0.96; *P* < 0.0001). Trong nghiên cứu của Sugeng và cộng sự⁸ khi so sánh CLVT và SAT 3D đánh giá kích thước và chức năng thất trái, thấy rằng CLVT và siêu âm tim 3D có tương quan rất cao (*rho*>0,85). So với CHT tim, CLVT xu hướng ước tính thể tích thất trái cuối tâm trương và cuối tâm thu cao hơn, trong khi đó SAT có xu hướng ước tính thấp hơn, kết quả này cũng tương đương nghiên cứu của chúng tôi. Nghiên cứu của Hegde và cộng sự⁹ năm 2014 lại cho kết quả mối tương quan thấp hơn so

với nghiên cứu của chúng tôi ($r = 0,503, p < 0,001$). Sự khác biệt này có lẽ liên quan đến thiết kế nghiên cứu khi bệnh nhân trong nghiên cứu phải sử dụng thuốc chẹn beta, và 2 thủ thuật tiến hành cách nhau khoảng 2 ngày. Điều này sẽ khiến cho sự sai khác trở nên lớn hơn giữa 2 kỹ thuật.

Khi đánh giá về sự đồng thuận về kết quả của 2 kỹ thuật, phân tích biểu đồ Bland Atman chưa cho thấy sự đồng thuận khi đánh giá thể tích giữa 2 kỹ thuật, trong đó các chỉ số thể tích trên

CLVT xu hướng lớn hơn so với SAT (sự khác biệt CLVT so với SAT, thể tích tâm trương: $20,3 \pm 10,3\text{ml}$, và thể tích tâm thu: $7,7 \pm 4,3\text{ml}$, với $p < 0,001$). Điều này, là do kỹ thuật xác định viền nội mạc trên 2 kỹ thuật là khác nhau. Bên cạnh đó, thể tích thất trái ước tính trên SAT được dựa trên nguyên tắc giả định hình thái, còn trên CLVT việc dựng hình khối 3D và tính thể tích trên khối 3D tạo dựng nên từ viền nội mạc tất cả buồng tim.



Hình 3. Tương quan kết quả phân suất tổng máu thất trái giữa CLVT - SAT (a), và biểu đồ Bland-Altman về sự đồng thuận của 2 kỹ thuật (b)

Trong nghiên cứu của chúng tôi, khi đánh giá sự đồng thuận giữa kết quả phân suất tổng máu thất trái đánh giá bằng 2 kỹ thuật, biểu đồ Bland Altman (Hình 3) cho thấy sự đồng thuận của 2 kỹ thuật (khác biệt $-0,1 \pm 0,6\%$, $p = 0,224$). Trước đó, nghiên cứu của Krishnam và cộng sự¹⁰ đã cho kết quả tương tự. Sự khác biệt trung bình trong các phép đo phân suất tổng máu trên CLVT và SAT nhỏ, nhưng độ lệch chuẩn của sự khác biệt trung bình này lại khá lớn, dẫn đến một sự đồng thuận trên giới hạn rộng. Do đó, kết quả của 2 phương thức này không thể hoán đổi cho nhau. Điều này có lẽ do phép đo phân suất tổng máu bằng trên SAT đo trong môi trường lâm sàng, chịu sự ảnh hưởng của ước tính bằng mắt và phương pháp tính thể tích thất trái theo Simpsons dựa trên giả định hình học.

Kết quả nghiên cứu của chúng tôi cũng tương đương với các nghiên cứu trước đó trên hệ thống CLVT 64 lát giúp xác định rằng ước tính phân suất tổng máu là khả thi với CLVT và có thể được xem là một chỉ số lâm sàng hữu ích, có tương quan với SAT. Có một số nghiên cứu với phần mềm bán tự động để định lượng thể tích thất trái bằng cách sử dụng mặt phẳng van 2 lá và một điểm tùy ý trong thất trái, với tùy chọn có thể mở rộng hoặc giảm từng vùng trong phân đoạn có thể lý giải rõ hơn sự khác biệt về kết quả thu được từ các nghiên cứu. Nhưng dù sao, việc sử dụng phần mềm hoàn toàn tự động cho kết quả nhanh hơn, chính xác và thân thiện.

Mặc dù cho thấy sự tương quan tốt giữa giá trị phân suất tổng máu thu được của 2 kỹ thuật, vẫn có những khác biệt quan trọng. So sánh các thông số

chức năng thu được từ siêu âm 2D qua thành ngực với thông số thu được từ thể tích 3D là không thật sự chặt chẽ. Với sự phát triển của kỹ thuật SAT đánh dấu mô 3D và các kỹ thuật CLVT độ phân giải thời gian cao sẽ giúp tiến hành những nghiên cứu sâu hơn.

Những nhược điểm trong nghiên cứu cũng cần nhấn mạnh là nghiên cứu chỉ tiến hành trên nhóm nhỏ bệnh nhân, giá trị nghiên cứu chỉ mới có ý nghĩa trên nhóm nghiên cứu. Các bệnh nhân trong nghiên cứu có chức năng thất trái trong giới hạn bình thường, do đó chưa đánh giá được liệu ở nhóm các bệnh nhân suy tim, phân suất tống máu giảm, việc đánh giá này có những thay đổi nào hay không.

Tóm lại, nghiên cứu của chúng tôi đã xác định tính năng bổ sung hữu ích trong bộ dữ liệu CLVT mạch vành, với phần mềm sẵn hiện tại có thể phân tích hoàn toàn tự động đánh giá nhanh chức năng tâm thu thất trái. Việc sử dụng CLVT để đánh giá

đơn độc chức năng tâm thu thất trái là không hợp lý do tăng nguy cơ phơi nhiễm bức xạ mà bệnh nhân phải chịu. Tuy nhiên, những thông tin về chức năng thất trái từ bệnh nhân có chỉ định chụp CLVT động mạch vành có thể sẽ có giá trị rất lớn với những bệnh nhân đã biết hoặc nghi ngờ bệnh tim thiếu máu cục bộ. Những thông tin bổ sung này sẽ có giá trị hỗ trợ với các thông số ghi nhận được trên SAT để có sự đánh giá chính xác về chức năng thất trái.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã cho thấy mối tương quan chặt chẽ về kết quả đánh giá chức năng thất trái trên phim chụp cắt lớp vi tính động mạch vành 128 lát và siêu âm tim 2D, cho thấy khả năng ứng dụng của kỹ thuật này trong thực hành lâm sàng nhằm cung cấp những thông tin giá trị cho các bác sĩ trong điều trị các bệnh lý tim mạch.

ABSTRACT

Objectives: To compare the results of the evaluation of left ventricular function on a 128-slice coronary CT with 2D echocardiography and to verify the correlation and consensus between two techniques.

Methods: The study was conducted in 32 patients with indications of coronary angiography, in which patients were subjected to 128-slice coronary CT with gated ECG according to hospital procedures. Then from the imaging data, the endothelial border will be drawn automatically and the left ventricular chamber will be reconstructed with the software available on the machine, thereby calculating the LV end-systolic volume, LV end-diastolic volume as well as LV ejection fraction. The patient also had an echocardiography the same day.

The results between the two techniques will be compared with statistical analysis of the t-test to find the difference. The correlation of the two techniques will be evaluated with Pearson or Spearman correlation analysis as well as through the Bland Altman chart to evaluate the consensus. Statistical significance level in the study was applied with $p < 0.05$.

Results: On a 128-slice coronary CT scan, the mean end-diastolic ejection volume was 131.7 ± 19.6 ml, the end-diastolic volume was 48.8 ± 8.5 ml and the mean ejection fraction was $62.9 \pm 3.2\%$. There was a strong correlation between the results measured by the two techniques with the correlation coefficient (ρ) of end-diastolic volume, end-systolic volume, and ejection fraction of 0.862; 0.800 and 0.781, respectively ($p < 0.001$). The Bland-Altman diagram shows the consensus of the result LV ejection fraction between two methods.

Conclusion: 128-slice coronary CT can be a useful tool to evaluate left ventricular systolic function in patients with indications for coronary angiography.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Yancy, C. W. et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on practice guidelines. *Circulation* **128**, e240-327 (2013).
2. Bansal, D. et al. Assessment of left ventricular function: comparison of cardiac multidetector-row computed tomography with two-dimension standard echocardiography for assessment of left ventricular function. *Int. J. Cardiovasc. Imaging* **24**, 317–325 (2008).
3. Doherty, J. U. et al. ACC/AATS/AHA/ASE/ASNC/HRS/SCAI/SCCT/SCMR/STS 2019 Appropriate Use Criteria for Multimodality Imaging in the Assessment of Cardiac Structure and Function in Nonvalvular Heart Disease. *J. Am. Coll. Cardiol.* **73**, 488–516 (2019).
4. Lê Thị Thùy Liên, Nguyễn Khởi Việt, Nguyễn Công Tiến, Lê Văn Tài & Phạm Minh Thông. Nghiên cứu vai trò của chụp cắt lớp vi tính 256 dãy trong đánh giá chức năng thất trái trên bệnh nhân có chỉ định chụp MSCT mạch vành: so sánh với siêu âm tim 2D. *Tạp Chí Điện Quang Việt Nam* 18–25 (2020).
5. Kang, E.-J., Hong, J., Park, J. & Lee, J. Reliability in Using Routine Coronary CT Angiography with Retrospective Electrocardiographic Gating for the Comprehensive Functional Evaluation of the Left Ventricle. *J. Korean Soc. Radiol.* **80**, 69–80 (2019).
6. Schlosser, T. et al. Assessment of left ventricular parameters using 16-MDCT and new software for endocardial and epicardial border delineation. *AJR Am. J. Roentgenol.* **184**, 765–773 (2005).
7. Salm, L. P. et al. Global and regional left ventricular function assessment with 16-detector row CT: comparison with echocardiography and cardiovascular magnetic resonance. *Eur. J. Echocardiogr. J. Work. Group Echocardiogr. Eur. Soc. Cardiol.* **7**, 308–314 (2006).
8. Sugeng, L. et al. Quantitative assessment of left ventricular size and function: side-by-side comparison of real-time three-dimensional echocardiography and computed tomography with magnetic resonance reference. *Circulation* **114**, 654–661 (2006).
9. Hegde, S., Bhat, V., Gadabhanahalli, K. & Kuppaswamy, M. MDCT Derived Left Ventricular Function in Relation to Echocardiography: Validation and Revising the Role with the Evolving Technology. *J. Cardiovasc. Echography* **24**, 18–24 (2014).
10. Krishnam, M. S. et al. Left ventricular ejection fraction using 64-slice CT coronary angiography and new evaluation software: initial experience. *Br. J. Radiol.* **81**, 450–455 (2008).