

# **KHUYẾN CÁO VỀ LƯỢNG GIÁ CHỨC NĂNG TIM BẰNG SIÊU ÂM Ở NGƯỜI LỚN TRƯỞNG THÀNH**

## ***Cập nhật từ Hội siêu âm tim Hoa Kỳ và Hội hình ảnh tim mạch Châu Âu***

Roberto M. Lang, MD, FASE, FESC, Luigi P. Badano, MD, PhD, FESC, Victor Mor-Avi, PhD, FASE, Jonathan Afilalo, MD, MSc, Anderson Armstrong, MD, MSc, Laura Ernande, MD, PhD, Frank A. Flachskampf, MD, FESC, Elyse Foster, MD, FASE, Steven A. Goldstein, MD, Tatiana Kuznetsova, MD, PhD, Patrizio Lancellotti, MD, PhD, FESC, Denisa Muraru, MD, PhD, Michael H. Picard, MD, FASE, Ernst R. Rietzschel, MD, PhD, Lawrence Rudski, MD, FASE, Kirk T. Spencer, MD, FASE, Wendy Tsang, MD, and Jens-Uwe Voigt, MD, PhD, FESC, Chicago, Illinois; Padua, Italy; Montreal, Quebec and Toronto, Ontario, Canada; Baltimore, Maryland; Creteil, France; Uppsala, Sweden; San Francisco, California; Washington, District of Columbia; Leuven, Liege, and Ghent, Belgium; Boston, Massachusetts

Trong thập kỷ vừa qua, những thay đổi trong thực hành siêu âm tim nhờ vào sự phát triển như vũ bão về công nghệ đã dẫn đến nhu cầu cấp bách phải cập nhật những khuyến cáo được công bố trước đây về lượng hoá kích thước các buồng tim. Đây là mục tiêu chung của Hội Siêu âm tim Hoa Kỳ và Hội Hình ảnh tim mạch Châu Âu. Khuyến cáo này cung cấp các giá trị bình thường cập nhật cho tất cả bốn buồng tim, bao gồm siêu âm tim ba chiều và siêu âm biến dạng cơ tim, được biên soạn từ nhiều cơ sở dữ liệu dựa trên số lượng lớn các đối tượng bình thường. Bên cạnh đó, một số khác biệt nhỏ tồn tại từ nhiều hướng dẫn xuất bản trước đây cũng được loại bỏ (*J Am Soc Echocardiogr 2015, 28: 1-39*)

*Translation by:*

Nguyen Tuan Hai, MD.

Nguyen Thi Minh Ly, MD.

Nguyen Thi Thu Hoai, MD., PhD.

Pham Nguyen Vinh, MD., PhD.

Do Doan Loi, MD., PhD.

## **CÁC TỪ VIẾT TẮT**

ASE	Hội Siêu Âm Tim Hoa Kỳ
BSA	Diện tích da
DTE	Siêu âm Doppler mô
EACVI	Hội hình ảnh tim mạch Châu Âu

EDV	Thể tích cuối tâm trương
ESV	Thể tích cuối tâm thu
EF	Phân suất tổng máu
FAC	Chỉ số thất phải
GLS	Sức căng cơ tim theo chiều dọc ( <i>ND: Một số tác giả dùng “biến dạng cơ tim theo chiều dọc”</i> )
IVC	Tĩnh mạch chủ dưới
LA	Tâm nhĩ trái
LV	Tâm thất trái
MDCT	Chụp cắt lớp vi tính đa dãy
PW	Doppler xung
RA	Tâm nhĩ trái
RIMP	Phân suất diện tích thất phải
RV	Tâm thất phải
STE	Siêu âm đánh dấu mô
TAPSE	Sự dịch chuyển vòng van ba lá trong thì tâm thu
TAVI	Cấy van động mạch chủ qua da
TAVR	Thay van động mạch chủ qua da
TEE	Siêu âm tim qua thực quản
3D	Ba chiều
3DE	Siêu âm tim 3 chiều
TTE	Siêu âm tim qua thành ngực
2D	Hai chiều
2DE	Siêu âm tim hai chiều

## MỤC LỤC

## I. Tâm thất trái

### 1. Kích thước thất trái

- 1.1. Đường kính thất trái
- 1.2. Thể tích thất trái
- 1.3. Giá trị tham chiếu bình thường trên siêu âm 2D
- 1.4. Giá trị tham chiếu bình thường trên siêu âm 3D

#### Khuyến cáo

### 2. Chức năng tâm thu toàn bộ thất trái

- 2.1. Chỉ số co ngắn sợi cơ
- 2.2. Phân suất tống máu
- 2.3. Sức căng trực dọc toàn bộ
- 2.4. Các giá trị tham chiếu bình thường

#### Khuyến cáo

### 3. Chức năng từng vùng thất trái

- 3.1. Phân vùng của thất trái
- 3.2. Đánh giá bằng quan sát
- 3.3. Vận động vùng trong nhồi máu và thiếu máu cục bộ cơ tim
- 3.4. Bất thường vận động vùng trong trường hợp không có bệnh lý mạch vành
- 3.5. Lượng giá vận động vùng thất trái bằng Doppler và sức căng cơ tim

#### Khuyến cáo

### 4. Khối lượng cơ thất trái

#### Khuyến cáo

## II. Tâm thất phải

### 5. Khuyến cáo chung về lượng giá thất phải

6. Các cửa sổ và mặt cắt cơ bản
7. Kích thước và chức năng thất phải
  - 7.1. Kích thước thất phải
  - 7.2. Thể tích thất phải

Khuyến cáo

8. Chức năng tâm thu thất phải

8.1. RIMP

8.2. TAPSE

8.3. Chỉ số thất phải trên siêu âm 2D (FAC)

8.4. Vận tốc vòng van ba lá trong thì tâm thu đánh giá bằng siêu âm Doppler mô

8.5. Sức căng và tốc độ căng thất phải

Khuyến cáo

III. Tâm nhĩ trái và tâm nhĩ phải

9. Kích thước và chức năng nhĩ trái

9.1. Các quy ước chung về kích thước nhĩ trái

9.2. Các phép đo kích thước và diện tích nhĩ trái

9.3. Thể tích nhĩ trái

9.4. Giá trị tham chiếu bình thường

Khuyến cáo

10. Kích thước và chức năng nhĩ phải

Khuyến cáo

IV. Vòng van động mạch chủ và gốc động mạch chủ

11. Vòng van động mạch chủ

12. Gốc động mạch chủ

13. Định nghĩa giãn gốc động mạch chủ

Khuyến cáo

V. Tĩnh mạch chủ dưới

Thông báo

Tài liệu tham khảo

Phụ lục

Phương pháp

Các kết quả đo trên siêu âm

## Phân tích thống kê

Lượng giá kích thước và chức năng các buồng tim là nền tảng của chẩn đoán hình ảnh tim mạch, trong đó siêu âm tim là phương pháp không xâm nhập được áp dụng phổ biến nhất, vì có khả năng cung cấp hình ảnh thực của tim đang hoạt động, đồng thời có tính sẵn sàng và cơ động cao. Tiêu chuẩn hóa phương pháp đánh giá và đo đạc các buồng tim được thực hiện dựa trên các khuyến cáo chính thức đang hiện hành, với sự thảo luận và đồng thuận của các chuyên gia siêu âm. Khuyến cáo gần nhất của Hội siêu âm tim Hoa Kỳ (ASE) và Hội siêu âm tim Châu Âu (đổi tên thành Hội hình ảnh tim mạch Châu Âu EACVI) về lượng giá các buồng tim được xuất bản năm 2005<sup>1,2</sup>.

Kể từ đó, công nghệ siêu âm tim vẫn không ngừng phát triển, với hai tiên bộ chính là siêu âm tim ba chiều (3D) thời gian thực, và hình ảnh biến dạng cơ tim. Mục tiêu của khuyến cáo lần này là cập nhật hóa, đưa ra những hướng dẫn và các giá trị tham chiếu cụ thể, đồng thời loại bỏ một số khác biệt nhỏ tồn tại trong những khuyến cáo trước. Những giá trị bình thường gồm cả các thông số siêu âm 3D và độ biến dạng cơ tim. Đặc biệt, bản khuyến cáo mới này dựa trên số lượng người bình thường lớn hơn, tổng hợp từ nhiều nguồn cơ sở dữ liệu, nhằm nâng cao độ tin cậy của các giá trị tham chiếu.

Mặc dù hầu hết các vấn đề được đề cập trong hướng dẫn này phản ánh sự nhất trí cao giữa các thành viên biên soạn, một chi tiết quan trọng vẫn còn tranh luận là sự phân vùng giá trị bất thường. Nhìn chung, ngoài việc mô tả một chỉ số là bình thường hay bất thường (giá trị tham chiếu), các chuyên gia siêu âm phân loại mức độ bất thường bằng các khái niệm: *nhẹ*, *trung bình*, hoặc *trầm trọng*, phản ánh mức độ chệch khỏi giá trị bình thường. Ngoài những thông số bình thường, việc chuẩn hóa ngưỡng bất thường cho tất cả các thông số siêu âm tim sẽ thuận tiện hơn, ví dụ như giá trị bất thường ở mức độ trung bình cần phải giống nhau trên toàn cầu. Tuy nhiên, người ta có thể xác định các ngưỡng bất thường bằng nhiều phương pháp khác nhau, điều này dẫn đến những hạn chế đáng kể.

Phương pháp đầu tiên là sự xác định bằng kinh nghiệm các ngưỡng bất thường ở mức độ nhẹ, vừa, trầm trọng dựa vào độ lệch chuẩn (SDs) trên, hoặc dưới giá trị giới hạn từ nhóm đối tượng là người bình thường. Ưu điểm là để

dàng thu nhận được dữ liệu cho hầu hết các thông số siêu âm tim, nhưng cũng có những hạn chế cơ bản. Thứ nhất, không phải tất cả các thông số siêu âm tim đều tuân theo phân bố chuẩn (hoặc phân bố Gauss), ngay cả trong một quần thể bình thường. Thứ hai, ngay cả khi một thông số nào đó được phân bố chuẩn trong số các đối tượng bình thường, hầu hết các thông số siêu âm tim lượng giá trong quần thể dân số chung, có một sự bất đối xứng đáng kể theo một hướng (kích thước lớn bất thường, hoặc chức năng giảm bất thường). Phương pháp thứ hai là xác định mức độ bất thường trên dựa vào giá trị phần trăm (ví dụ: thứ 95, thứ 99) của các phép đo trong một quần thể gồm cả người khỏe mạnh và người bị bệnh. Mặc dù những cơ sở dữ liệu này vẫn không được phân bố bình thường, chúng phản ánh được sự phân bố bất đối xứng và phân loại mức độ bất thường trong quần thể chung. Hạn chế chính của phương pháp này là dữ liệu dân số như vậy không tồn tại cho hầu hết các thông số siêu âm tim.

Lý tưởng là tìm ra được một phương pháp tiếp cận có giá trị dự báo kết quả hoặc có ý nghĩa tiên lượng. Tức là một biến số khi được xác định là lệch vừa phải khỏi giá trị bình thường sẽ phản ánh nguy cơ bị biến cố bất lợi của người bệnh chỉ ở mức độ trung bình. Rất nhiều thông số siêu âm không đủ cơ sở dữ liệu để kết nối với nguy cơ, ngoại trừ một số ít thông số như kích thước thất trái, phân suất tống máu, thể tích nhĩ trái. Mặt khác, cách tiếp cận này cũng có những hạn chế nhất định. Trước tiên là làm sao xác định được nguy cơ một cách tốt nhất. Ngưỡng đề xuất cho cùng một tham số là rất thay đổi với các nguy cơ khác nhau ở các nhóm dân số khác nhau, và tình trạng bệnh lý khác nhau.

Cuối cùng, các giá trị ngưỡng có thể được xác định và đồng thuận dựa trên kinh nghiệm của các chuyên gia. Giữa các thành viên của ban soạn thảo đã phát sinh những tranh luận gay gắt, một số cho rằng dữ liệu từ phương pháp này ít có tính khoa học, thậm chí có thể là một sự phá hoại với cộng đồng siêu âm tim, muốn đạt được một phân loại lâm sàng có ý nghĩa thì cần cách tiếp cận cụ thể, đặc hiệu theo từng bệnh. Một số khác thấy những giá trị ngưỡng như vậy làm cho các kết quả siêu âm có tính thống nhất hơn, giúp cho các nhà lâm sàng can thiệp dễ dàng hơn. Sự thỏa hiệp cuối cùng là giá trị tham chiếu dựa vào kinh nghiệm chỉ nên giới hạn cho phân suất tống máu thất

trái (EF) và thể tích thất trái, còn những thông số khác như kích thước hay khối lượng thất trái được liệt kê trong Phụ lục. Tất cả các thông số phải được yêu cầu xem xét một cách thận trọng.

Đối với các tham số khác ngoài kích thước, chức năng và khối lượng của thất trái, thể tích nhĩ trái, chỉ có giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của các giới hạn trên hoặc dưới, chuẩn hóa theo giới, tuổi, diện tích da (BSA) được liệt kê trong những phần tương ứng của khuyến cáo này. Các kết quả đo vượt quá  $\pm 1,96$  SDs (tức là 95% khoảng tin cậy) cần được xác định là bất thường. Những phân loại khác về mức độ chệch khỏi giá trị siêu âm tim bình thường, chỉ nên giới hạn trong nội bộ từng trung tâm, và không được đề cập tới trong khuyến cáo này.

Phương pháp lượng giá bằng siêu âm tim qua thực quản cũng có những ưu điểm và nhược điểm nhất định khi so sánh với siêu âm qua thành ngực. Mặc dù siêu âm tim qua thực quản quan sát một số cấu trúc tim rõ hơn, nhưng vì không có những mặt cắt chuẩn như ở siêu âm thành ngực, dẫn đến những khác biệt về kết quả đo, nhất là kích thước và độ dày thất trái, so với siêu âm qua thành ngực. Các giá trị kích thước, thể tích thất trái và thất phải bình thường được áp dụng cho cả siêu âm qua thành ngực và qua thực quản. Nên tham khảo thêm Khuyến cáo về siêu âm tim qua thực quản để nắm rõ hơn về các mặt cắt chuẩn để đạt chất lượng hình ảnh tối ưu<sup>3</sup>.

Tất cả các phép đo được mô tả trong Khuyến cáo này cần được thực hiện trên nhiều hơn một chu chuyển tim. Nên lấy giá trị trung bình của 3 chu chuyển nếu nhịp tim của bệnh nhân là nhịp xoang, và tối thiểu là 5 chu chuyển nếu bệnh nhân bị rung nhĩ. Ban biên soạn công nhận việc thực hiện theo khuyến cáo là khá mất thời gian, vì vậy đo theo nhịp đại diện được chấp thuận trong thực hành lâm sàng.

## **I. TÂM THẤT TRÁI**

### **1. Kích thước tâm thất trái**

Những thông số phổ biến nhất đánh giá kích thước tâm thất trái bao gồm các đường kính trong và thể tích đo bằng phương pháp tuyến tính. Các kết quả đo được lấy vào cuối thì tâm trương và cuối tâm thu, sau đó sử dụng

đánh giá chức năng thất trái toàn bộ. Để so sánh các cá nhân có trọng lượng cơ thể khác nhau, kết quả đo được hiệu chỉnh theo diện tích da.

### **1.1. Đo lường các đường kính**

Mặt cắt trục dọc cạnh ức được khuyến cáo sử dụng để đo các đường kính trong của tâm thất trái, và độ dày thành thất trái. Các thông số cần đo cẩn thận, chùm tia siêu âm đặt vuông góc với trục dọc của thất trái và đo tại hoặc ngay dưới đầu mút van hai lá. Từ mặt cắt này, vị trí con trỏ đo kích thước đặt ở giao diện giữa thành tim với đường viền nội mạc của buồng tim, và giao diện giữa thành tim với màng ngoài tim. Các đường kính trong được đo bằng siêu âm TM dưới hướng dẫn của hình ảnh 2D, mặc dù cũng có thể đo trực tiếp trên siêu âm 2D để chùm tia siêu âm không bị chéo góc so với buồng tim, làm sai lệch kết quả đo đường kính thất trái (Bảng 1).

### **1.2. Đo lường thể tích**

Thể tích tâm thất trái được đo trên siêu âm 2D hoặc 3D. Cách tính thể tích dựa vào các đường kính thất trái có thể không chính xác vì mặc định hình thái giải phẫu thất trái có dạng khối trụ elip, điều này không còn đúng trong nhiều trường hợp tim bệnh lý. Do vậy, phương pháp Teichholz và Quinones sử dụng các đường kính thất trái để đánh giá thể tích không còn khuyến cáo rộng rãi trong thực hành lâm sàng.

Các phép đo thể tích thường căn cứ vào đường viền nội mạc giữa thành tim và buồng thất trái. Vị trí khởi đầu và kết thúc của đường viền là hai điểm đối xứng tại mặt phẳng vòng van hai lá, nối với nhau bằng một đường thẳng. Đường kính dọc của tâm thất trái là khoảng cách xa nhất, từ điểm chính giữa của đường thẳng trên, tới đỉnh đường viền nội mạc thất trái tại mỏm tim. Khi đường kính này được đo trên cả mặt cắt hai buồng, và mặt cắt bốn buồng, khuyến cáo sử dụng kết quả lớn hơn.

Thể tích thất trái cần phải đo trên cả mặt cắt hai buồng và bốn buồng từ mỏm tim. Phải lấy được hình ảnh thất trái lớn nhất trên siêu âm 2D, để kết quả thu được không bị thấp hơn giả tạo so với thực tế. Tập trung vào buồng thất trái, bằng cách giảm độ sâu của hình ảnh, giúp hạn chế tối đa sai số liên quan đến việc xác định đường viền nội mạc, hay tình trạng co ngắn thất trái (Bảng 1). Siêu âm 3D ít bị ảnh hưởng bởi sự co ngắn thất trái hơn, vì vậy hình

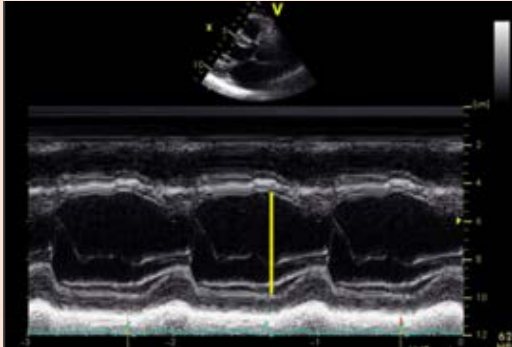
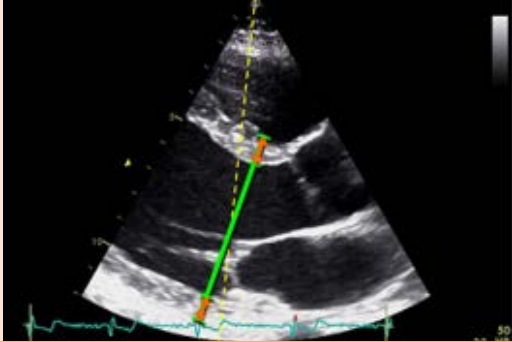
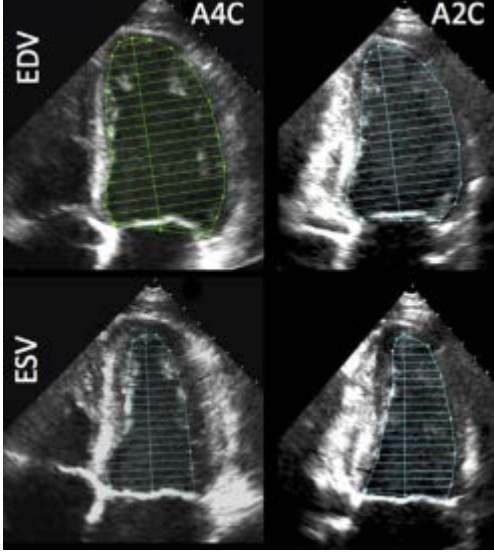


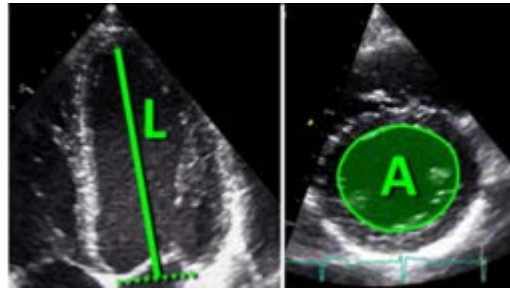
ảnh 3D cần tập trung lấy được toàn bộ tâm thất trái trong mặt cắt khối chóp. Độ phân giải thời gian của hình ảnh 3D cũng phải được tối ưu hóa mà không ảnh hưởng tới độ phân giải không gian, để đảm bảo lấy được tâm thất trái chính xác ở cuối thì tâm thu.

Theo các khuyến cáo hiện hành, nếu có từ hai đoạn nội mạc thất trái liền kề trở lên khó quan sát thấy trên mặt cắt tại mỏm tim, thì nên sử dụng các chất cản âm để cải thiện chất lượng hình ảnh đường viền nội mạc<sup>4</sup>. Trong các so sánh đối đầu, kết quả thể tích thất trái khi sử dụng chất cản âm lớn hơn kết quả thông thường, và gần với trị số đo bằng cộng hưởng từ hạt nhân<sup>5</sup>. Cần chú ý tránh hiện tượng bóng mờ khi viền ở vùng đáy thất trái, do sự tăng độ tập trung cản âm ở vùng này. Tuy nhiên, giá trị tham chiếu bình thường của thể tích thất trái đo bằng siêu âm cản âm, vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ.

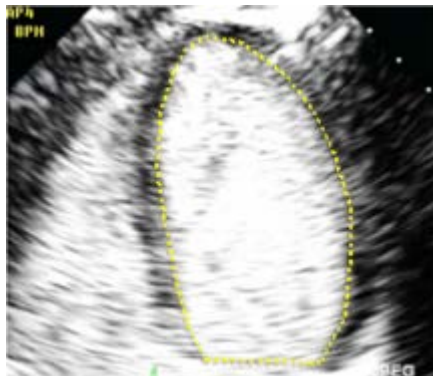
Phương pháp lượng giá thể tích thất trái phổ biến nhất, và nhận được sự đồng thuận của các chuyên gia trong khuyến cáo này, là phương pháp tính tổng thể tích của các khối đĩa trên hai bình diện (phương pháp Simpson sửa đổi). Một phương pháp khác đánh giá thể tích thất trái khi đường viền nội mạc không rõ ràng, gọi là phương pháp chiều dài – diện tích, giả định thất trái có hình giống viên đạn. Diện tích cắt ngang thất trái được đo tự động trên mặt cắt trục ngắn cạnh ức, và đường kính thất trái đo từ điểm chính giữa đường kính vòng van hai lá tới đỉnh của mỏm tim trên mặt cắt bốn buồng từ mỏm (Bảng 1). Nhược điểm của phương pháp này là giả thiết thất trái hình viên đạn không phải lúc nào cũng chính xác. Một trong những ưu điểm của siêu âm 3D là không dựa vào dạng hình học của tâm thất. Với những bệnh nhân có chất lượng hình ảnh tốt, siêu âm 3D cho kết quả chính xác, có thể đo lại dễ dàng, vì vậy được khuyến cáo sử dụng nếu sẵn có và thuận tiện<sup>6</sup>. Ưu và nhược điểm của từng phương pháp được tóm tắt tại Bảng 1.

**Bảng 1: Khuyến cáo đo kích thước và chức năng thất trái trên siêu âm**

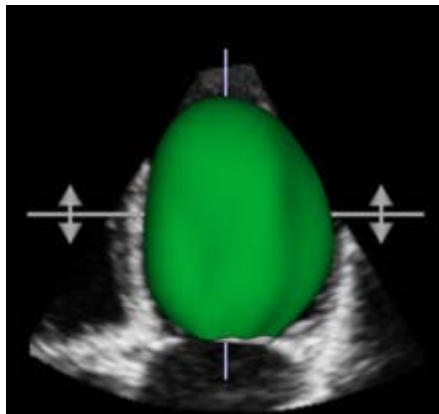
Hình ảnh siêu âm	Phương pháp khuyến cáo	Lợi ích	Hạn chế
<p><b>Các đường kính trong đo theo phương pháp tuyến tính</b></p> <p>Các đường kính trong của thất trái được đo trên mặt cắt trục dọc cạnh ức, vuông góc với trục thất trái, tại vị trí đầu nút của van hai lá.</p> <p>Con trỏ đo khoảng cách giữa thành tim với đường viền nội mạc của buồng tim, và khoảng cách giữa thành tim với màng ngoài tim (mũi tên màu da cam)</p>	<p>Siêu âm M-mode</p>  <p>Đo đường kính trên siêu âm 2D</p> 	<p>Có thể đo nhiều lần</p> <p>Độ phân giải theo thời gian cao</p> <p>Có nhiều dữ liệu đã công bố</p> <p>Dễ đặt vuông góc với trục dọc của thất trái</p>	<p>Hướng chùm tia siêu âm không theo trục</p> <p>Chỉ có giá trị nếu hình dạng thất trái bình thường</p> <p>Tốc độ khuôn hình thấp hơn M-mode</p> <p>Chỉ có giá trị nếu hình dạng thất trái bình thường</p>
<p><b>Các thể tích</b></p> <p>Phép đo thể tích thường dựa vào viền nội mạc buồng tim ở mặt cắt 4 buồng và 2 buồng.</p> <p>Đường viền bắt đầu và kết thúc ở 2 điểm đối diện tại vị trí vòng van hai lá. Chiều dài thất trái</p>	<p>Phương pháp Simpson</p>  <p>Phương pháp diện tích-chiều dài</p>	<p>Hiệu chỉnh khi hình dạng thất biến dạng</p> <p>Ít giả định về hình dạng hơn phương pháp đường kính</p> <p>Hiệu chỉnh một phần khi hình thái thất biến dạng</p>	<p>Vùng móm thường bị rút ngắn</p> <p>Đường viền nội mạc không rõ</p> <p>Không thấy sự biến dạng hình thể thất không quan sát được trên mặt cắt 2 buồng và 4 buồng từ móm</p> <p>Vùng móm thường bị rút ngắn</p> <p>Phụ thuộc nhiều vào giả định</p>



Viền nội mạc

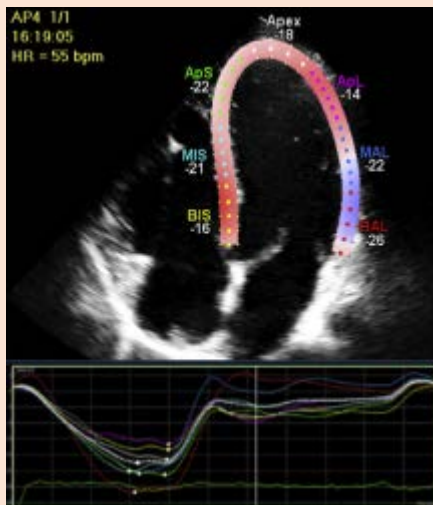


Siêu âm 3D



**Sức căng toàn bộ theo chiều dọc**

Giá trị đỉnh của sức căng trên siêu âm đánh dấu 2D (%)



Rất có ít khi cửa sổ siêu âm hạn chế  
Giá trị thể tích đo được gần với kết quả chụp cộng hưởng từ

Không có giả định về hình thể thất  
Không bị ảnh hưởng bởi sự rút ngắn  
Chính xác và dễ dàng thực hiện lại hơn những phương pháp khác

Không phụ thuộc góc  
Là thông số hứa hẹn có giá trị

hình thể thất  
Bằng chứng lâm sàng trên người bình thường còn ít

Có những nhược điểm tương tự các phương pháp ở trên  
Vùng đáy thất trái bị mờ với quá nhiều cản âm

Độ phân giải về thời gian thấp hơn  
Ít cơ sở dữ liệu trên người bình thường hơn  
Chất lượng hình ảnh phụ thuộc

Phụ thuộc vào nhà cung cấp

### **1.3. Giá trị tham chiếu bình thường trên siêu âm 2D.**

Dữ liệu được rút ra từ bảy nghiên cứu, bao gồm Asklepios (năm 0 và năm 10) <sup>7</sup> Flemengho<sup>8</sup>, CARDIA5 và CARDIA25<sup>9</sup>, Padua 3D Echo Normal <sup>10</sup>, và Normal Reference Ranges for Echocardiography study <sup>11,12</sup> để thu được giá trị tham chiếu bình thường của tâm thất trái và tâm nhĩ trái (xem mục 10). Tất cả các kết quả siêu âm này đều không sử dụng chất cản âm. Tất cả các đối tượng đều được thống kê tuổi, giới tính, dân tộc, chiều cao, và cân nặng. Để đảm bảo kết quả thu được là của người bình thường, nghiên cứu loại trừ bất kỳ đối tượng nào có một trong những tiêu chuẩn sau đây: huyết áp tâm thu > 140 mm Hg, huyết áp tâm trương > 80 mmHg, tiền sử tăng huyết áp đang điều trị bằng thuốc, tiểu đường, giảm dung nạp glucose khi đói > 100 mg / dL, chỉ số khối cơ thể > 30 kg /m<sup>2</sup>, creatinine > 1,3 mg / dL, mức lọc cầu thận ước tính < 60mL/phút/1.73m<sup>2</sup>, cholesterol toàn phần > 240mg / dL, LDL – cholesterol > 130 mg/dL, triglycerides toàn phần > 150 mg/dL. Phần Phụ lục trình bày các phân tích thống kê chi tiết. Vì mục tiêu của các nghiên cứu khác nhau, không phải tất cả các kết quả siêu âm tim đều sẵn có trong bộ cơ sở dữ liệu. Phụ bảng 1 tóm tắt cơ sở dữ liệu cho từng nhóm đo lường và đặc tính cơ bản của chúng.

Bảng 2 chỉ ra các giá trị kích thước và chức năng thất trái bình thường trên siêu âm, phân theo giới tính, trong khi Phụ bảng 2 cung cấp số liệu mở rộng của cùng các thông số, đo từ các mặt cắt siêu âm khác nhau, đồng thời thống kê cả số lượng đối tượng tham gia nghiên cứu. Các ngưỡng bình thường và các kết quả dựa vào sự đồng thuận của kích thước, thể tích, phân số tổng máu và khối lượng cơ thất trái được liệt kê trong Phụ bảng 3. Phân tích đa biến cho thấy tuổi, giới, và BSA có ảnh hưởng độc lập với thể tích cuối tâm thu và cuối tâm trương của thất trái. Phụ bảng 4 chỉ ra các kết quả tuyệt đối và kết quả chuẩn hóa theo BSA chia theo giới và nhóm tuổi.

Chủng tộc là một yếu tố quan trọng, kết quả phân tích theo chủng tộc và giới tính được trình bày trong Phụ bảng 5. Phân tích hồi quy đưa ra các biểu đồ kích thước thất trái so với BSA, hoặc thể tích thất trái chuẩn theo BSA so với tuổi (Hình 1,2). Ngoài ra còn có biểu đồ về các số đo thất trái tuyệt đối so với tuổi (Hình phụ 1,2), và BSA (Hình phụ 3,4) (xem Phụ lục).

### **1.4. Giá trị tham chiếu bình thường trên siêu âm 3D**

Bảng 3 tóm tắt các thông số siêu âm 3D trên người bình thường trong một số nghiên cứu<sup>13</sup>. Sự đa dạng của các kết quả có thể do những khác biệt về quần thể nghiên cứu, máy siêu âm, phần mềm phân tích cũng như kỹ thuật đo. Nếu chất lượng hình ảnh tốt, siêu âm 3D có độ chính xác tương đương với cộng hưởng từ hạt nhân, mặc dù giá trị thể tích thất trái đo bằng siêu âm có xu hướng thấp hơn<sup>6</sup>.

Theo một nghiên cứu về ảnh hưởng của chủng tộc lên thể tích thất trái, thể tích thất trái đo bằng siêu âm 3D của người gốc Châu Á thấp hơn người Châu Âu da trắng, nhưng không có sự khác biệt về EF<sup>14</sup>. Hầu hết các nghiên cứu siêu âm tim 3D đều cho thấy giữa tuổi và thể tích thất trái chỉ có mối tương quan tỷ lệ nghịch yếu, trong khi EF không thay đổi đáng kể theo tuổi<sup>10,15,16</sup>. Kết quả này cũng tương tự với các nghiên cứu bằng cộng hưởng từ hạt nhân<sup>17,18</sup>. Trên cơ sở các giá trị trung bình cộng của ba nghiên cứu<sup>16,19,20</sup>, thể tích thất trái đo bằng siêu âm 3D lớn hơn so với siêu âm 2D. Giới hạn trên của các giá trị bình thường tương ứng như sau: EDV = 79 mL / m<sup>2</sup> ở nam giới và 71 mL / m<sup>2</sup> ở phụ nữ, ESV = 32 mL / m<sup>2</sup> ở nam và 28 mL / m<sup>2</sup> ở nữ. Cần phải có một nghiên cứu lớn, trong một quần thể đa dạng, để tìm ra các giá trị bình thường trên siêu âm 3D cho các chủng tộc khác nhau.

**Khuyến cáo:** Thể tích thất trái trên siêu âm 2D được khuyến cáo đánh giá bằng phương pháp Simpson. Tại những trung tâm có kinh nghiệm làm siêu âm 3D, nên đánh giá thể tích thất trái bằng kỹ thuật 3D, nếu chất lượng hình ảnh cho phép. Khuyến cáo lượng giá các kích thước buồng thất trái dưới hướng dẫn của siêu âm 2D. Các kết quả cần được hiệu chỉnh theo BSA. Giá trị tham chiếu chung trên siêu âm 2D của thể tích cuối tâm trương thất trái (EDV) là 74 mL / m<sup>2</sup> ở nam, 61 mL / m<sup>2</sup> ở nữ; của thể tích cuối tâm thu thất trái (ESV) là 31 mL / m<sup>2</sup> ở nam, 24 mL / m<sup>2</sup> ở nữ.

## 2. Chức năng tâm thu thất trái toàn bộ

Chức năng tâm thu thất trái toàn bộ thường được tính bằng hiệu số giữa giá trị cuối tâm trương và cuối tâm thu đo trên siêu âm một bình diện, 2D hoặc 3D, sau đó chia cho giá trị cuối tâm trương thất trái. Thì cuối tâm trương được xác định là thời điểm đầu tiên sau khi van hai lá đóng, hoặc thời điểm trong chu chuyển tim mà kích thước và thể tích thất trái lớn nhất. Thì cuối tâm thu được xác định là thời điểm đầu tiên sau khi van động mạch chủ đóng,

hoặc thời điểm trong chu chuyển tim mà kích thước và thể tích thất trái nhỏ nhất. Với người có nhịp tim đều, đánh giá thời gian đóng, mở van bằng siêu âm kiểu M, siêu âm Doppler xung hoặc liên tục giúp xác định chính xác các khoảng thời gian hoạt động của tâm thất.

### **2.1. Chỉ số cơ ngấn sợi cơ**

Chỉ số cơ ngấn sợi cơ được đo từ siêu âm kiểu M với hướng dẫn của 2D, hoặc tốt hơn là đo trực tiếp từ các thông số trên siêu âm 2D. Đánh giá chức năng thất trái toàn bộ theo phương pháp này sẽ không chính xác trong trường hợp có rối loạn vận động vùng do bệnh lý mạch vành hoặc rối loạn dẫn truyền. Với những bệnh nhân tăng huyết áp không biến chứng, béo phì, bệnh van tim, khá hiếm gặp rối loạn vận động vùng nếu như không có nhồi máu cơ tim đáng kể, vì vậy những thông số nói trên có ý nghĩa trong thực hành lâm sàng<sup>21</sup>. Ở bệnh nhân có kích thước vùng đáy thất trái bình thường, nhưng vùng giữa hoặc mỏm giãn, thì thể tích thất trái có giá trị hơn là các thông số đo lường tại vùng đáy thất trái.

### **2.2. EF**

Công thức tính phân suất tống máu (EF) từ EDV và ESV như sau:

$$EF = (EDV - ESV) / EDV$$

Các thể tích thất trái được đo bằng siêu âm 2D hoặc 3D (phần 1.2). Phương pháp Simpson sửa đổi được khuyến cáo áp dụng để đánh giá phân suất tống máu thất trái trên siêu âm 2D. Bảng 4 liệt kê phân suất tống máu đo bằng phương pháp này, bao gồm các giá trị bình thường và các giá trị ngưỡng của từng giới dựa vào sự đồng thuận. Ở những bệnh nhân có chất lượng hình ảnh tốt, đánh giá EF bằng siêu âm 3D cho kết quả chính xác, có thể lặp lại nhiều lần, và được khuyến áp dụng nếu sẵn sàng và thuận tiện.<sup>6,10,15,16,19,20</sup>

**Bảng 2: Các giá trị bình thường theo giới tính, về kích thước và chức năng thất trái trên siêu âm 2D**

Thông số	Nam giới		Nữ giới	
	X ± SD	2-SD	X ± SD	2-SD
<b>Đường kính thất trái</b>				
Tâm trương (mm)	50.2 ± 4.1	42.0 - 58.4	45.0 ± 3.6	37.8 - 52.2
Tâm thu (mm)	32.4 ± 3.7	25.0 - 39.8	28.2 ± 3.3	21.6 - 34.8
<b>Thể tích thất trái (2 bình diện)</b>				
EDV (ml)	106 ± 22	62 - 150	76 ± 15	46 - 106
ESV (ml)	41 ± 10	21 - 61	28 ± 7	14 - 42
<b>Thể tích thất trái chỉnh theo BSA</b>				
EDV (ml/m <sup>2</sup> )	54 ± 10	34 - 74	45 ± 8	29 - 61
ESV (ml/m <sup>2</sup> )	21 ± 5	11 - 31	16 ± 4	8 - 24
EF (2 bình diện)	62 ± 5	52 - 72	64 ± 5	54 - 74

### 2.3. Sức căng toàn bộ thất trái theo chiều dọc (GLS)

Sức căng Lagrange được định nghĩa là sự thay đổi độ dài theo một hướng nhất định, so với chiều dài cơ sở (*ND: một số tác giả dùng từ “biến dạng” thay cho từ “sức căng”*).

$$\text{Strain (\%)} = (L_t - L_0)/L_0$$

Trong đó  $L_t$  là chiều dài tại thời điểm  $t$ , và  $L_0$  là chiều dài ban đầu tại thời điểm 0. GLS là thông số đánh giá chức năng tâm thu thất trái toàn bộ dựa vào sức căng được sử dụng phổ biến nhất, và được đo bằng siêu âm đánh dấu mô (SLE)<sup>22-24</sup> (Bảng 1). Trên siêu âm 2D, đỉnh GLS mô tả sự thay đổi độ dài tương đối của cơ tim giữa thì cuối tâm trương và cuối tâm thu:

$$\text{GLS (\%)} = (ML_s - ML_d)/ML_d$$

Trong đó ML là chiều dài cơ tim ở cuối tâm thu ( $ML_s$ ) và cuối tâm trương ( $ML_d$ ). Vì  $ML_s$  nhỏ hơn  $ML_d$ , GLS đỉnh có giá trị âm. Tính chất âm của GLS có thể dẫn tới sự nhầm lẫn khi mô tả sự tăng hay giảm của sức căng. Để tránh hiểu nhầm, tất cả các thông số tham chiếu về tăng hay giảm sức căng được khuyến cáo so sánh với với giá trị tuyệt đối của sức căng.

Sau khi tối ưu hóa chất lượng hình ảnh, mở rộng tối đa tốc độ khuôn hình, giảm tối thiểu sự co ngắn để làm giảm sai số, tiến hành đo GLS trên 3 mặt cắt chuẩn từ mỏm, và lấy trung bình<sup>25</sup>. Mặt cắt trục dọc từ mỏm được sử dụng đầu

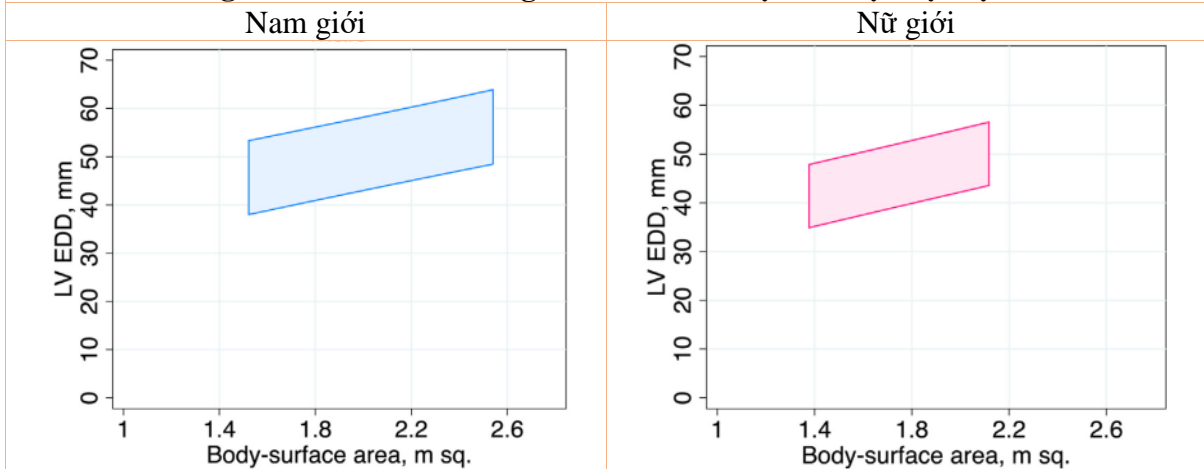
tiên đề quan sát van động mạch chủ đóng. Không nên tính GLS nếu kỹ thuật đánh dấu theo vùng từ hai đoạn cơ tim trở lên không đạt chất lượng tối ưu trên cùng một mặt cắt. Trong trường hợp này chức năng thất trái theo chiều dọc có thể đánh giá bằng những chỉ số khác như sự dịch chuyển vòng van hai lá trong thì tâm thu, hay vận tốc đỉnh tại vòng van hai lá đo bằng siêu âm Doppler mô cơ tim (s').

Có những định nghĩa đồng thời làm cơ sở cho việc tính toán GLS sử dụng phương pháp biến dạng nội mạc cơ tim, thành giữa hoặc trung bình.<sup>24</sup> Khuyến cáo này tránh đưa ra những hướng dẫn lựa chọn, mà đề nghị tuân thủ các tiêu chuẩn chung của Hội siêu âm Hoa Kỳ và Hội hình ảnh tim mạch Châu Âu, cũng như của nhà sản xuất.<sup>24,26</sup> Vì sự khác biệt giữa các nhà sản xuất, các phần mềm, sự phụ thuộc vào tuổi và các điều kiện tải, việc đánh giá liên tiếp GLS ở mỗi bệnh nhân nên được thực hiện trên cùng một máy siêu âm, sử dụng cùng một phần mềm.

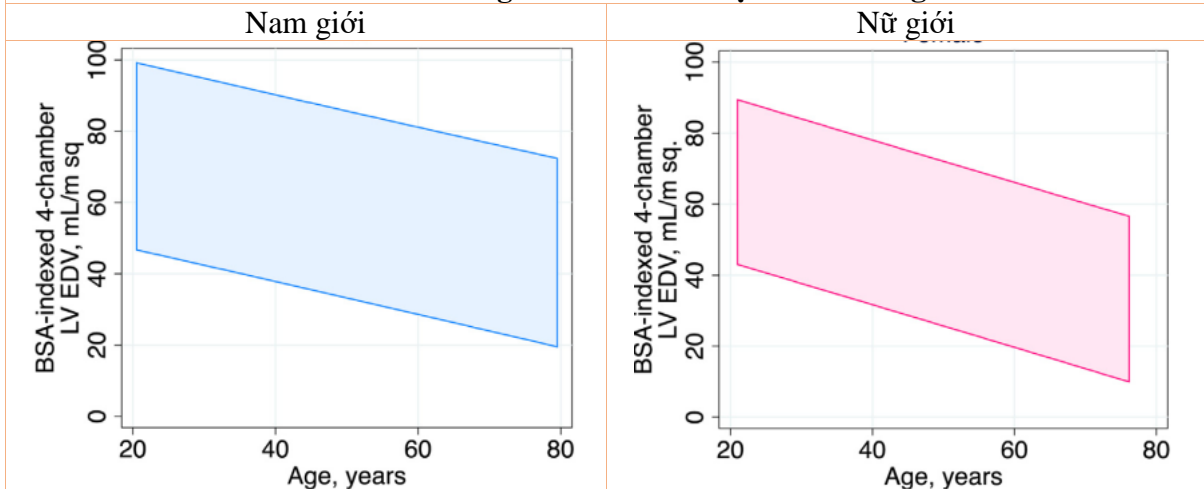
GLS đo tại thành giữa thất trái nhận được nhiều sự ủng hộ nhất từ cơ sở dữ liệu hiện tại. Mặc dù bằng chứng lâm sàng ít hơn so với phân suất tống máu thất trái, GLS thành giữa cũng đã chứng minh được độ tin cậy cao, có thể thực hiện nhiều lần trong một số nghiên cứu<sup>27</sup>, đồng thời có giá trị tiên lượng ngày càng tăng ở các bệnh nhân không chọn lọc, để đánh giá chức năng thất trái khi nghỉ<sup>28,29</sup>, hoặc dự báo chức năng thất trái sau phẫu thuật ở bệnh nhân bệnh van tim<sup>30,31</sup>.



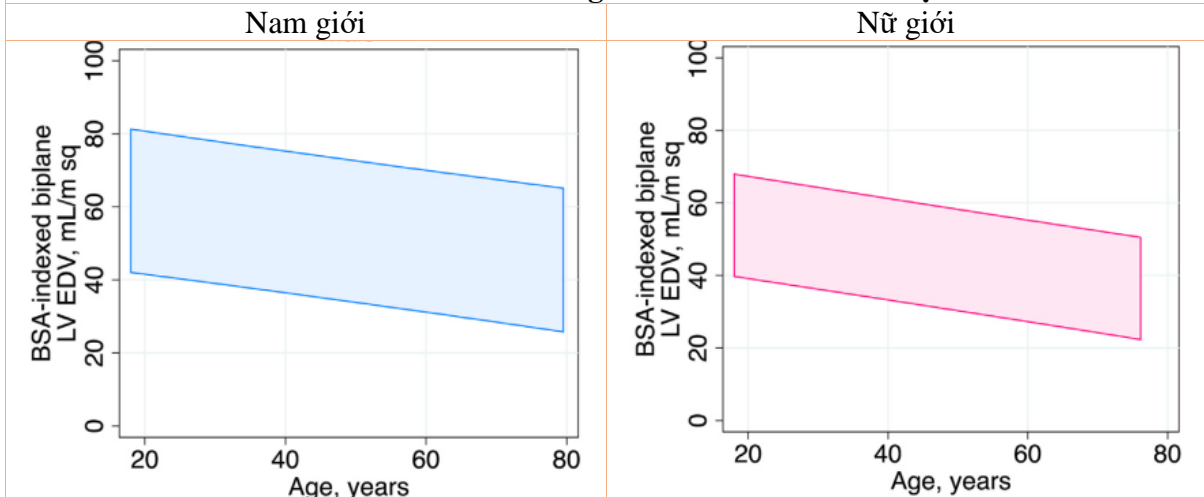
### Đường kính cuối tâm trương thất trái trên mặt cắt trục dọc cạnh ức



### Thể tích cuối tâm trương thất trái trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm



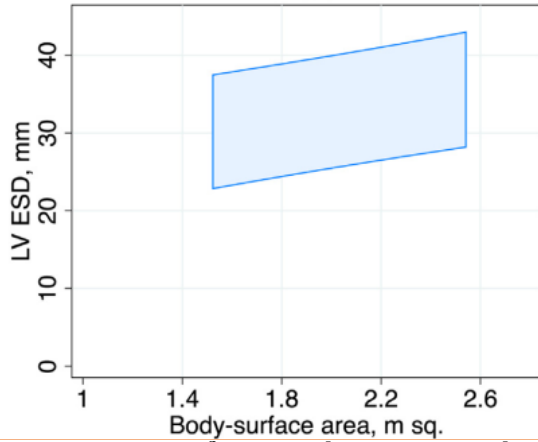
### Thể tích cuối tâm trương thất trái trên 2 bình diện



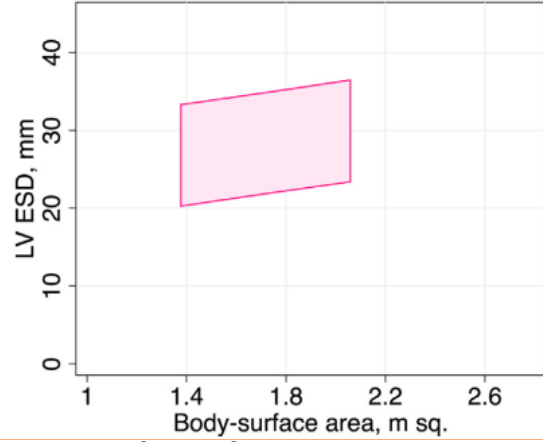
Hình 1: Đối với nam giới (trái) và phụ nữ (phải), các khoảng tin cậy 95% cho các kết quả đo như sau: các đường kính cuối tâm trương trên mặt cắt trục dọc cạnh ức, theo BSA (trên cùng), các đường kính cuối tâm trương trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm hiệu chỉnh theo BSA và tuổi (ở giữa), và các đường kính cuối tâm trương ở 2 bình diện hiệu chỉnh theo BSA và tuổi (dưới cùng). Ví dụ, kết quả đo đường kính cuối tâm trương thất trái hiệu chỉnh theo BSA ở một phụ nữ 40 tuổi bình thường có giá trị từ 30 đến 78 mL/m<sup>2</sup>.

### Đường kính cuối tâm thu thất trái trên mặt cắt trục dọc cạnh ức

Nam giới

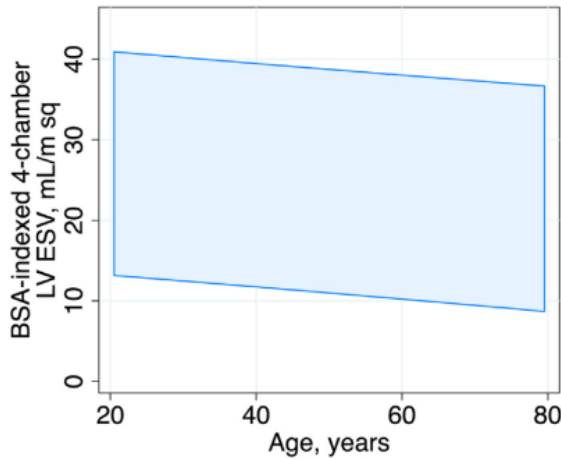


Nữ giới

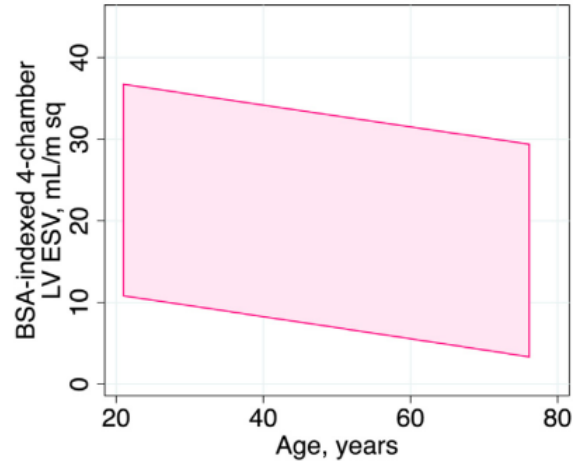


### Thể tích cuối tâm thu thất trái trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm

Nam giới

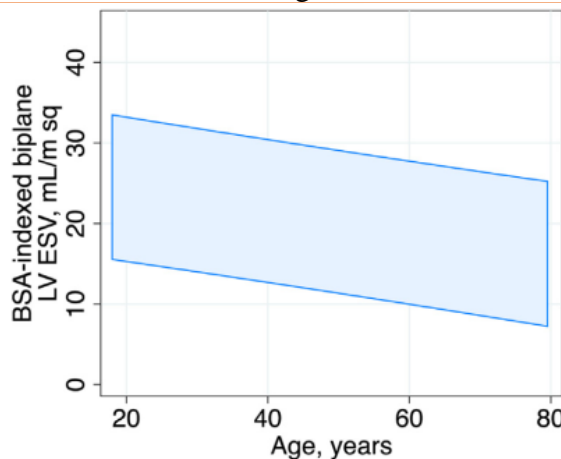


Nữ giới

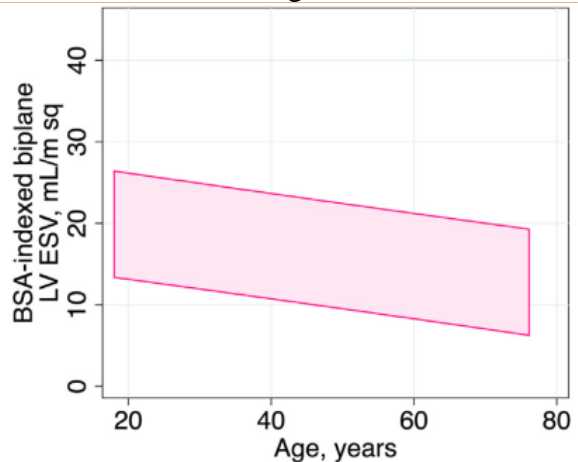


### Thể tích cuối tâm thu ở 2 bình diện hiệu chỉnh theo BSA và tuổi

Nam giới



Nữ giới



Hình 2: Đối với nam giới (trái) và phụ nữ (phải), các khoảng tin cậy 95% cho các kết quả đo như sau: các đường kính cuối tâm thu trên mặt cắt trục dọc cạnh ức, theo BSA (trên cùng), các đường kính cuối tâm thu trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm hiệu chỉnh theo BSA và tuổi (ở giữa), và các đường kính cuối tâm thu ở 2 bình diện hiệu chỉnh theo BSA và tuổi (dưới cùng).

## 2.4. Giá trị tham chiếu bình thường

Giá trị tham chiếu bình thường của phân suất tổng máu thất trái đo bằng siêu âm 2D đã được cập nhật trên cơ sở các nghiên cứu cộng đồng (Phần 1.3). Thông tin chi tiết có thể tìm trong Bảng 2,4 và Phụ bảng 2-5 (xem Phụ lục). EF không bị ảnh hưởng bởi giới, tuổi, trọng lượng cơ thể, được chuẩn hóa theo BSA. Giá trị EF bình thường theo phương pháp Simpson là  $63\pm 5\%$ . Vì vậy, EF trong giới hạn từ 53% tới 73% được coi là bình thường ở người trên 20 tuổi. Các báo cáo gần đây cũng ghi nhận giá trị EF bình thường đo bằng siêu âm 3D ở các nhóm chủng tộc khác nhau (Bảng 3).

Các giá trị GLS bình thường phụ thuộc vào cách xác định vị trí đo trên cơ tim, loại máy siêu âm, phiên bản phần mềm được sử dụng, vì vậy kết quả công bố có những khác biệt đáng kể<sup>27,32,33</sup>. Bản khuyến cáo này không đưa ra giá trị tham chiếu bình thường có tính thống nhất, vì sự khác biệt giữa các nhà cung cấp, hay các gói phần mềm vẫn còn quá lớn. Một số hướng dẫn chấp thuận GLS đỉnh thay đổi trong giới hạn  $-20\%$  được coi là bình thường ở người khỏe mạnh. Một số nghiên cứu gần đây công bố giá trị bình thường thấp hơn (Phụ bảng 6 trong phần Phụ lục). Có bằng chứng chỉ ra GLS của phụ nữ có giá trị tuyệt đối cao hơn một chút so với nam giới, và giá trị sức căng giảm theo tuổi<sup>32,34</sup>. Nếu được đo bởi cùng một nhóm, bằng một phương pháp, sử dụng cùng phần mềm, GLS là thông số rất nhạy và có giá trị trong theo dõi lâu dài.

**Khuyến cáo.** Cách tính phân suất tổng máu EF trên siêu âm 2D hoặc 3D dựa vào EDV và ESV, được khuyến cáo sử dụng thường quy để đánh giá chức năng tâm thu thất trái. EFs  $< 52\%$  đối với nam giới và  $< 54\%$  đối với phụ nữ gợi ý chức năng tâm thu thất trái giảm. Sức căng toàn bộ thất trái theo chiều dọc đo bằng siêu âm đánh dấu mô 2D có thể thực hiện nhiều lần, là thông số có giá trị tiên lượng trong thực hành lâm sàng so với EF, tuy nhiên còn phụ thuộc vào loại máy và phần mềm sử dụng để đo đạc. GLS đỉnh trong khoảng  $-20\%$  được coi là bình thường ở người khỏe mạnh, còn sức căng thấp hơn giá trị tuyệt đối nói trên, gợi ý tình trạng bệnh lý.

**Bảng 3: Các thông số thất trái bình thường đo trên siêu âm 3D**

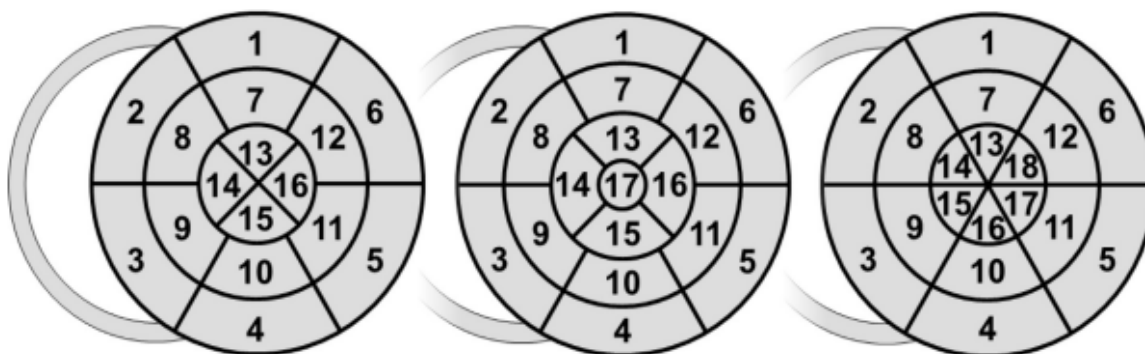
	Aune và cs (2010)	Fukuda và cs (2012)	Chahal và cs. (2012)	Muraru và cs.(2013)
<b>Số lượng (n)</b>	166	410	978	226
<b>Chủng tộc</b>	Bắc Âu	Nhật Bản	51% Châu Âu da trắng, 49% Châu Á gốc Ấn	Châu Âu da trắng
<b>EDVi(mL/m<sup>2</sup>)</b>				
<b>Nam, TB (LLN,ULN)</b>	66(46,86)	50 (26,74)	Trắng:49 (31,67); Ấn: 41(23,59)	63 (41, 85)
<b>Nữ, TB (LLN,ULN)</b>	58 (42,74)	46 (28,64)	Trắng:42 (26,58); Ấn: 39(23,55)	56 (40,78)
<b>ESVi (mL/m<sup>2</sup>)</b>				
<b>Nam, TB (LLN,ULN)</b>	29 (17,41)	19 (9, 29)	Trắng:19 (9,29); Ấn: 16 (6,26)	24 (14,34)
<b>Nữ, TB (LLN,ULN)</b>	23 (13,33)	17 (9, 25)	Trắng:16 (8, 24); Ấn: 15 (7, 23)	20 (12,28)
<b>EF (%)</b>				
<b>Nam, TB (LLN,ULN)</b>	57 (49, 65)	61 (53, 69)	Trắng: 61 (49, 73); Ấn: 62 (52, 72)	62 (54, 70)
<b>Nữ, TB (LLN,ULN)</b>	61 (49, 73)	63 (55, 71)	Trắng:62 (52, 72); Ấn: 62 (52, 72)	65 (5, 73)

*Chú thích: EDVi: Chỉ số thể tích cuối tâm trương; ESVi: Chỉ số thể tích cuối tâm thu; LLN: Giới hạn thấp của bình thường; ULN: Giới hạn cao của bình thường, TB: trung bình*

**Bảng 4: Giá trị tham chiếu bình thường, và các ngưỡng bất thường của thể tích nhĩ trái, và phân suất tổng máu thất trái (EF) trên siêu âm 2D**

	Nam giới				Phụ nữ			
	Bình thường	Bất thường nhẹ	Bất thường trung bình	Bất thường trầm trọng	Bình thường	Bất thường nhẹ	Bất thường trung bình	Bất thường trầm trọng
EF (%)	52 -72	41 -51	30 -40	< 30	54 -74	41 -53	30 -40	< 30
Thể tích nhĩ trái lớn nhất, theo BSA (mL/m <sup>2</sup> )	16 -34	35 -41	42-48	> 48	16 -34	35 -41	42 -48	> 48

### 3. Chức năng thất trái theo từng vùng



#### Tất cả các mô hình:

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| 1. Trước đáy      | 7. Trước giữa      |
| 2. Trước vách đáy | 8. Trước vách giữa |
| 3. Dưới vách đáy  | 9. Dưới vách giữa  |
| 4. Dưới đáy       | 10. Dưới giữa      |
| 5. Dưới bên đáy   | 11. Dưới bên giữa  |
| 6. Trước bên đáy  | 12. Trước bên giữa |

#### Mô hình 16 và 17

- vùng:
- 13. Trước mỏm
  - 14. Vách mỏm
  - 15. Dưới mỏm
  - 16. Bên mỏm

#### Chỉ mô hình 17

- vùng
- 17. Mỏm

#### Chỉ mô hình 18

- vùng
- 13. Trước mỏm
  - 14. Trước vách mỏm
  - 15. Dưới vách mỏm
  - 16. Dưới mỏm
  - 17. Dưới vách mỏm
  - 18. Trước bên mỏm

**Hình 3:** Sơ đồ của các mô hình phân vùng thất trái khác nhau: mô hình 16 vùng (trái),<sup>36</sup> mô hình 17 vùng (ở giữa),<sup>35</sup> và mô hình 18 vùng (bên phải). Trong tất cả các sơ đồ, vòng ngoài thể hiện các vùng ở đáy, vòng giữa thể hiện các vùng ở mức cơ nhú giữa, và vòng trong tượng trưng cho vùng ở xa. Vị trí đỉnh phía trước của thành tự do thất phải vào thất trái xác định ranh giới giữa các vùng trước và vùng trước vách. Từ vị trí này, cơ tim bị chia thành 6 vùng bằng nhau, theo góc 60°. Trong mô hình 16 và 17 vùng, vùng mỏm được chia thành 4 phần bằng nhau theo góc 90°. Trong mô hình 17 đoạn, ở giữa “mắt bò” được bổ sung vùng “đỉnh của mỏm tim” (Theo Voigt và cs<sup>24</sup>).

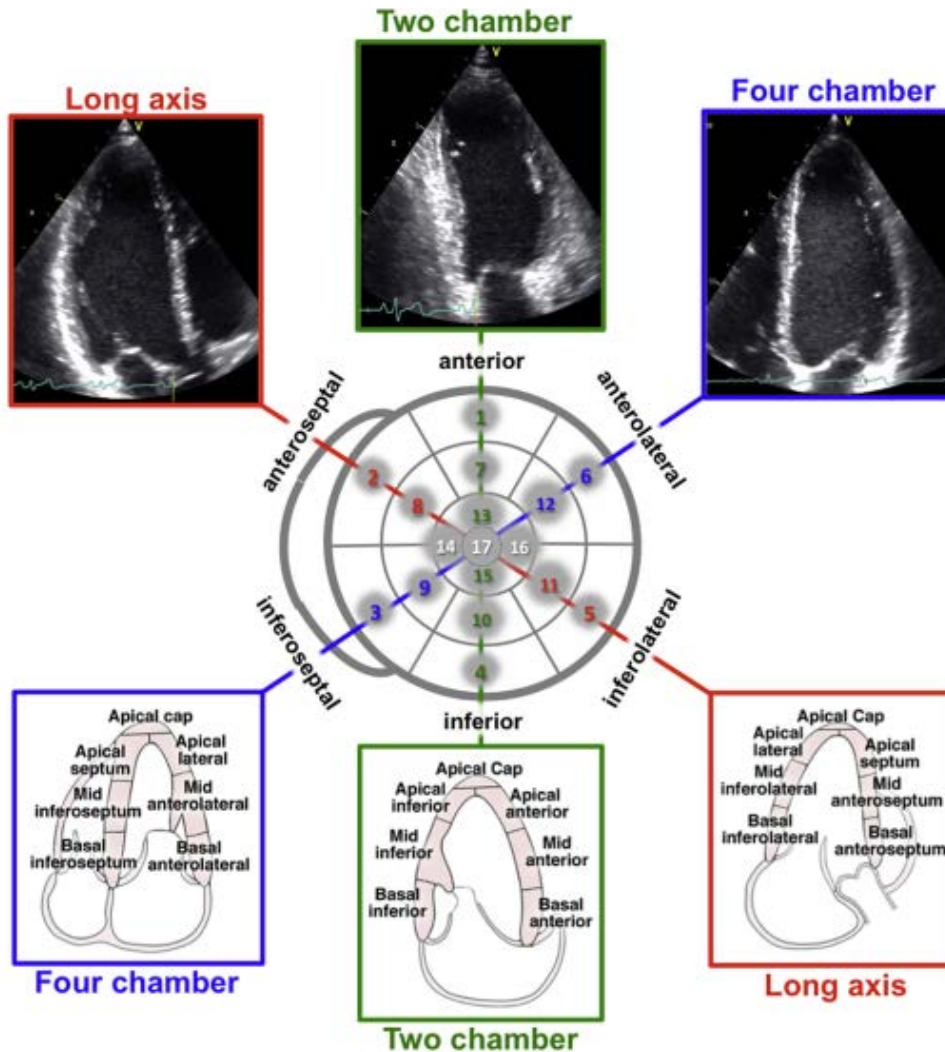
#### **3.1. Định khu tâm thất trái theo vùng**

Để đánh giá chức năng từng vùng, tâm thất trái được chia thành các vùng khác nhau. Sơ đồ phân vùng thành thất trái phản ánh vùng cấp máu của động mạch vành, cho phép chuẩn hóa sự liên hệ giữa siêu âm với các phương tiện chẩn đoán hình ảnh khác (Hình 3). Mô hình phân chia thất trái làm 17 vùng được sử dụng phổ biến nhất. Bắt đầu từ điểm nối vách liên thất phía trước với thành tự do của tâm thất phải, đi ngược chiều kim đồng hồ, các đoạn đáy và giữa thất trái được phân thành vùng trước vách, dưới vách, dưới, dưới bên, trước bên, và vùng trước. Mỏm tim được chia làm năm vùng: vách, dưới, bên, trước mỏm, và “đỉnh mỏm” là vùng cơ tim ở vị trí kết thúc của buồng thất trái (Hình 3 và 4)<sup>35</sup>. Mô hình 17 vùng có thể được áp dụng trong các nghiên cứu về tưới máu cơ tim, hoặc để so sánh các phương pháp chẩn đoán hình ảnh khác nhau như chụp cắt lớp xạ hình đơn dòng, chụp cắt lớp xạ

hình positron và cộng hưởng từ hạt nhân. Hình 5 chỉ ra sơ đồ tưới máu cơ tim của ba động mạch vành chính. Khi sử dụng mô hình này để đánh giá vận động thành hoặc sức căng từng vùng, thì vùng thứ 17 (đỉnh mỏm) không được tính đến.

Một số mô hình phân vùng khác được sử dụng: Mô hình 16 vùng phân chia toàn bộ mỏm tim làm 4 vùng (vách, dưới, bên, trước; Hình 3 bên trái). Hoặc mô hình 18 vùng, phân chia mỏm tim làm 6 vùng, tương tự như với phần đáy và giữa thất trái (Hình 3 bên phải), tuy đơn giản nhưng hơi chia nhỏ quá mức vùng cơ tim ở xa khi tính điểm.

Tất cả các phân vùng đều có thể quan sát được bằng siêu âm 2D. Thông thường, mặt cắt 2 buồng, và mặt cắt trục dọc từ mỏm giao với mặt cắt 4 buồng ở góc  $53^{\circ}$ ,  $129^{\circ}$ ,<sup>37</sup> cho phép đánh giá toàn bộ trung tâm của tất cả các vùng từ cửa sổ tại mỏm tim, bất kể là áp dụng mô hình nào. Cho dù tồn tại một số biến thể trong tưới máu mạch vành, các phân vùng cơ tim do 3 động mạch vành chính chi phối (Hình 5)<sup>35</sup>.



**Hình 4** Định hướng của 4 buồng từ mỏm tim (A4C), 2 buồng từ mỏm (A2C), và trục dọc từ mỏm (ALX) liên quan đến sự phân bố kiểu “mắt bò” của các vùng thất trái (giữa). Các hình phía trên hiển thị hình ảnh thực của tim, còn các sơ đồ phía dưới mô tả các phân vùng thất trái trong mỗi mặt cắt.

### 3.2. Đánh giá bằng mắt

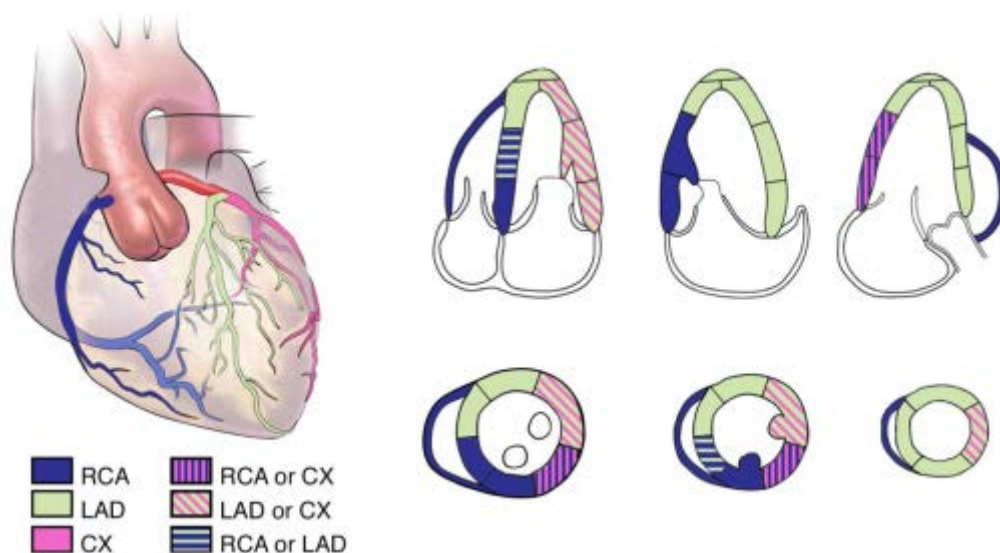
Trên siêu âm, chức năng từng vùng cơ tim được đánh giá dựa vào quan sát sự dày lên của thành tim, và vận động nội mạc của từng vùng cơ tim. Cần tập trung phân tích sự biến dạng từng vùng (dày lên, co ngắn lại), vì vận động cơ tim có thể được tạo ra bởi sự dịch chuyển của vùng lân cận hoặc toàn bộ thất trái,. Tuy nhiên sự biến dạng này cũng có thể là thụ động, và do đó không phải lúc nào cũng phản ánh chính xác sự co cơ tim.

Mỗi vùng vận động được khuyến cáo phân tích riêng rẽ ở nhiều mặt cắt. Chỉ số vận động vùng là một phương pháp bán định lượng, được tính bằng trung bình cộng điểm vận động của tất cả các vùng được phân tích. Hệ thống tính điểm như sau: (1) bình thường hoặc tăng động, (2) giảm động (độ

dày giảm), (3) không vận động (cơ tim không dày lên hoặc dày không đáng kể, ví dụ sẹo cơ tim) và (4) vận động nghịch thường (mỏng hoặc duỗi trong thì tâm thu, như trường hợp phình vách). Phình vách tâm thất là một trường hợp thay đổi về hình thái, biểu hiện sự giãn và mỏng khu trú (tái cấu trúc), cùng với sự vô động hay vận động nghịch thường trong thì tâm thu<sup>38</sup>. Ngược lại với những khuyến cáo trước đó<sup>1,2</sup>, khuyến cáo lần này không nhất trí đặt ra một thang điểm vận động vùng riêng cho trường hợp phình vách.

### 3.3. Vận động vùng cơ tim trong nhồi máu và thiếu máu cục bộ

Tùy vào dự trữ mạch vành theo vùng, siêu âm tim gắng sức có thể phát hiện được tình trạng hẹp ý nghĩa động mạch vành, trên cơ sở khảo sát rối loạn vận động vùng các thành tim. Sẹo cơ tim có thể gây rối loạn vận động vùng ở các mức độ khác nhau. Siêu âm tim có thể đánh giá không đúng mức (quá cao hoặc quá thấp) số lượng vùng cơ tim bị thiếu máu cục bộ hoặc nhồi máu vì còn phụ thuộc vào hoạt động của các vùng cơ tim lân cận, các điều kiện tải, và tình trạng đờ cơ tim<sup>39</sup>. Trong siêu âm tim gắng sức, chất lượng đánh giá rối loạn vận động vùng có thể được cải thiện bằng cách sử dụng công nghệ số so sánh cùng lúc và đồng bộ hình ảnh vận động của cơ tim ở trạng thái nghỉ và trong lúc gắng sức<sup>40</sup>.



**Hình 5:** Phân bố vùng cấp máu của động mạch vành phải (RCA), động mạch liên thất trước (LAD), động mạch mũ (Cx). Giải phẫu mạch vành có thể khác nhau giữa các bệnh nhân. Sự cấp máu của động mạch vành cho một số vùng cũng khác nhau.



### ***3.4. Rối loạn vận động vùng trong trường hợp không có bệnh lý mạch vành***

Rối loạn vận động vùng có thể gặp trong nhiều bệnh lý khác ngoài bệnh mạch vành, như viêm cơ tim, sarcoidosis, bệnh cơ tim do stress (takotsubo). Vận động bất thường của vách liên thất có thể xuất hiện sau phẫu thuật tim, trong bloc nhánh trái, tạo nhịp mồm thất phải, suy chức năng thất phải do quá tải thể tích hoặc áp lực. Ngoài ra, một số tình trạng chậm dẫn truyền có thể làm rối loạn vận động vùng khu trú mà không có rối loạn chức năng tim. Nguyên nhân là do trình tự hoạt động bất thường của cơ tim dẫn đến sự không đồng nhất của các điều kiện tải và tái cấu trúc<sup>41</sup>. Lý tưởng là nên mô tả trình tự hoạt hóa và vận động cơ tim theo thời gian. Các kiểu chuyển động đặc trưng xuất phát từ trình tự hoạt động bất thường như nảy lên của vách liên thất (“beaking”, “flash”) hay vận động bên mồm thì tâm thu (“apical rocking”) cũng nên được ghi nhận<sup>42-45</sup>.

### ***3.5. Lượng giá vận động vùng cơ tim bằng siêu âm Doppler và STE***

Hiện nay, siêu âm Doppler mô hoặc siêu âm đánh dấu mô cơ tim được sử dụng để lượng giá chức năng từng vùng cơ tim<sup>46-48</sup>. Cả hai kỹ thuật đều cung cấp dữ liệu có thể so sánh được, mặc dù Doppler mô phụ thuộc vào góc và có xu hướng đánh giá thấp hơn thực tế những vùng cơ tim chuyển động không song song với chùm tia siêu âm. Những thông số phổ biến được đánh giá bao gồm vận tốc, kiểu vận động, sự biến dạng và tốc độ biến dạng. Vì vận tốc và chuyển động được đo có liên quan đến đầu dò, kết quả đo có thể bị ảnh hưởng bởi sự duỗi và vận động toàn bộ của cơ tim. Do vậy, các thông số về sự biến dạng như sức căng, và tốc độ căng được khuyến sử dụng hơn.

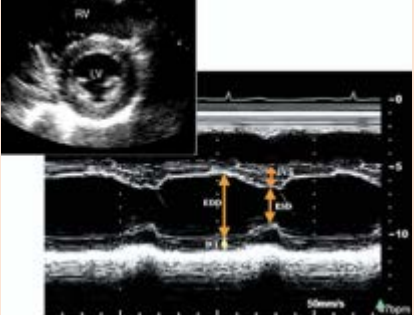
Thông số biến dạng cơ tim được sử dụng phổ biến nhất là sức căng theo chiều dọc trong thì tâm thu. Tương tự như sức căng toàn bộ, với công nghệ hiện tại, các thông số đo biến dạng từng vùng có thể rất khác biệt về biên độ, phụ thuộc vào vùng cơ tim được thăm dò, phương pháp đo, nhà sản xuất và cách xác định cửa sổ siêu âm. Vì vậy khuyến cáo này không đưa ra giá trị tham chiếu bình thường mà chờ đợi kết quả công bố trong các tài liệu đồng thuận sắp tới của ASE và EACVI<sup>23,25</sup>.

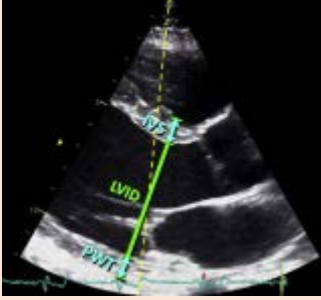
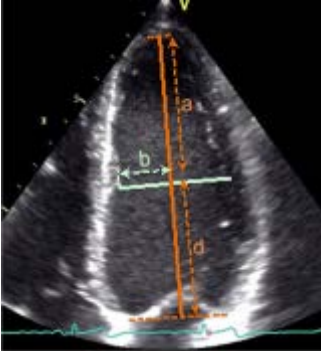
Những thay đổi đặc trưng của sự biến dạng cơ tim theo thời gian không phụ thuộc vào cường độ biến dạng và cũng có thể được đánh giá. Hoạt động

rút ngắn theo chiều dọc hay sự dày lên theo chiều chu vi của sợi cơ tim sau khi van van động mạch chủ đóng (sự dày lên hoặc rút ngắn sau tâm thu đôi khi được gọi là vận động muộn), > 20% thời gian biến dạng toàn bộ trong một chu chuyển tim là dấu hiệu hằng định về sự không thuần nhất của chức năng vận động theo vùng (như thiếu máu, sẹo cơ tim) <sup>44</sup>. Trên siêu âm tim gắng sức, sự tiến triển của tình trạng rút ngắn hậu tâm thu được coi là dấu hiệu chỉ điểm của thiếu máu cục bộ cơ tim <sup>49</sup>. Giá trị của các thông số biến dạng vùng và đặc điểm sức căng theo thời gian trên siêu âm đánh dấu mô đánh giá bằng cả siêu âm 2D và 3D hiện vẫn đang được nghiên cứu <sup>50,51</sup>.

**Khuyến cáo:** Có nhiều mô hình phân vùng cơ tim được sử dụng trong thực hành lâm sàng, nhưng mô hình 17 vùng được khuyến cáo sử dụng để đánh giá tưới máu cơ tim bằng siêu âm và các phương pháp chẩn đoán hình ảnh khác. Mô hình 16 vùng được khuyến cáo sử dụng trong thực hành lâm sàng đánh giá vận động của vách cơ tim, vì không thể nhận biết được sự dịch chuyển nội mạc và dày lên của vùng đỉnh mỏm tim. Mỗi vùng vận động được phân tích riêng rẽ ở nhiều mặt cắt với hệ thống tính điểm như sau: (1) bình thường hoặc tăng động, (2) giảm động (độ dày giảm), (3) không vận động (cơ tim không dày lên hoặc dày không đáng kể) và (4) vận động nghịch thường (mỏng hoặc duỗi trong thì tâm thu). Lượng giá độ biến dạng thất trái theo vùng vẫn chưa được đưa ra trong khuyến cáo này, vì sự thiếu hụt các giá trị tham chiếu, khả năng lặp lại còn hạn chế, và sự khác biệt giữa các nhà cung cấp.

**Bảng 5: Khuyến cáo về các phương pháp đo khối cơ thất trái trên siêu âm**

Phương pháp đo và các thông số	Hình ảnh siêu âm	Lợi ích	Hạn chế
<p><b>Phương pháp tuyến tính</b></p> <p>Công thức lũy thừa ba:</p> $\text{Khối thất trái} = 0.8 \times 1.04 \times [(\text{IVS} + \text{LVID} + \text{PWT})^3 - \text{LVID}^3] + 0.6 \text{ g}$ <p>IVS: Vách liên thất. LVID: Đường kính trong PWT: Độ dày thành dưới bên</p> <p>Cách đo đường kính trong thất trái được thực hiện trên mặt cắt cạnh ức, vuông góc với trục dọc thất trái và ở mức đầu mút van hai lá. Phương pháp M-mode có thể thực hiện trên mặt cắt trục ngắn hoặc trục dọc cạnh ức. Tất cả các thông số đều đo ở thì cuối tâm trương.</p>	<p>Phương pháp M-mode</p>  <p>Phương pháp 2D</p>	<p>Nhanh, được sử dụng rộng rãi</p> <p>Có nhiều dữ liệu đã được công bố</p> <p>Chỉ ra giá trị tiên lượng</p> <p>Đo chính xác nếu hình thể thất trái bình thường (VD tăng huyết áp, hẹp chủ)</p> <p>Dễ dàng sàng lọc với quần thể lớn</p>	<p>Dựa trên giả định rằng thất trái là hình elip dài có tỷ lệ trục dọc/trục ngắn là 2:1 và phi đại đồng tâm</p> <p>Hướng chùm tia siêu âm có thể lệch trục</p> <p>Bởi các phép đo chiều dài được lũy thừa ba nên thậm chí một sai số nhỏ khi đo đường kính hoặc độ dày cũng ảnh hưởng đến độ chính xác Ước tính quá mức khối thất trái</p> <p>Không chính xác khi có phi đại lệch tâm, giãn thất trái và các bệnh lý làm thay đổi khu trú độ dày thành tim</p> <p>Dựa trên hình thái giả định chung như trong M-mode</p>

		<p>Tạo thuận cho định hướng vuông góc với trục dọc của thất trái</p>	<p>Có các hạn chế như phương pháp M-mode trong trường hợp hình thái thất bất thường</p> <p>Ảnh hưởng bởi hình ảnh hoà hợp âm lên tính toán khối thất và giá trị bình thường vẫn chưa được xác định.</p> <p>Ít có nghiên cứu về giá trị bình thường hơn so với phương pháp M-mode</p>
<p><b>Các công thức dựa trên 2D</b></p> <p>Dạng elip cắt</p> $LV\ mass = 1.05\pi \left\{ (b+t)^2 \left[ \frac{2}{3}(a+t) + d - \frac{d^3}{3(a+t)^2} \right] - b^2 \left[ \frac{2}{3}a + d - \frac{d^3}{3a^2} \right] \right\}$ <p>Diện tích – chiều dài</p> $LV\ mass = 1.05 \left\{ \left[ \frac{5}{6}A_1(a+d+t) \right] - \left[ \frac{5}{6}A_2(a+d) \right] \right\}$ <p>Độ dày trung bình được tính từ ngoại tâm mạc ( A1) và nội tâm mạc ( A2) khi tính các</p>		<p>Hiệu chỉnh một phần với hình thể xoắn vặn</p> <p>Ít phụ thuộc vào hình thể thất hơn so với phép đo chiều dài</p>	<p>Yêu cầu chất lượng hình ảnh tốt và chỉ đo được chính xác trên trục ngắn cạnh ức ( không có các mặt phẳng chéo)</p> <p>Xác định rõ màng ngoài tim</p> <p>Phương pháp phức tạp</p> <p>Kết quả đo</p>

diện tích cắt ngang trên trục ngắn cạnh ức ở mức cơ nhú (hình trên, màu xanh lá cây) với quy ước cơ nhú được coi là một phần của buồng thất trái. Bán kính trục ngắn được tính như sau:

$$b = \sqrt{\frac{A_1}{\pi}}$$

Vì vậy, độ dày trung bình  $t$  được tính bằng:

$$t = \left( \sqrt{\frac{A_1}{\pi}} \right) - b$$

Và diện tích cắt ngang của cơ tim trên trục ngắn ( $A_m$ ) là

$$A_m = A_1 - A_2$$

Khối cơ thất trái được tính từ các đường kính dài nhất của chiều dài thất đi ở mức mặt phẳng trục ngắn tiến đến đáy tim ( $d$ ) và mỏm tim ( $a$ ).

Chú giải:  $a$  - khoảng cách từ trục nhỏ đến nội tâm mạc ở mỏm tim;  $b$  - bán kính thất trái nhỏ;  $d$  - khoảng cách từ trục nhỏ đến mặt phẳng van cái lá;  $t$  - độ dày trung bình.

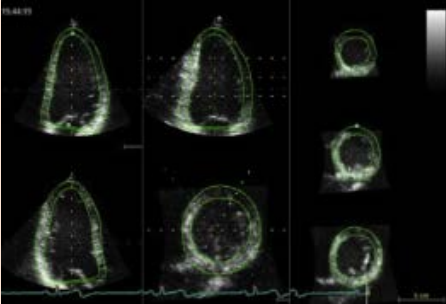
Khối thất trái = ( Thể tích đo tại vùng ngoại tâm mạc - thể tích đo



dao động nhiều

Ít dữ liệu công bố về giá trị bình thường

Dữ liệu về tiên lượng còn hạn chế

tại vùng nội tâm mạc). $1.05 = \text{Thể tích cơ tim} \cdot 1.05$			
<b>Công thức trên siêu âm 3D</b>	Siêu âm 3D 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Đo trực tiếp không cần giả định hình thể thất và ảnh hưởng phì đại cơ tim</li> <li>• Chính xác hơn phương pháp chiều dài hoặc 2D</li> <li>• Có thể lặp lại nhiều lần</li> <li>• Phát hiện tốt hơn những thay đổi nhỏ ở cùng một bệnh nhân.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Có ít nghiên cứu về giá trị bình thường</li> <li>• Phụ thuộc vào chất lượng hình ảnh</li> <li>• Cần sự hợp tác của bệnh nhân</li> </ul>

#### 4. Khối cơ thất trái

Khối lượng cơ thất trái là yếu tố nguy cơ quan trọng đồng thời cũng là yếu tố tiên lượng mạnh các biến cố tim mạch<sup>52-55</sup>. Khối cơ thất trái có thể đo lường hiệu quả trên cả siêu âm tim M- Mode, 2D, 3D (Bảng 5). Tất cả các thông số nên đo đạc vào cuối thì tâm trương (thời điểm ngay trước khi van hai lá đóng hoặc thời điểm thu được đường kính hoặc thể tích thất trái lớn nhất trong chu chuyển tim). Các thông số về kích thước như đường kính thất trái, độ dày thành thất đo trên siêu âm M- Mode hay 2D, thông qua các công thức hình học để tính thể tích thất trái, trong khi siêu âm 3D có thể đo trực tiếp chỉ số này. Sau đó, thể tích được chuyển thành khối cơ thất trái nhờ nhân với tỷ trọng cơ tim (giá trị này vào khoảng 1.05 g/mL).

Khi toàn bộ thất trái được đo trên siêu âm 2D, có thể áp dụng phương pháp diện tích - chiều dài hoặc phương pháp Simpson để đo khối cơ thất trái.

Mỗi kỹ thuật này đều có các ưu, nhược điểm và giá trị trong những tình huống cụ thể (Bảng 5).

Đề đo lường khối thất trái trên một bệnh nhân theo thời gian, đặc biệt khi có bệnh tim, kỹ thuật đánh giá trên siêu âm 2D có ưu điểm hơn so với kỹ thuật sử dụng đường kính dài <sup>1</sup>, nhưng thực tế lại có ít nghiên cứu về giá trị tiên lượng của khối thất trái áp dụng kỹ thuật này hơn. Khác với kỹ thuật đường kính dài hay M mode, kỹ thuật đo trên siêu âm 2D có thể bao phủ toàn bộ tâm thất và tính toán được những thay đổi kích thước thất trái xuất hiện dọc theo trục dọc của buồng tim. Điều này hết sức quan trọng vì những thay đổi về hình học của thất trái rất đa dạng trong các bệnh lý tim mạch.

Tuy nhiên, khi cần sàng lọc hoặc nghiên cứu trên quần thể lớn, kỹ thuật M-mode có nhiều ưu điểm: đơn giản, nhanh chóng, ít sai số khi đo nhiều lần. Nhiều bằng chứng lâm sàng đã ủng hộ tính chính xác của kỹ thuật đo này, và hầu hết nghiên cứu liên quan đến giá trị tiên lượng của khối thất trái đều sử dụng kỹ thuật M-mode <sup>56</sup>. Mặc dù vậy, cũng tồn tại một số ý kiến trái chiều. Trước tiên là việc đo chiều dày thành thất và đường kính thất trái có thật sự vuông góc với trục dọc của thất trái không. Vì vậy, kỹ thuật M-mode hướng dẫn bởi 2D hoặc các thông số đo trên 2D được ưu tiên hơn so với kỹ thuật M-mode đơn độc. Thứ hai, công thức đã hiệu chỉnh chỉ ra khoảng 20% trường hợp bị đo quá mức trong các nghiên cứu gốc về kỹ thuật M-mode. Vì các thông số đo trực tiếp các thành thất trên siêu âm 2D có thể nhỏ hơn so với các thông số đo trên siêu âm M-Mode, giá trị khối thất trái thu được từ hai kỹ thuật này không tương đồng với nhau (Bảng 5). Đây là lý do kỹ thuật M-Mode ít được đánh giá cao khi xác định giá trị ngưỡng trong tiên lượng. Hơn nữa, công thức sử dụng lũy thừa 3 lần giá trị chiều dài để tính khối cơ thất trái, vì vậy một sai số rất nhỏ về đường kính cũng có thể gây ra những thay đổi rất lớn về kết quả đo khối cơ thất trái.

Hầu hết các nghiên cứu đều chỉ ra những khác biệt nhỏ, không chứng minh được lợi ích rõ ràng về kết quả đo khối cơ thất trái khi so sánh siêu âm M-Mode dưới hướng dẫn của 2D với siêu âm 2D tính theo phương pháp diện tích- chiều dài hoặc phương pháp Simpson trong trường hợp hình thể thất bình thường <sup>57</sup>. Tuy nhiên, các nghiên cứu so sánh đều không được thực hiện ở kỹ nguyên hiện tại khi đã có những tiến bộ vượt bậc cải thiện gain nhằm thu

được những hình ảnh 2D chất lượng tốt. Trên thực tế, các nghiên cứu trên quần thể lớn giúp khẳng định hoặc xây dựng lại các giá trị bình thường của khối cơ thất trái với hình ảnh hòa hợp âm còn hạn chế.<sup>58,59</sup>

Siêu âm tim 3D là phương pháp tiếp cận hiệu quả và được nhiều nghiên cứu áp dụng, vì đây là phương pháp duy nhất đo trực tiếp thể tích tim<sup>60</sup>. Tuy nhiên, tới thời điểm hiện tại, có khá ít nghiên cứu khảo sát giá trị trong thực hành lâm sàng, tính thuận tiện, khả năng thực hiện, cũng như giá trị tiên lượng trong môi trường lâm sàng có biên độ thay đổi rất lớn.<sup>61</sup> Vì vậy, cơ sở dữ liệu hiện có về khối thất trái đo trên siêu âm 3D ở người khoẻ mạnh chưa đủ để được khuyến cáo là giá trị tham chiếu bình thường. Mặt khác, những tiến bộ không ngừng về độ phân giải không gian và thời gian của hình ảnh 3D cũng sẽ ảnh hưởng tới giá trị bình thường, và tính đa dạng của các phép đo.

Ở các bệnh nhân có phì đại phần cao của vách liên thất, phương pháp đo đường kính tuyến tính dựa vào kích thước vùng đáy tim làm ước tính quá mức khối cơ thất trái thực sự, vì sự không tương hợp của vùng vách liên thất dày nhất trong phép đo. Ngược lại, phương pháp diện tích- chiều dài sử dụng đường kính giữa thất trái cho kết quả thấp hơn giá trị của khối thất trái thực sự, vì phép đo loại trừ phần dày nhất của vách liên thất. Trong trường hợp có dày nhẹ của phần cao vách liên thất hoặc phì đại lệch tâm, khối cơ thất trái khi được khảo sát liên tiếp bằng các phương pháp này trên cùng bệnh nhân thì cần lưu ý sử dụng một phương pháp duy nhất cho mọi lần đo, và đo cùng một vị trí trên thành tâm thất. Trong trường hợp có sự khác biệt về độ dày thành tim giữa các vùng như trên, siêu âm 3D cho kết quả đo chính xác nhất.

Giá trị khối cơ thất trái thay đổi theo giới, tuổi, kích thước cơ thể, mức độ béo phì, và tính địa dư của các vùng trên thế giới. Vì vậy rất khó có giá trị tham chiếu chung. Khối cơ thất trái cao hơn ở nam giới độc lập với kích thước cơ thể, và tăng theo kích thước cơ thể. Khuyến cáo năm 2005 đã đưa ra các giá trị bình thường của khối thất trái trong quần thể người bình thường, chủ yếu dựa vào các nghiên cứu sử dụng phép đo chiều dài<sup>59,62-66</sup>. Về sau, các nghiên cứu lớn hơn cũng công bố các giá trị bình thường tương tự như trong khuyến cáo trước đó. Vì vậy, khuyến cáo này tiếp tục sử dụng các giá trị tham chiếu cũng như ngưỡng bất thường ghi nhận từ các khuyến cáo trước (Bảng



6). Tuy nhiên, cần chú ý đến đặc điểm của quần thể nghiên cứu, sự khác biệt về khối thất trái giữa các chủng tộc khi xác định giá trị bình thường.<sup>10,16,67-69</sup>

Cần phải chỉ số hoá khối cơ thất trái để so sánh các cá thể có kích thước cơ thể khác nhau. Mặc dù vậy, vẫn chưa có sự thống nhất về thông số được sử dụng để chỉ số hóa: chiều cao, cân nặng, diện tích da. Một số nghiên cứu cho thấy chỉ số hoá khối cơ thất trái theo chiều cao lũy thừa 1.7, 2.13 và 2.7 có ưu điểm hơn so với chỉ số hoá theo diện tích da, đặc biệt khi tiên lượng biến cố xảy ra ở những bệnh nhân béo phì.<sup>65,70</sup> Tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu lớn đều chỉ số hoá khối cơ thất trái theo diện tích da.

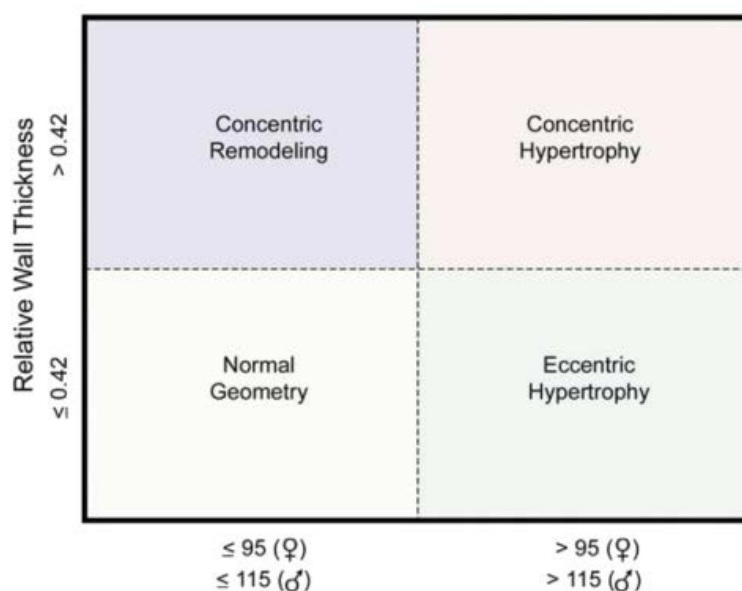
Cuối cùng, việc tính độ dày thành tim tương đối (RWT) bằng công thức  $(2 \times \text{độ dày thành sau thất trái}) / (\text{Đường kính trong thất trái cuối thì tâm trương})$  cho phép phân loại mức độ phì đại khối thất trái là đồng tâm ( $RWT > 0.42$ ) hay lệch tâm ( $RWT < 0.42$ ), trên cơ sở đó xác định tình trạng tái cấu trúc đồng tâm (Khối cơ thất trái bình thường kèm theo RWT tăng) (Hình 6).

**Khuyến cáo:** Với hình thể thất trái thông thường, cả hai phương pháp siêu âm M-Mode và 2D đều có thể sử dụng để đo khối cơ thất trái. Giá trị tham chiếu bình thường của các phép đo này không thay đổi so với các khuyến cáo trước và được chỉ số hoá theo diện tích da. Giá trị giới hạn trên của khối cơ thất trái bình thường theo phép đo chiều dài là  $95 \text{ g/m}^2$  ở nữ giới và  $115 \text{ g/m}^2$  ở nam giới. Giá trị giới hạn trên của khối cơ thất trái bình thường theo phương pháp 2D là  $88 \text{ g/m}^2$  ở nữ giới và  $102 \text{ g/m}^2$  ở nam giới. Siêu âm 3D là kỹ thuật duy nhất đo trực tiếp thể tích thất trái không phụ thuộc vào hình thể thất hay sự khác biệt về độ dày thành tim, vì vậy, là phương pháp đánh giá rất hứa hẹn, nhất là trong những trường hợp hình thể tâm thất bất thường, phì đại tim không đối xứng hoặc khu trú. Đã có cơ sở dữ liệu về giá trị giới hạn trên của khối thất trái bình thường trên siêu âm 3D, nhưng vẫn chưa đủ để được khuyến cáo trong thực hành lâm sàng.

**Bảng 6: Giá trị bình thường của khối cơ thất trái**

	Phụ nữ	Nam giới
<b>Phương pháp tuyến tính</b>		
<b>Khối thất trái (g)</b>	67-162	88-224
<b>Khối thất trái/BSA(g/m<sup>2</sup>)</b>	43 – 95	49 – 115
<b>Độ dày thành thất (cm)</b>	0.22 – 0.42	0.24 – 0.42
<b>Độ dày vách (cm)</b>	0.6 – 0.9	0.6 – 1.0
<b>Độ dày thành sau (cm)</b>	0.6 – 0.9	0.6 – 1.0
<b>Phương pháp 2D</b>		
<b>Khối thất trái (g)</b>	66 – 150	96 – 200
<b>Khối thất trái/BSA(g/m<sup>2</sup>)</b>	44 – 88	50 - 102

*Dòng in đậm: Được khuyến cáo sử dụng và có giá trị nhất*



**Chỉ số cơ thất trái (g/m<sup>2</sup>)**

**Hình 6:** So sánh độ dày thành tim tương đối (RWT). Bệnh nhân có khối lượng cơ thất trái bình thường có thể có tái cấu trúc đồng tâm (khối lượng thất trái bình thường và RWT  $\geq 0.42$ ) hoặc hình thể bình thường (RWT  $\leq 0.42$ ) và cơ thất trái bình thường. Bệnh nhân có khối lượng cơ thất trái tăng có thể có phì đại đồng tâm (RWT  $\geq 0.42$ ) hoặc lệch tâm (RWT  $\leq 0.42$ ). Các phép đo khối lượng này dựa trên phương pháp tuyến tính

## II. TÂM THẤT PHẢI

Tâm thất phải đóng vai trò quan trọng trong tử suất và bệnh suất tim mạch. Đánh giá kích thước và chức năng thất phải khá phức tạp, do đặc điểm giải phẫu hình lưỡi liềm đặc biệt. Sự tập trung quá mức vào tâm thất trái, cũng như kết quả khác biệt giữa những kỹ thuật thăm dò khác nhau, càng làm cho vấn đề siêu âm thất phải gặp nhiều khó khăn và thiếu sự đồng thuận. Gần đây, Hội siêu âm tim Hoa Kỳ phối hợp với Hội hình ảnh tim mạch Châu Âu và Hội

siêu âm tim Canada, đã công bố khuyến cáo chuẩn hóa các phương pháp đo kích thước và chức năng thất phải ở người lớn <sup>71</sup>. Phần tiếp theo của bản khuyến cáo này cung cấp các giá trị tham chiếu cập nhật kích thước tâm thất phải và hầu hết các thông số chức năng tâm thu, tâm trương thất phải, có thể thay thế cho các khuyến cáo trước đó.

## **5. Khuyến cáo chung về lượng giá tâm thất phải**

Tất cả các nghiên cứu lâm sàng cần đánh giá chức năng thất phải một cách toàn diện. Trên siêu âm, tâm thất phải nên được khảo sát ở nhiều mặt cắt, đánh giá bằng cả các thông số định tính và định lượng, bao gồm đường kính thất phải và nhĩ phải, các chỉ số phản ánh chức năng tâm thu thất phải: FAV, vận tốc vòng van ba lá trong thì tâm thu (S'), vận động vòng van ba lá trong thì tâm thu (TAPSE), phân suất diện tích thất phải (RIMP). Ngoài ra cần đánh giá thêm áp lực tâm thu thất phải, thông qua phổ Doppler vận tốc dòng hở ba lá và ước tính áp lực nhĩ phải dựa vào kích thước và sự thay đổi theo hô hấp của tĩnh mạch chủ dưới. Nếu có thể làm được siêu âm 3D, nên bổ sung những chỉ số khác như thể tích và phân số tổng máu thất phải <sup>71</sup>. Bảng 7 và 9 tóm tắt các phương pháp đo, cũng những ưu điểm và hạn chế của từng thông số. Bảng 8 và 10 liệt kê các giá trị tham chiếu, dưới dạng trị số trung bình và độ lệch chuẩn ở người lớn bình thường, không có bệnh tim hoặc phổi (Phụ bảng 7). Khuyến cáo này sử dụng cùng phương pháp với các khuyến cáo về tâm thất phải trước đây, theo đó nghiên cứu đa phân tích được áp dụng cho tất cả các thông số.

Không phải tất cả các giá trị được khuyến cáo đều giống với kết quả được công bố từ Khuyến cáo trước <sup>71</sup>. Trên cơ sở những dữ liệu mới xuất bản, đã có những thay đổi nhỏ về giá trị tham chiếu của đường kính thất phải, S', TAPSE và RIMP, hay giá trị của thể tích và phân số tổng máu thất phải dựa trên siêu âm 3D (Bảng 8 và 10). Hầu hết các kết quả đều không được hiệu chỉnh theo giới, diện tích da, chiều cao <sup>72 - 75</sup>. Vì vậy, những bệnh nhân có chiều cao, hay diện tích da quá lớn, hoặc quá nhỏ làm kết quả đo vượt quá giá trị tham chiếu, đòi hỏi bác sỹ phải chú thích rõ trong bảng kết quả siêu âm. Một số nhóm đối tượng khác như bệnh nhân tim bẩm sinh, hay vận động viên các môn đòi hỏi độ bền, cũng không có các giá trị tham chiếu tương ứng <sup>76</sup>.

## **6. Cửa sổ Doppler và hình ảnh cơ bản**

Những mặt cắt cơ bản để đánh giá kích thước thất phải, chức năng tâm thu và tâm trương thất phải, áp lực thất phải tâm thu bao gồm: Mặt cắt 4 buồng từ mỏm tim, mặt cắt 4 buồng tập trung vào thất phải, và mặt cắt 4 buồng sửa đổi (Hình 7A), mặt cắt trục dọc và trục ngắn cạnh ức, mặt cắt buồng nhận thất phải cạnh ức, mặt cắt dưới bờ sườn<sup>71</sup>. Trong hầu hết trường hợp, mặt cắt định khu vào thất phải có ưu điểm hơn mặt cắt 4 buồng từ mỏm vì quan sát được toàn bộ thành tự do của thất phải. Vì vậy khuyến cáo sử dụng các mặt cắt tập trung vào thất phải, để đo đạc các giá trị của thất phải. Hình 7A và Bảng 7 chỉ ra những mặt cắt khác nhau, cũng như các phương pháp đo được khuyến cáo.

## **7. Đo lường thất phải**

### **7.1. Đo kích thước thất phải**

Việc lượng hóa kích thước thất phải là cần thiết giúp làm giảm sai số đo ước lượng bằng mắt và giữa các người làm khác nhau<sup>77</sup>. Đo đạc kích thước thất phải bằng siêu âm tim hai bình diện gặp một số khó khăn do thất phải có hình dạng đặc biệt, không có các mốc giải phẫu cụ thể được sử dụng để đo đạc. Phương pháp đo vẫn đang được sử dụng mặt cắt 4 buồng từ mỏm có nhiều sai số khi đo kích thước thất phải và diện tích thất phải khi thay đổi vị trí đầu dò và xoay đầu dò (Hình 7B). Mặt cắt đánh giá tốt nhất kích thước thất phải là mặt cắt 4 buồng tập trung vào thất phải, đầu dò có thể đặt ở phía bên hoặc về sát xương ức (Hình 7A hoặc bảng 7). Điều chỉnh đầu dò để mỏm thất trái ở chính giữa của diện quạt của mặt cắt và bộc lộ kích thước lớn nhất của vùng đáy thất phải. Trường hợp khó quan sát thành tự do thất phải do kích thước lớn hoặc do che khuất bởi xương ức sẽ ảnh hưởng tới sự chính xác của việc đo kích thước thất phải. Các dữ liệu gần đây đề xuất sử dụng chỉ số kích thước thất phải theo diện tích da cơ thể, tuy nhiên đa số các nghiên cứu này lại không sử dụng mặt cắt tập trung vào thất phải và thường sử dụng giá trị diện tích thất phải hơn là kích thước thất phải<sup>73,74</sup>. Các giá trị tham khảo kích thước thất phải được liệt kê ở Bảng 8. Nhìn chung, được coi là giãn thất phải khi kích thước thất phải vùng đáy > 41mm và kích thước thất phải vùng giữa > 35mm ở mặt cắt tập trung vào thất phải.

## 7.2. Đo thể tích thất phải

Siêu âm tim 3 chiều cho phép đánh giá thể tích thất phải (Hình 8) mà không bị ảnh hưởng bởi các hạn chế của phương pháp đo truyền thống trên siêu âm 2 bình diện. mặc dù có những khó khăn về mặt kỹ thuật, đặc biệt những bệnh nhân có hình ảnh không rõ nét hoặc thất phải giãn quá lớn, phương pháp siêu âm 3 chiều vẫn ước tính được khá chính xác thể tích cuối tâm thu và cuối tâm trương thất phải, trên cơ sở đó tính ra phân suất tống máu thất phải.

Việc sử dụng siêu âm tim 3 chiều vào đánh giá thất phải được khuyến cáo bởi Hội hình ảnh tim mạch Châu Âu và Hội siêu âm tim Hoa Kỳ<sup>61</sup>. Khi đánh giá thể tích thất phải, điều quan trọng là phải lựa chọn được nhất cắt đánh giá thể tích thất phải tối đa và tối thiểu ở cuối tâm trương và cuối tâm thu. Vùng bề cơ và dải điều hòa được tính vào trong buồng thất phải. Khi viên thể tích thất phải trên các nhất cắt động, cần di chuyển theo sự dịch chuyển của nội mạc cũng như vòng van ba lá trong chu chuyển tim.

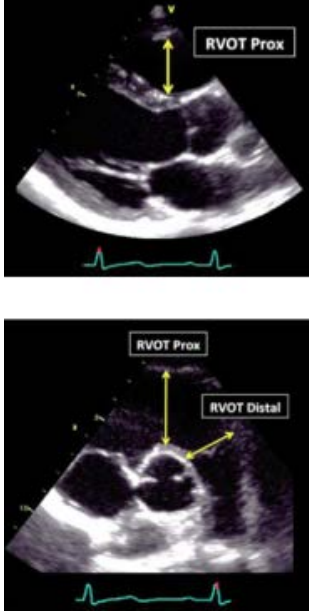

Siêu âm tim 3D có xu hướng ước tính thể tích thất phải thấp hơn so với cộng hưởng từ<sup>78</sup>, tuy nhiên có giá trị tương tự cộng hưởng từ trong việc xác định mối tương quan giữa thể tích thất phải và phân suất tống máu với tuổi và giới<sup>72</sup>. Khi đánh giá bằng siêu âm tim 3D, nữ giới có chỉ số thể tích thất phải thấp hơn và phân suất tống máu cao hơn<sup>75</sup>. Thể tích thất phải giảm dần khi tuổi bệnh nhân tăng thêm. Ước tính cứ tăng thêm 10 tuổi thì thể tích thất phải cuối tâm thu giảm 5ml, thể tích thất phải cuối tâm trương giảm 3ml. Đồng thời phân suất tống máu cũng tăng khoảng 1% sau mỗi 10 năm<sup>75</sup>. Người ta đã tiến hành phân tích gộp trên tất cả các nghiên cứu để đi đến bảng giá trị tham chiếu về thể tích và phân suất tống máu thất phải như trong Bảng 8 và Bảng 10. Các chi tiết về yếu tố tuổi, giới, diện tích da cơ thể được liệt kê trong Phụ bảng 8<sup>75</sup>. Trên hình ảnh cộng hưởng từ, người ta còn thấy thể tích thất phải bị ảnh hưởng bởi chủng tộc<sup>72</sup>. Điều này chưa có số liệu trên siêu âm tim 3D.

**Khuyến cáo:** Kích thước thất phải cần được đánh giá thường quy bằng siêu âm tim 2D sử dụng nhiều cửa sổ mặt cắt khác nhau, để đưa ra các số liệu cả về định tính và định lượng. Ở các trung tâm có kinh nghiệm siêu âm tim 3D, khi việc đánh giá thể tích thất phải có vai trò quan trọng trong lâm sàng, nên khuyến khích đánh giá thể tích thất phải bằng phương pháp siêu âm tim 3D.

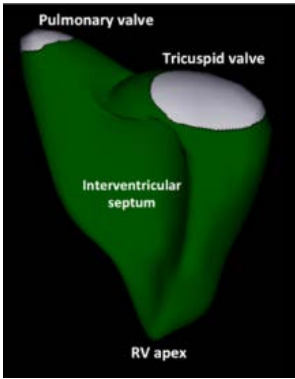
Theo các số liệu đã xuất bản hiện tại, giá trị tham chiếu giới hạn trên của thể tích thất phải cuối tâm trương ở nam giới là 87ml/m<sup>2</sup>; ở nữ giới là 74 ml/m<sup>2</sup>; thể tích thất phải cuối tâm thu ở nam giới là 44 ml/m<sup>2</sup> và ở nữ giới là 36 ml/m<sup>2</sup>. Tuy nhiên vẫn cần các nghiên cứu với cỡ mẫu lớn hơn nữa.

**Bảng 7 Khuyến cáo siêu âm đánh giá kích thước thất phải**

Hình ảnh siêu âm	Phương pháp khuyến cáo	Ưu điểm	Hạn chế
<p>Kích thước thất phải (vùng buồng nhận)*</p> 	<p>Kích thước thất phải vùng đáy (RVD1): kích thước ngang lớn nhất vùng 1/3 đáy vùng buồng nhận thất phải cuối thì tâm trương đo ở mặt cắt tập trung vào thất phải</p> <p>Kích thước thất phải vùng giữa (RVD2)= đường kính ngang thất phải đoạn 1/3 giữa vùng buồng nhận thất phải, khoảng giữa mỏm thất phải và vị trí đo RVD1, ngang mức cơ nhú, đo cuối thì tâm trương</p>	<p>Dễ đo đạc</p> <p>Đơn giản</p> <p>Nhanh</p> <p>Có nhiều dữ liệu đã xuất bản</p>	<p>Kích thước thất phải có thể bị đánh giá thấp hơn thực tế do thất phải có hình dạng trăng lưỡi liềm</p> <p>Kích thước thất phải đo bằng phương pháp này bị ảnh hưởng bởi quay đầu dò và các mặt cắt khác nhau đánh giá thất phải; để cho phép so sánh giữa các nghiên cứu khác nhau, bản kết quả siêu âm nên nêu rõ các thông số được đo đạc ở mặt cắt nào</p>
<p>Kích thước thất phải vùng đường ra*</p>	<p>Đường kính đường ra thất phải đoạn gần = khoảng cách từ thành trước thất phải đến chỗ nối của vách liên thất và van ĐMC ở mặt cắt trực dọc cạnh ức hoặc tới van động mạch chủ ở mặt cắt trực ngang cạnh ức ở cuối thì tâm trương</p> <p>Đường kính đường ra thất phải đoạn xa= kích thước ngang đo ngay trước van động mạch</p>	<p>Dễ đo đạc</p> <p>Đơn giản</p> <p>Nhanh</p>	<p>Kích thước đường ra thất phải đoạn gần phụ thuộc vào vị trí nhát cắt và thay đổi giữa các lần đo so với kích thước ĐRTP đoạn xa.</p> <p>Nguy cơ ước tính dưới mức hoặc quá mức nếu mặt cắt ĐRTP bị chéo</p> <p>Kích thước ĐRTP có thể không chính xác trong trường hợp có biến dạng thành ngực và cột sống</p>

	<p>phổi ở cuối thì tâm trương.</p>		<p>Xác định viền nội mạc thành trước thất phải thường không được rõ nét</p> <p>Chưa có giá trị về giới hạn bình thường.</p> <p>Thông số có tính chất cục bộ, có thể không phản ánh được kích thước toàn bộ thất phải (ước lượng quá mức hoặc dưới mức)</p>
<p>Diện tích thất phải (vùng buồng nhận)</p> 	<p>Đường viền nội mạc bằng tay từ vòng van ba lá thành bên đi theo thành tự do thất phải đến mỏm thất phải, đi xuống ở vách liên thất tới vòng van ba lá vùng giữa tại cuối thì tâm trương và cuối thì tâm thu</p> <p>Các vùng cơ bè, cơ nhú và dải điều hòa được tính vào bên trong diện tích thất phải</p>	<p>Tương đối dễ đo đạc</p>	<p>Gặp khó khăn trong trường hợp hình ảnh thành tự do thất phải không rõ nét</p> <p>Khó đo trong trường hợp có nhiều bè cơ thất phải</p> <p>Kích thước thất phải sẽ bị ước lượng thấp đi nếu nhất cắt bị ngắn hơn so với bình thường.</p> <p>Do thất trái có chuyển động xoắn và thất phải có dạng trăng khuyết nên hình ảnh thất phải cuối tâm trương có thể không giống với mặt cắt thất phải cuối tâm thu</p> <p>Có thể không phản ánh chính xác kích thước toàn thể thất phải (ước lượng dưới mức hoặc quá mức)</p>
<p>Thể tích thất phải trên</p>	<p>Ghi hình ở chế độ 3D</p>	<p>Phương pháp</p>	<p>Phụ thuộc vào chất</p>

siêu âm 3D



multibeat, giảm độ sâu và góc quét (đạt độ phân giải theo chiều dọc >20-25 thể tích/ giây) cho phép đánh giá toàn bộ thể tích buồng thất phải

Tính năng tự động phát hiện thời điểm cuối tâm trương và cuối tâm thu

Phần cơ bè và dải điều hòa được tính trong buồng thất phải

duy nhất đánh giá thể tích toàn diện thất phải bao gồm cả phần buồng nhận và phần đường ra và vùng mỏm

Không phụ thuộc vào ước đoán hình dạng thất phải.

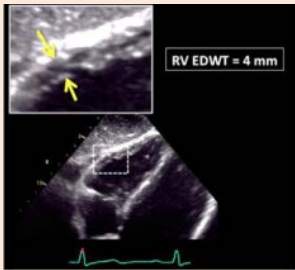
Có giá trị tương đương phương pháp đo trên cộng hưởng từ

lượng hình ảnh, nhịp tim đều và sự phối hợp của bệnh nhân

Cần có phương tiện để thực hiện siêu âm tim 3D và phải được đào tạo

Giá trị tham chiếu có đăng trên một vài xuất bản

Đo bề dày thành thất phải



Đo bề dày thành tự do thất phải bằng phương pháp M mode hoặc phương pháp 2D, đo cuối thì tâm trương ở vị trí thành tự do thất phải cách vòng van ba lá một khoảng bằng chiều dài lá trước van ba lá ở trạng thái mở hết, song song với thành tự do thất phải.

Phần cơ bè, cơ nhú và mỡ thượng tâm mạc cần bị loại bỏ ra ngoài vùng đo đặc

Phóng đại hình ảnh tập trung vào vùng giữa thành tự do thất phải và thực hiện một số nghiệm pháp hô hấp giúp nhìn rõ

Dễ thực hiện

Đo tại một vị trí

Có thể ước tính quá mức bề dày thành thất phải nếu phương pháp M mode cắt bị chéo

Khó khăn khi đo đặc khi lá tạng màng ngoài tim quá dày

Không có tiêu chuẩn để định nghĩa thành tự do thất phải mỏng một cách bất thường.



đường viền nội mạc

\* Tất cả các kích thước đường thẳng đo từ bờ trong tới bờ trong

**Bảng 8. Giá trị bình thường kích thước buồng thất phải**

Thông số	Trung bình ± độ lệch	Giới hạn bình thường
Đường kính thất phải vùng đáy (mm)	33 ± 4	25 - 41
Đường kính thất phải vùng giữa (mm)	27 ± 4	19 - 35
Đường kính dọc thất phải (mm)	71 ± 6	59 - 83
Kích thước ĐRTP trực dọc cạnh ức (mm)	25 ± 2.5	20 - 30
Đường kính ĐRTP đoạn gần (mm)	28 ± 3.5	21 - 35
Đường kính ĐRTP đoạn xa (mm)	22 ± 2.5	17 - 27
Bề dày thành thất phải (mm)	3 ± 1	1 - 5
<b>Diện tích cuối tâm trương ĐRTP (cm<sup>2</sup>)</b>		
Nam giới	17 ± 3.5	10- 24
Nữ giới	14 ± 3	8 -20
<b>Chỉ số diện tích cuối tâm trương ĐRTP theo diện tích da cơ thể (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)</b>		
Nam giới	8.8 ± 1.9	5 -12.6
Nữ giới	8.0 ± 1.75	4.5 - 11.5
<b>Diện tích cuối tâm thu thất phải (cm<sup>2</sup>)</b>		
Nam giới	9 ± 3	3 - 15
Nữ giới	7 ± 2	3 -11
<b>Chỉ số diện tích cuối tâm thu thất phải theo diện tích da cơ thể (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)</b>		
Nam giới	4.7 ± 1.35	2.0 - 7.4
Nữ giới	4.0 ± 1.2	1.6 - 6.4
<b>Chỉ số thể tích cuối tâm trương thất phải theo diện tích da cơ thể (ml/m<sup>2</sup>)</b>		
Nam giới	61 ± 13	35 -87
Nữ giới	53 ± 10.5	32 -74
<b>Chỉ số thể tích cuối tâm thu thất phải theo diện tích da cơ thể (ml/m<sup>2</sup>)</b>		
Nam giới	27 ± 8.5	10 -44
Nữ giới	22 ± 7	8 - 36

## 8. Chức năng tâm thu thất phải

Chức năng tâm thu thất phải được đánh giá sử dụng nhiều thông số khác nhau (Bảng 9) bao gồm RIMP (chỉ số chức năng co bóp thất phải), TAPSE, 2D FAC (phân suất thay đổi diện tích thất phải trên siêu âm 2D); 3D EF (phân số tổng máu thất phải trên 3D); S'; sức căng cơ thất phải theo chiều dọc và tốc độ thay đổi sức căng cơ theo chiều dọc đo bằng Doppler mô (TDI) và siêu âm đánh dấu mô cơ tim (2D STE)<sup>25</sup>. Đã có nhiều nghiên cứu chứng minh ứng dụng và giá trị lâm sàng của các chỉ số RIMP, TAPSE, 2D FAC và S' vòng van ba lá cũng như sức căng cơ thất phải theo chiều dọc đo bằng

phương pháp đánh dấu mô. Phân suất tổng máu thất phải đo trên siêu âm tim 3D (RV EF) tỏ ra có giá trị tin cậy và có thể lặp lại nếu được đo đặc đúng và ngày càng có nhiều cơ sở dữ liệu về giá trị tham chiếu bình thường của chỉ số EF này (Bảng 10 và Phụ bảng 8).

### **8.1 RIMP**

RIMP là chỉ số đánh giá khả năng hoạt động của toàn bộ thất phải. Các thông số về thời gian co đồng thể tích, thời gian giãn đồng thể tích, thời gian tổng máu nên được đo trong cùng chu chuyển tim sử dụng Doppler xung hoặc Doppler mô qua vòng van ba lá vị trí thành bên (Bảng 9). Khi sử dụng Doppler xung, điều quan trọng là lựa chọn hai chu chuyển tim có khoảng RR tương tự nhau. Hạn chế này không ảnh hưởng tới đo RIMP theo phương pháp Doppler mô. Giá trị RIMP có thể thấp một cách giả tạo trong trạng thái có tăng áp lực nhĩ phải do làm giảm thời gian giãn đồng thể tích.  $RIMP > 0.43$  đo bằng Doppler xung hoặc  $> 0.54$  đo bằng Doppler mô được coi là có suy chức năng thất phải.

### **8.2 TAPSE**

Chỉ số TAPSE dễ đo đạc và phản ánh chức năng co bóp thất phải theo chiều dọc. Chỉ số này được đo trên siêu âm M mode, con trỏ đặt thẳng góc với hướng qua vòng van ba lá tại vị trí thành bên ở mặt cắt 4 buồng từ mỏm (Bảng 9). Mặc dù chỉ số này chủ yếu phản ánh chức năng tâm thu thất phải theo chiều dọc, nhưng nó đã được chứng minh có mối tương quan với các thông số đánh giá chức năng tâm thu thất phải toàn bộ như đánh giá phân suất tổng máu thất phải bằng phương pháp đánh dấu phóng xạ, đánh giá phân suất diện tích thất phải trên siêu âm 2D hoặc phân suất thể tích thất phải trên 2D (2D EF). Vì đây là phép đo khá phụ thuộc vào vị trí đặt đầu dò, chỉ số TAPSE có thể ước lượng quá mức hoặc dưới mức chức năng tâm thu thất phải. Mặc dù có biến thiên về giá trị TAPSE theo giới và chỉ số diện tích da cơ thể, khi giá trị TAPSE  $< 17\text{mm}$  có giá trị gợi ý suy chức năng tâm thu thất phải.

### **8.3. 2D FAC (Phân suất diện tích thất phải trên 2D)**

Phân suất diện tích thất phải là chỉ số dùng để ước lượng chức năng tâm thu thất phải. Khi đo đạc thông số này cần đảm bảo lấy được toàn bộ thất phải vào khuôn hình bao gồm cả vùng mỏm và vùng thành tự do, trong thì tâm thu

và thì tâm trương. Khi viên diện tích thất phải, buồng thất phải bao gồm cả phần cơ bè (Bảng 9). Phân suất diện tích thất phải (FAC) < 35% được coi là có suy chức năng tâm thu thất phải.

#### **8.4. Vận tốc tâm thu tại vòng van ba lá vị trí thành bên tính theo siêu âm Doppler mô (S')**

Vận tốc S' được đo đạc khá dễ dàng, độ tin cậy cao và có thể thực hiện lặp lại nhiều lần. Giá trị này có tương quan khá tốt với các phương pháp khác đánh giá chức năng tâm thu toàn bộ thất phải. Người ta đã thực hiện trên một cỡ mẫu lớn những người khỏe mạnh để đưa ra giá trị tham chiếu theo tuổi cho chỉ số này (Bảng 9). Trong khi đo, cần phải đặt vùng đáy thất phải và vòng van thẳng góc với hướng của siêu âm Doppler để vận tốc không bị ước tính dưới mức. Tương tự với chỉ số TAPSE, vận tốc sóng S' khi đo có thể bị ảnh hưởng bởi chuyển động của quả tim. Vận tốc sóng S' , 9.5 cm/s đo ở thành tự do được coi là có suy chức năng tâm thu thất phải.

#### **8.5 Siêu âm đánh giá sức căng và tốc độ căng cơ tim.**

Sức căng cơ tim và tốc độ căng cơ tim là các thông số có giá trị để ước tính chức năng tâm thu thất phải toàn bộ và theo vùng. Sức căng cơ tim theo chiều dọc được đánh giá bằng phần trăm co ngắn thành tự do thất phải theo chiều từ đáy tim đến mỏm tim, còn tốc độ căng cơ tim theo chiều dọc là tốc độ thay đổi sự co ngắn này. Giá trị sức căng cơ tim thất phải theo chiều dọc ít bị gây nhiễu bởi sự vận động của quả tim<sup>79,81</sup>, nhưng lại phụ thuộc vào tình trạng quá tải thất phải cũng như kích thước và hình dáng thất phải. Sức căng cơ tim thất phải theo chiều dọc được đo ở mặt cắt 4 buồng tập trung vào thất phải. Ưu điểm của đánh giá sức căng theo phương pháp siêu âm tim đánh dấu mô (STE) so với doppler mô cơ tim (TDI) là không bị phụ thuộc vào góc đặt đầu dò. Đánh giá sức căng thất phải bằng phương pháp siêu âm đánh dấu mô bị ảnh hưởng bởi chất lượng hình ảnh, sự truyền âm và các yếu tố nhiễu khác. Khi vị trí đặt các điểm ở vùng đáy quá thấp (ví dụ ở mặt nhĩ của vòng van ba lá) có thể làm giá trị sức căng tại vùng đáy bị thấp giả tạo. Độ rộng của vùng cần đánh giá (ROI) cũng chỉ giới hạn ở bề dày cơ tim, loại bỏ thành phần màng tim. Điều này tương đối khó hơn khi đánh giá thất phải vì thành tự do thất phải tương đối mỏng (Bảng 9).

Khi đánh giá sức căng toàn bộ (GLS) thất phải theo chiều dọc, hiện tại vẫn phải mượn phép đo và phần mềm đánh giá thất trái sau đó áp dụng cho thất phải. Thuật ngữ sức căng toàn bộ thất phải theo chiều dọc được đánh giá dựa trên sức căng trung bình của thành tự do thất phải hoặc thành tự do thất phải và vách liên thất. Trong một số báo cáo gần đây chỉ ra sức căng toàn bộ thất phải chỉ đánh giá dựa trên thành tự do thất phải có giá trị tiên lượng trong một số bệnh như: suy tim<sup>82,83</sup>, nhồi máu cơ tim cấp<sup>84</sup>, tăng áp lực động mạch phổi và bệnh amyloidosis<sup>85,86</sup>, đồng thời dự đoán suy thất phải sau khi đặt dụng cụ hỗ trợ thất trái<sup>88</sup>.

Phần lớn các bằng chứng có được từ các số liệu nghiên cứu đơn trung tâm đã được nêu phía trên, liên quan chủ yếu tới phương tiện về chẩn đoán hình ảnh và phần mềm của hai nhà cung cấp, trong khi các số liệu gộp trên cơ sở nghiên cứu một số lượng nhỏ các cá thể. Các giá trị tham khảo hiện tại cho sức căng toàn bộ thành tự do thất phải đánh giá bằng phương pháp siêu âm đánh dấu mô được trình bày trong Bảng 10. Các số liệu được thực hiện bởi cùng một nhà cung cấp máy đề xuất giá trị sức căng toàn bộ thành tự do thất phải  $>-20\%$  (tức là  $< 20\%$  giá trị tuyệt đối) được coi là bất thường.

**Khuyến cáo:** Đánh giá sức căng thất phải bằng phương pháp siêu âm đánh dấu mô đặc biệt là thành tự do thất phải được xem là một phương pháp có độ tin cậy trong lâm sàng, có thể lặp lại nhiều lần. Hiện tại chưa có giá trị tham chiếu cho sức căng toàn bộ cũng như sức căng vùng thất phải. Cần có thêm nhiều nghiên cứu lớn với sự tham gia của nhiều nhà cung cấp máy để đưa ra được số liệu là các giới hạn bình thường.

#### **8.6. Đánh giá phân suất tổng máu thất phải bằng siêu âm ba chiều.**

Siêu âm ba chiều đánh giá phân suất tổng máu thất phải là phép đánh giá tổng thể chức năng tâm thu thất phải. Mặc dù phân số tổng máu thất phải về bản chất không phản ánh trực tiếp chức năng co bóp thất phải nhưng nó cho phép đánh giá mối tương tác giữa khả năng co bóp thất phải và khả năng chịu tải thể tích thất phải. Giá trị phân suất tổng máu thất phải có giá trị trên lâm sàng ở những trường hợp sau mổ tim (không có sự chuyển động đáng kể của vách liên thất) trong khi các chỉ số đánh giá chức năng thất phải theo chiều dọc như TAPSE và vận tốc sóng S' thường giảm và không phản ánh được chính xác chức năng thất phải<sup>81,89,90</sup>. Siêu âm tim ba chiều ngày càng có

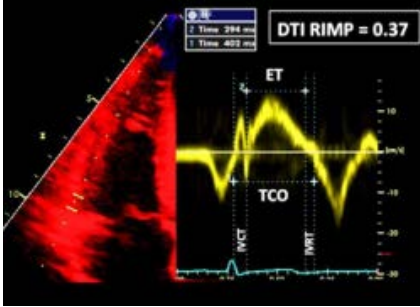
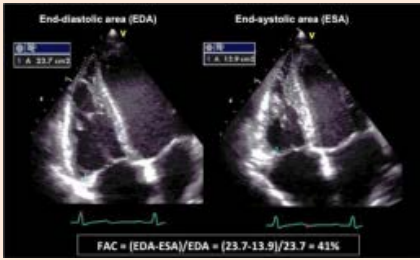
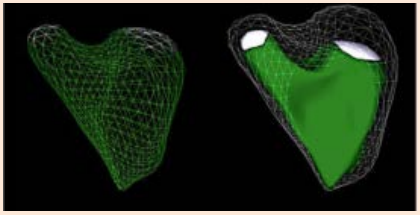
giá trị khi so sánh với phương pháp cộng hưởng từ tim<sup>78,91</sup>. Trong siêu âm tim ba chiều, phương pháp đánh giá thể tích bằng bán tự động phát hiện ra viên nội mạc được khuyến cáo sử dụng để đánh giá phân suất tống máu thất phải trên siêu âm tim ba chiều.

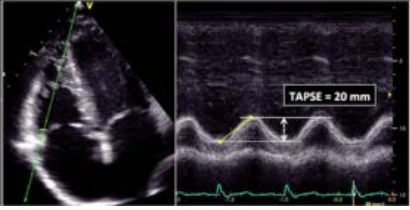
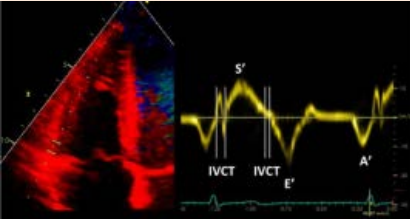
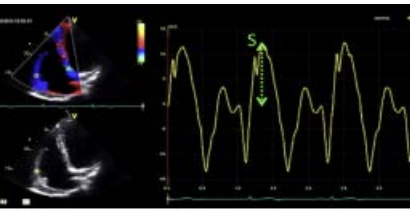
Điểm hạn chế của siêu âm tim ba chiều trong đánh giá phân suất tống máu thất phải bao gồm: sự phụ thuộc vào điều kiện tải, ảnh hưởng của vận động vách liên thất, cửa sổ quan sát hình ảnh không đạt chất lượng hoặc nhịp tim không đều. Như đã đề cập trong Phụ bảng 8, cũng giống như thể tích thất phải, phân suất tống máu thất phải có xu hướng cao hơn ở nữ giới so với nam giới do thể tích nhỏ hơn. Do vậy khuyến cáo phải nêu giá trị theo giới tính.

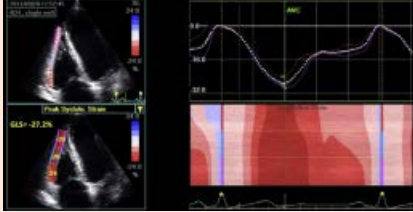
**Khuyến cáo:** Tại các phòng siêu âm tim có đủ trang thiết bị và có kinh nghiệm làm siêu âm tim ba chiều, nên đánh giá phân suất tống máu thất phải bằng siêu âm tim ba chiều như là một phương pháp để lượng giá chức năng thất phải, trong đó cần đề cập tới các hạn chế đã nêu ở trên. Một cách ước tính, phân suất tống máu thất phải < 45% được coi là giảm chức năng tâm thu thất phải, tuy nhiên một số phòng siêu âm chọn các giá trị tham chiếu theo giới và lứa tuổi.

**Bảng 9 Khuyến cáo đánh giá chức năng thất phải**

Hình ảnh siêu âm	Phương pháp khuyến cáo	Lợi ích	Hạn chế
<p><b>Đánh giá chức năng toàn bộ thất phải bằng siêu âm Doppler xung (RIMP)</b></p> 	<p>RIMP (chỉ số Tei) theo phương pháp Doppler xung:</p> $RIMP = (TCO - ET)/ET$	<p>Giá trị tiên lượng</p> <p>Ít bị ảnh hưởng bởi nhịp tim</p>	<p>Yêu cầu khoảng cách R-R phải bằng nhau giữa hai lần đo</p> <p>Không đáng tin cậy khi áp lực buồng nhĩ phải tăng</p>
<p><b>Đánh giá RIMP bằng siêu âm Doppler mô</b></p>	<p>Doppler mô:</p> $RIMP = (IVRT + IVCT)/ET =$	<p>Ít bị ảnh hưởng bởi nhịp tim</p> <p>Thực hiện trên</p>	<p>Không đáng tin cậy khi áp lực nhĩ phải tăng</p>

	(TCO – ET)/ET	cùng một chu chuyển tim nên không cần chọn các khoảng R-R đều nhau	
<p><b>Đánh giá chức năng tâm thu toàn bộ thất phải bằng FAC</b></p> 	<p>Phân số thay đổi diện tích thất phải (FAC) ở mặt cắt 4 buồng từ mỏm tập trung vào thất phải:</p> $RV \text{ FAC}(\%) = 100 \times (EDA - ESA)/EDA$	<p>Có giá trị tiên lượng</p> <p>Phản ánh co bóp thất phải cả theo chiều dọc và theo chiều ngang</p> <p>Tương quan với phân suất tổng máu thất phải đo trên cộng hưởng từ tim</p>	<p>Bỏ qua vai trò của đường ra thất phải trong chức năng tổng thể thất phải</p> <p>Khả năng sai số giữa các lần đo có thể xảy ra</p>
<p><b>Đánh giá phân suất tổng máu thất phải</b></p> 	<p>Phân suất thay đổi thể tích thất phải trên siêu âm 3D thành ngực:</p> $RV \text{ EF} = 100 \times (EDV - ESV)/EDV$	<p>Đánh giá được cả ĐRTP trong chức năng tổng thể của thất phải.</p> <p>Tương quan với phân số tổng máu thất phải đánh giá bằng cộng hưởng từ tim</p>	<p>Phụ thuộc vào chất lượng hình ảnh thu được</p> <p>Phụ thuộc vào tải thể tích</p> <p>Yêu cầu phân tích offline và người có kinh nghiệm</p> <p>Giá trị tiên lượng chưa được chứng minh</p>
<p><b>Chức năng tâm thu thất phải theo chiều dọc –TAPSE</b></p>	<p>Sự dịch chuyển của vòng van ba lá theo chiều dọc đo bằng phương pháp M mode đo</p>	<p>Có giá trị tiên lượng</p> <p>Có giá trị tương đương với phân suất tổng máu</p>	<p>Phụ thuộc vào góc đặt chùm tia siêu âm.</p> <p>Phản ánh một phần chức năng</p>

	<p>từ thời điểm cuối tâm trương tới đỉnh thì tâm thu</p> <p>Sử dụng mặt cắt 4 buồng từ mỏm với que chỉ đặt thẳng góc với hướng chuyển động theo chiều dọc của vòng van</p>	<p>đo bằng phương pháp đồng vị phóng xạ</p>	<p>toàn thể của thất phải*</p>
<p><b>Vận tốc sóng S' trên siêu âm Doppler mô</b></p> 	<p>Vận tốc đỉnh tâm thu đo tại vòng van ba lá bằng Doppler mô TDI (cm/s) đo ở mặt cắt 4 buồng từ mỏm, chùm tia Doppler đặt thẳng góc với thành tự do thất phải</p>	<p>Đễ thực hiện</p> <p>Có thể đánh giá lặp lại</p> <p>Có giá trị tương tự phương pháp đánh giá phân suất tổng máu bằng xạ hình</p> <p>Có giá trị tiên lượng</p>	<p>Phụ thuộc vào góc đặt chùm tia siêu âm.</p> <p>Không phản ánh được toàn diện chức năng toàn thể thất phải đặc biệt sau mổ tim, lấy huyết khối động mạch phổi hoặc ghép tim</p>
<p><b>Sóng S trên siêu âm Doppler màu</b></p> 	<p>Vận tốc đỉnh tâm thu vòng van ba lá đo bằng Doppler màu TDI (cm/s)</p>	<p>Các phép đo đặc được thực hiện sau khi đã lưu hình</p> <p>Cho phép đánh giá tại nhiều vị trí trên cùng một nhát bóp của tim</p>	<p>Phụ thuộc góc đặt chùm tia Doppler</p> <p>Không phản ánh toàn diện chức năng tâm thu thất phải đặc biệt sau mổ tim, bóc huyết khối động mạch phổi hoặc sau ghép tim</p> <p>Giá trị tuyệt đối và giới hạn tham chiếu thấp hơn so với vận tốc sóng S'</p>

			Cần phân tích offline
<b>Sức căng toàn thể thất phải – GLS</b> 	Giá trị sức căng tối đa đo bằng phương pháp siêu âm đánh dấu mô, là giá trị trung bình của ba vùng của thành tự do thất phải đánh giá ở mặt cắt 4 buồng tập trung vào thất phải (%)	Phụ thuộc góc Có giá trị tiên lượng	Phụ thuộc vào nhà cung cấp máy

*ET: Thời gian tổng máu; IVCT: thời gian co đồng thể tích; IVRT: Thời gian giãn đồng thể tích; TCO: thời gian đóng mở van ba lá*

**Bảng 10. Giá trị bình thường của các thông số chức năng thất phải**

Thông số	Trung bình ± độ lệch chuẩn	Ngưỡng bất thường
<b>TAPSE</b>	24 ± 3.5	<17
<b>Vận tốc sóng S (doppler xung) cm/s</b>	14.1 ± 2.3	<9.5
<b>Vận tốc sóng S (doppler màu) cm/s</b>	9.7 ± 1.85	<6.0
<b>Phân suất thay đổi diện tích thất phải (FAC) %</b>	49 ± 7	< 35
<b>Sức căng theo chiều dọc thành tự do thất phải* (%)</b>	-29 ± 4.5	> -20
<b>Phân suất tổng máu thất phải đo trên siêu âm 3D</b>	58 ± 6.5	<45
<b>Tei thất phải theo Doppler xung</b>	0.26 ± 0.085	> 0.43
<b>Tei thất phải theo Doppler mô</b>	0.38 ± 0.08	> 0.54
<b>Thời gian giảm tốc sóng E (ms)</b>	180 ± 31	<119 hoặc > 242
<b>E/A</b>	1.4 ± 0.3	< 0.8 hoặc > 2.0
<b>e'/a'</b>	1.1.8 ± 0.33	< 0.52
<b>e'</b>	14.0 ± 3.1	< 7.8
<b>E/e'</b>	4.0 ± 1.0	> 6.0

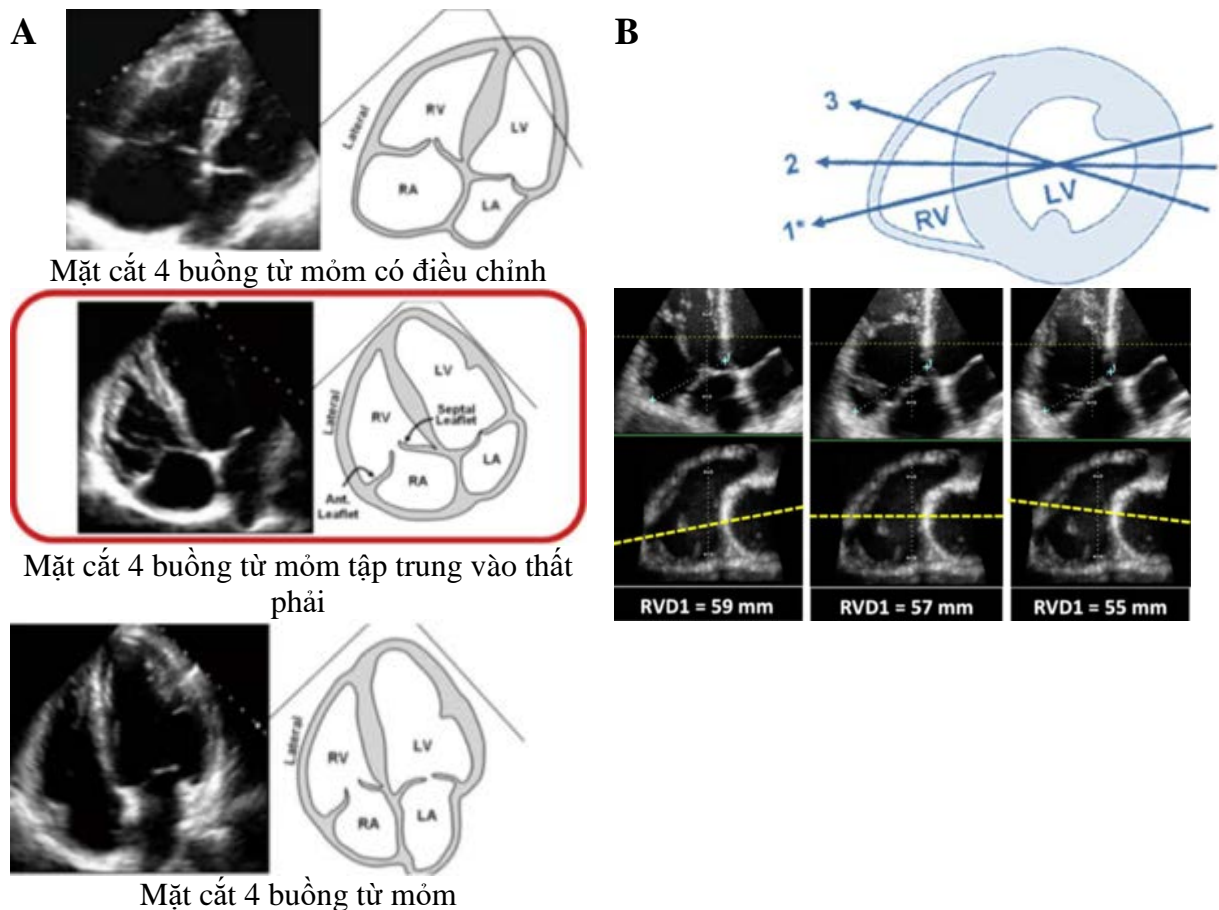
*\* dữ liệu hạn chế, phụ thuộc vào nhà phân phối và phiên bản của phần mềm.*

### III. NHĨ TRÁI VÀ NHĨ PHẢI

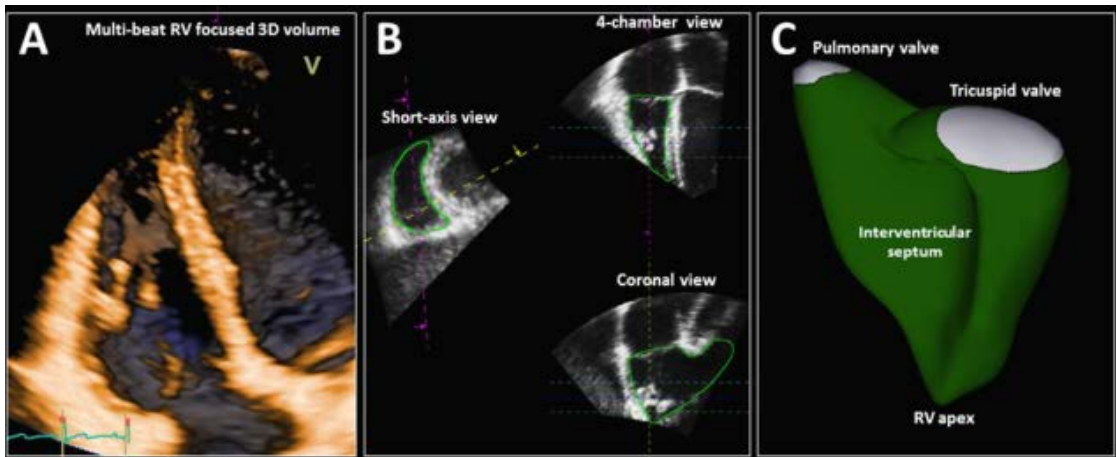
Nhĩ trái có đủ ba vai trò sinh lý từ đó ảnh hưởng tới độ đầy thất trái và chức năng co bóp thất trái. Nhĩ trái có nhiệm vụ (1) bơm tổng máu vận chuyển 15 -30% lượng máu đổ đầy thất trái; (2) ngăn chứa thu nhận máu từ tĩnh mạch phổi đổ về trong thì tâm thất thu và (3) ống dẫn đưa máu dự trữ trong nhĩ trái xuống thất trái ở thời kỳ đầu tâm trương<sup>92,93</sup>. Tâm nhĩ trái giãn



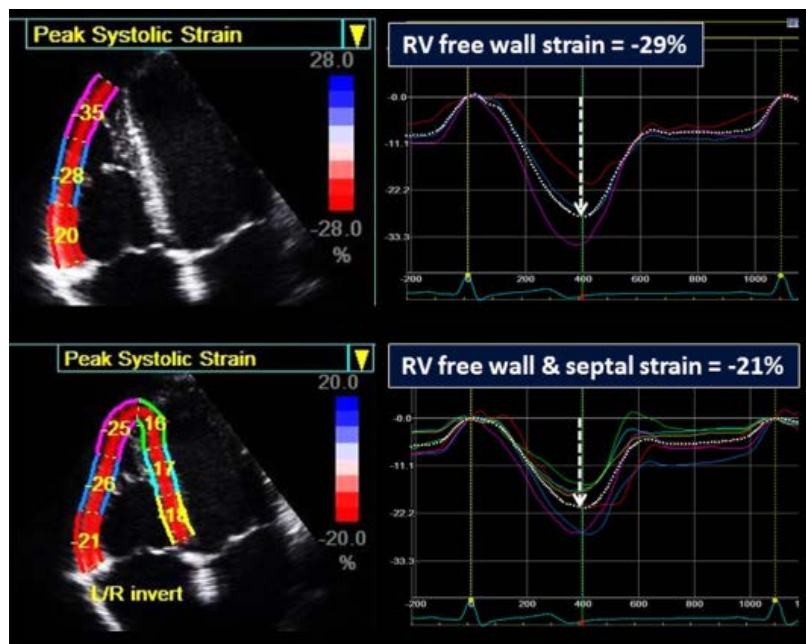
dự báo các tiên lượng không tốt về tim mạch<sup>94-99</sup>. Trong trường hợp không có bệnh lý van hai lá kèm theo, tình trạng giãn nhĩ trái phản ánh tăng áp lực trên thành tâm nhĩ là hậu quả của tăng áp lực nhĩ trái<sup>100-103</sup>, cũng như suy giảm chức năng tâm nhĩ trái do hậu quả của bệnh lý cơ tâm nhĩ. Có mối quan hệ rõ ràng giữa mức độ giãn tâm nhĩ trái và tỷ lệ bị rung nhĩ và đột quỵ<sup>92,106-115</sup>. Ngoài ra nhĩ trái giãn còn có mối liên hệ rõ ràng với tăng nguy cơ tử vong do mọi nguyên nhân sau nhồi máu cơ tim<sup>104,105,116,117</sup>, nguy cơ tử vong và nhập viện ở bệnh nhân bị bệnh cơ tim giãn<sup>118,122</sup> và các biến cố tim mạch lớn hoặc tử vong ở bệnh nhân có đái tháo đường<sup>123</sup>. Tâm nhĩ trái giãn là một dấu hiệu của suy chức năng tâm trương nặng và mạn tính cũng như mức độ tăng áp lực trong nhĩ trái<sup>98,100-103</sup>.



**Hình 7** (A) ba hình ảnh từ mỏm cho thấy quan sát thất phải ở ba tư thế khác nhau. Hình ảnh ở giữa là mặt cắt tập trung vào thất phải. (B) Lí do để đo tối đa hóa kích thước thất phải vùng đáy ở mặt cắt tập trung vào thất phải. Hình ảnh phía dưới cho thấy trên cùng hình ảnh 3D của thất phải, chỉ thay đổi vị trí nhất cắt là dẫn đến những thay đổi đáng kể về kích thước thất phải.



**Hình 8** Phân tích 3D thất phải. (A) hình ảnh 3D thu được từ mặt cắt 4 buồng từ mỏm tập trung vào thất phải tạo nên bởi 4-6 nhát bóp liên tiếp. (B) nội mạc thất phải được viền bán tự động sau khi đã viền thủ công ở các mặt cắt trục ngang, bốn buồng, coronal cả thì cuối tâm thu và cuối tâm trương. (C) Hình ảnh 3D tái tạo bề mặt thất phải cho phép đánh giá thể tích cuối tâm thu và cuối tâm trương, thể tích tổng máu và phân suất tổng máu



**Hình 9** Đo sức căng tâm thu thất phải bằng siêu âm Doppler đánh dấu mô. Hình phía trên đánh giá sức căng toàn bộ thành tự do thất phải bằng cách lấy trung bình của ba vùng thành tự do. Hình dưới thể hiện sức căng theo chiều dọc toàn bộ 6 vùng thất phải ở mặt cắt 4 buồng tập trung vào thất phải: ba vùng thành tự do và 3 vùng vách liên thất. Cần lưu ý là sức căng toàn bộ thất phải theo chiều dọc lớn hơn một cách đáng kể sức căng trung bình của vùng vách và thành tự do. Hiện tại chưa có phương pháp đánh giá chuẩn được thiết lập nên với mỗi phép đo cần lưu ý đến phần mềm của nhà cung cấp và các giá trị tham chiếu đi theo từng loại máy.

## **9. Đo kích thước nhĩ trái**

### ***9.1 Một số điểm chung khi đánh giá kích thước nhĩ trái***

Khuyến cáo đánh giá kích thước nhĩ trái dựa trên siêu âm tim thành ngực. Các khuyến cáo cho đánh giá định lượng nhĩ trái được tóm tắt ở Bảng 11. Siêu âm tim qua thực quản không cho phép quan sát toàn bộ nhĩ trái do đầu dò đặt gần ngay sau nhĩ trái. Vì vậy không khuyến cáo đánh giá kích thước nhĩ trái bằng siêu âm tim qua thực quản. Kích thước nhĩ trái được đo ở cuối thì tâm thất thu khi kích thước nhĩ trái lớn nhất. Khi đo diện tích và thể tích nhĩ trái cần lưu ý để đo được kích thước tâm nhĩ khi lớn nhất vì trục dọc của tâm thất trái và tâm nhĩ trái không nằm trên một bình diện nên cần điều chỉnh hình ảnh mặt cắt để tối ưu hóa đo thể tích nhĩ trái. Đáy của tâm nhĩ trái nên đo ở vị trí rộng nhất cắt ngang qua tâm nhĩ trái, tương tự khi đo chiều dọc của tâm nhĩ trái. Khi đánh giá thể tích nhĩ trái bằng phương pháp hai bình diện thì chiều dài của tâm nhĩ trái đo ở mặt cắt hai buồng và mặt cắt bốn buồng phải tương tự nhau. Khi viền nội mạc tâm nhĩ cần bỏ ra ngoài các tĩnh mạch phổi và tiểu nhĩ và viền theo mặt phẳng vòng van hai lá, không lấy đến tận đầu mút của lá van hai lá.

### ***9.2 Đo kích thước và diện tích nhĩ trái.***

Phép đo kích thước nhĩ trái hay sử dụng nhất là đo theo chiều trước sau ở mặt cắt trục dọc cạnh ức sử dụng siêu âm M mode hoặc siêu âm tim 2D<sup>92,107,109,110,114,118,120,121,124,125</sup>. Mặc dù cách đo này được sử dụng rộng rãi trên lâm sàng cũng như nghiên cứu, tuy nhiên đôi khi nó không phản ánh chính xác kích thước nhĩ trái<sup>126,127</sup>. Theo truyền thống, phương pháp đo nhĩ trái theo chiều trước sau này được sử dụng rộng rãi vì nó có khả năng lặp lại nhiều lần. Tuy nhiên trong trường hợp có giãn nhĩ trái, nếu sử dụng thông số này giả định rằng các kích thước của nhĩ trái đều thay đổi như nhau, nhưng điều này không đúng trong trường hợp có tái cấu trúc nhĩ trái<sup>128-130</sup>. Vì vậy kích thước nhĩ trái đo theo phương pháp trước sau trên mặt cắt trục dọc cạnh ức không nên được coi là phương pháp duy nhất để đánh giá kích thước nhĩ trái. Có thể đánh giá diện tích nhĩ trái theo phương pháp viền nội mạc ở mặt cắt hai buồng và bốn buồng từ mỏm với các giá trị giới hạn tham chiếu bình thường đã được báo cáo<sup>12</sup>. Để đạt được độ chính xác của phép đo, cần lấy được hình ảnh nhĩ trái tốt với đường viền nội mạc rõ nét<sup>1</sup>.

### **9.3 Đo thể tích nhĩ trái**

Khi đánh giá kích thước nhĩ trái và tái cấu trúc nhĩ trái, cần đo thể tích nhĩ trái. Đánh giá thể tích nhĩ trái cho phép lượng giá sự thay đổi buồng nhĩ trái theo mọi hướng. Giá trị thể tích nhĩ trái có giá trị tiên lượng trong một số tình trạng bệnh lý<sup>99,106,112,113,115-117,122,131-136</sup>. So sánh với giá trị kích thước nhĩ trái, giá trị thể tích nhĩ trái có mối liên quan chặt chẽ hơn với các biến cố ở bệnh nhân tim mạch<sup>113,137</sup>. Thể tích nhĩ trái đánh giá trên siêu âm tim 2D thường nhỏ hơn so với đánh giá bằng phương pháp chụp cắt lớp vi tính hoặc cộng hưởng từ tim<sup>138-142</sup>. Đo thể tích nhĩ trái rất quan trọng vì nó phản ánh tình trạng tăng áp lực đổ đầy thất trái mạn tính và là một yếu tố có giá trị tiên lượng mạnh.

Có nhiều phương pháp khác nhau được áp dụng để đánh giá thể tích nhĩ trái. Phương pháp đo ba kích thước để đánh giá thể tích nhĩ trái sử dụng mô hình dạng elip có nhiều hạn chế do sai số trong từng phép đo các kích thước<sup>131,137,143</sup>. Nên đo thể tích nhĩ trái theo phương pháp giống như đo thể tích thất trái theo phương pháp Simpson (Bảng 11)<sup>144,145</sup>.

Nên tiến hành viên nội mạc nhĩ trái ở cả hai mặt cắt bốn buồng và hai buồng từ mỏm. Phương pháp đánh giá trên một bình diện có thể sử dụng tuy nhiên theo phương pháp này phải giả định là tâm nhĩ trái có dạng hình tròn khi cắt ngang và giả định này không phải luôn chính xác<sup>146</sup>. Mặc dù không khuyến khích sử dụng thường quy, phương pháp này có thể áp dụng khi phương pháp viên nội mạc khó thực hiện ở hai mặt cắt. Thể tích nhĩ trái đánh giá trên một mặt cắt bốn buồng từ mỏm thường nhỏ hơn 1 -2 ml/m<sup>2</sup> so với đánh giá trên mặt cắt hai buồng từ mỏm<sup>12,146</sup>.

Một cách khác, có thể đánh giá thể tích nhĩ trái dựa trên số đo về diện tích nhĩ trái và chiều dài nhĩ trái đo ở cả mặt cắt hai buồng và bốn buồng từ mỏm (Bảng 11). Mặc dù phương pháp đo dựa trên diện tích và chiều dài vẫn phải giả định tâm nhĩ trái có dạng hình elip, nó vẫn có ưu điểm vì chỉ sử dụng hai phép đo kích thước tâm nhĩ dạng đường thẳng và chọn một kích thước ngắn hơn trong hai kích thước đó<sup>98,147</sup>.

### **9.4. Các giá trị bình thường của kích thước nhĩ trái.**

Sau khuyến cáo về đánh giá các kích thước buồng tim của Hội Siêu âm tim Hoa Kỳ năm 2005, hai bài báo đã được xuất bản nêu lên giá trị bình thường của kích thước nhĩ trái theo đường thẳng<sup>12,143</sup>. Các kích thước này cũng thống nhất với khuyến cáo đã nêu ra trước đó và không có điều chỉnh thêm về kích thước nhĩ trái đo theo chiều trước sau ở mặt cắt trục dọc cạnh ức (Phụ bảng 9). Mặc dù không được khuyến cáo sử dụng thường quy trên lâm sàng nhưng các giá trị bình thường của kích thước nhĩ trái đo ở mặt cắt hai buồng và bốn buồng từ mỏm, chỉ số diện tích nhĩ trái và thể tích nhĩ trái cũng được báo cáo<sup>12</sup>.

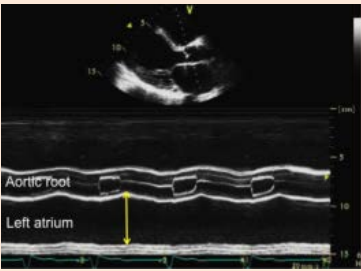

Kích thước nhĩ trái cũng có khác biệt theo giới. Tuy nhiên yếu tố khác biệt theo giới cũng được tính đến khi đánh giá kích thước nhĩ trái theo diện tích da cơ thể<sup>12</sup>. Một số các phương pháp tính chỉ số khác cũng được đề cập<sup>137,148</sup> tuy nhiên phương pháp tính theo diện tích da được ứng dụng nhiều nhất và được khuyến cáo bởi Hội Siêu âm tim Hoa Kỳ. Vì vậy các giá trị báo cáo nên được tính theo chỉ số diện tích da<sup>93,137,149,150</sup>.


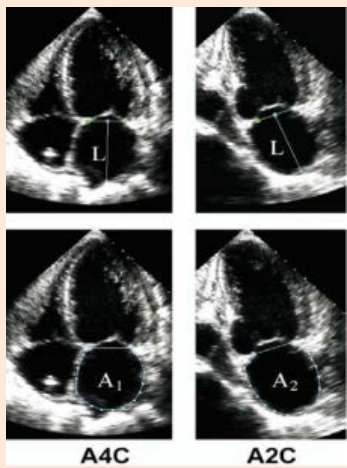
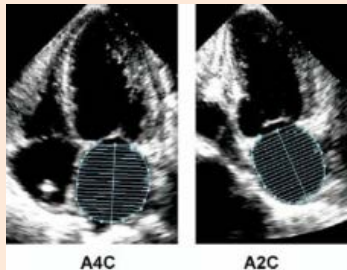
Trong những khuyến cáo trước đây, giá trị bình thường của chỉ số thể tích nhĩ trái tính theo diện tích da cơ thể thu được từ hai nghiên cứu trên một số lượng nhỏ cá thể<sup>98,144</sup>. Sau tài liệu này, đã có 8 nghiên cứu khác (1234 bệnh nhân) được thực hiện để đánh giá giá trị bình thường của thể tích nhĩ trái sử dụng phương pháp diện tích chiều dài hoặc phương pháp Simpson<sup>11,12,145,147,151-155</sup>. Dựa trên số liệu của các nghiên cứu gần đây thì giá trị giới hạn bình thường trên của thể tích nhĩ trái đã được tăng lên 34 ml/m<sup>2</sup> (so với 28ml/m<sup>2</sup> trước đây). Trong một tổng kết cũ hơn từ 5 cơ sở dữ liệu thực hiện trên 1331 người bệnh thu được giá trị trung bình của thể tích nhĩ trái là 25 ml/m<sup>2</sup>. Giá trị giới hạn trên của chỉ số thể tích nhĩ trái là 34 ml/m<sup>2</sup> da cũng khá phù hợp với cách tiếp cận phân tầng nguy cơ lấy giá trị này để phân loại nhĩ trái kích thước bình thường và giãn nhĩ trái<sup>106,123,134,136</sup>. Giá trị này cũng phù hợp với khuyến cáo của Hội siêu âm tim Hoa Kỳ và Hội hình ảnh tim mạch Châu Âu về đánh giá chức năng tâm trương<sup>156</sup>. Giá trị thể tích nhĩ trái đánh giá theo phương pháp 2D hai bình diện được nêu trong bảng 4 bao gồm các giá trị bình thường và các mức độ giãn nặng nhẹ khác nhau của tâm nhĩ trái. Đối với các vận động viên, thể tích nhĩ trái có thể lớn hơn nên cần lưu ý đến yếu tố này để tránh phiên giải kết quả là bất thường<sup>146</sup>.


Siêu âm tim 3D hứa hẹn đánh giá thể tích nhĩ trái với độ chính xác cao và tương hợp với chụp cắt lớp vi tính<sup>157,158</sup> và cộng hưởng từ tim<sup>159,160</sup>. So sánh với phương pháp đánh giá thể tích nhĩ trái trên 2D, đánh giá trên 3D có độ chính xác cao hơn khi so sánh với cộng hưởng từ tim<sup>159,160</sup> và vì thế có giá trị tiên lượng cao hơn<sup>161,162</sup>. Thể tích nhĩ trái đánh giá bằng siêu âm tim 3D lớn hơn so với đánh giá bằng siêu âm tim 2D trong hầu hết các nghiên cứu<sup>160,163</sup>. Mặc dù đánh giá thể tích nhĩ trái bằng siêu âm 3D có nhiều ưu điểm hơn nhưng hiện tại chưa có phương pháp đánh giá chuẩn và giá trị tham chiếu bình thường<sup>164</sup> nên vẫn chưa được khuyến cáo sử dụng tại thời điểm này.

**Khuyến cáo:** Về mặt lý thuyết, phương pháp đo thể tích nhĩ trái theo Simpson có độ chính xác hơn phương pháp đo diện tích – chiều dài nên được ưu tiên sử dụng hơn trong thực hành lâm sàng. Giá trị bình thường giới hạn trên của thể tích nhĩ trái theo phương pháp 2D là 34 ml/m<sup>2</sup> cho cả hai giới.

**Bảng 11: Khuyến cáo về siêu âm tim đánh giá kích thước nhĩ trái**

Thông số và phương pháp đo	Hình ảnh siêu âm	Ưu điểm	Hạn chế
<b>Kích thước nhĩ trái</b> theo chiều trước sau đo ở mặt cắt trục dọc cạnh ức vuông góc với trục dọc qua góc động mạch chủ và đo ngang mức xoang Valsalva động mạch chủ sử dụng kỹ thuật đo truyền thống từ bờ trong tới bờ trong của buồng nhĩ trái	Hình ảnh siêu âm M mode 	Có thể thực hiện lặp lại Độ phân giải tốt Có nhiều tài liệu đã được xuất bản có liên quan	Một kích thước không có tính đại diện cho kích thước thực sự của nhĩ trái (đặc biệt khi có giãn nhĩ trái)
	Đo trên siêu âm 2D 	Định hướng tốt, giúp đo vuông góc với thành sau nhĩ trái	Tốc độ khuôn hình thấp hơn so với M mode Cũng chỉ đánh giá được một kích thước
<b>Diện tích</b>	Hình ảnh siêu âm 2D	Mang tính đại	Cần cắt được

<p>Đo ở mặt cắt bốn buồng từ mỏm, cuối thì tâm thu ở khung hình ngay trước khi mở van hai lá, viền nội mạc không tính các tĩnh mạch phổi và viền tới mặt phẳng vòng van hai lá không tính tới đầu mút của van</p>		<p>diện hơn so với một kích thước theo chiều trước sau</p>	<p>mặt cắt chuẩn để tránh đo ngắn hơn so với kích thước thực tế.</p> <p>Giả định hình dạng nhĩ trái có tính chất đối xứng.</p>
<p><b>Thể tích</b></p> <p>Phép đo thể tích trên 2D phụ thuộc vào hình ảnh viền nội mạc trên mặt cắt hai buồng và bốn buồng từ mỏm. Tại vị trí van hai lá, đường viền kết thúc bằng nối hai điểm ở hai bên của vòng van bằng đường thẳng. Viền nội mạc nên loại trừ tiểu nhĩ và tĩnh mạch phổi. Chiều dài nhĩ trái được định nghĩa là kích thước ngắn hơn trong hai kích thước dọc nhĩ đo ở mặt cắt hai buồng và bốn buồng từ mỏm (để đảm bảo chính xác thì khác biệt giữa hai chiều dài này nên &lt; 5mm). Thể tích được tính dựa trên công thức diện tích –chiều</p>	<p><b>Siêu âm 2D</b></p> <p>Kỹ thuật diện tích – chiều dài</p>  <p><b>Phương pháp simpson</b></p>  <p><b>Siêu âm 3D</b></p>	<p>Cho phép đánh giá chính xác nhĩ trái trong trường hợp có tái cấu trúc bất đối xứng</p> <p>Có giá trị dự đoán cao hơn các biến cố tim mạch so với phép đo chiều dài hoặc diện tích</p>	<p>Phải sử dụng giả định về hình dạng nhĩ trái</p> <p>Chưa có nhiều dữ liệu trên cộng đồng bình thường</p> <p>Đánh giá thể tích trên một bình diện thường không chính xác do phải dựa trên giả định rằng hai giá trị diện tích <math>A1=A2</math></p> <p>Phụ thuộc vào chất lượng hình ảnh</p> <p>Độ phân giải thấp</p> <p>Chưa có cơ sở</p>

<p>dài:</p> $\frac{8}{3\pi} \left[ \frac{(A_1 \cdot A_2)}{L} \right]$ <p>Trong đó A1 và A2 là diện tích nhĩ trái đo ở mặt cắt hai buồng và bốn buồng. Thể tích nhĩ trái có thể được đo theo cách khác sử dụng phương pháp simpson</p> $\pi/4(h) \sum(D1)(D2)$ <p>Dữ liệu 3D thu được ở dạng fullvolume multibeat từ mỗm</p>		<p>dữ liệu về giá trị bình thường</p> <p>Đòi hỏi sự phối hợp của bệnh nhân</p>
---	---	--

## 10. Đo kích thước nhĩ phải

Hiện tại chưa có nhiều nghiên cứu và các dữ liệu lâm sàng về lượng giá kích thước nhĩ phải. Có nhiều mặt cắt khác nhau để đánh giá kích thước nhĩ phải, nhưng mặt cắt 4 buồng từ mỗm hay được sử dụng nhất (Bảng 12). Đường kính ngang nhĩ phải được đo ở mặt cắt vuông góc với trục dọc của nhĩ phải, từ thành bên nhĩ phải đến vách liên nhĩ. Trái ngược với nhĩ trái, kích thước nhĩ phải có sự khác biệt theo giới tính<sup>1,71</sup>. Tuy nhiên chưa có dữ liệu về các giá trị bình thường của kích thước nhĩ phải theo giới. Theo các số liệu gần đây thu được từ ba nhóm thuần tập trên 2400 bệnh nhân đã đưa ra giá trị kích thước nhĩ phải bình thường ở nam giới và nữ giới<sup>12,73,165</sup>.

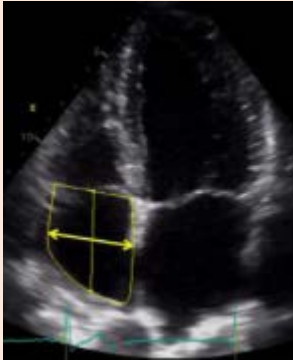
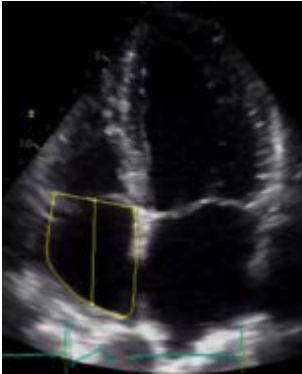
Giá trị thể tích nhĩ phải phản ánh kích thước nhĩ phải chính xác và toàn diện hơn giá trị diện tích nhĩ phải hoặc kích thước nhĩ phải đo theo chiều dài. Tại thời điểm của khuyến cáo trước thì mới có rất ít các giá trị đã được báo cáo về giới hạn bình thường của thể tích nhĩ phải<sup>150,153,165-167</sup>. Hiện tại chưa có các mặt cắt chuẩn đánh giá nhĩ phải hai bình diện từ mỗm nên vẫn sử dụng phương pháp diện tích – chiều dài trên một mặt cắt hoặc phương pháp Simpson để đánh giá thể tích nhĩ phải. Lưu ý là thể tích nhĩ phải ở nam giới lớn hơn so với nữ giới ngay cả khi đã đánh giá chỉ số theo diện tích da cơ thể. Điều này vẫn chưa lý giải được<sup>150,165</sup>. Khuyến cáo về các giá trị bình thường

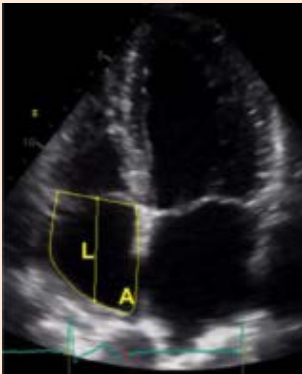
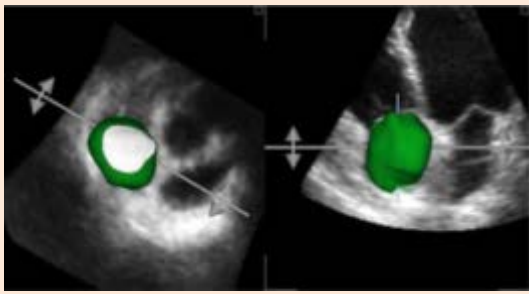


của thể tích nhĩ phải được lấy từ hai cơ sở dữ liệu lớn nhất được thực hiện gần đây<sup>12,165</sup>(Bảng 13). Thể tích nhĩ phải đánh giá theo phương pháp siêu âm 2D nhỏ hơn so với phương pháp siêu âm 3D.<sup>164,165,168</sup> Ở người lớn trưởng thành, thể tích nhĩ phải nhỏ hơn so với thể tích nhĩ trái.<sup>12,150,153,165</sup> Điều này có thể lí giải do thể tích nhĩ phải được đánh giá dựa trên phương pháp Simpson một bình diện còn thể tích nhĩ trái được đánh giá sử dụng phương pháp Simpson hai bình diện.

**Khuyến cáo:** Thể tích nhĩ phải là thông số được khuyến cáo sử dụng để đánh giá kích thước thất phải, tính toán dựa trên phương pháp diện tích – chiều dài Simpson trên một bình diện, thực hiện trên hình ảnh ở mặt cắt bốn buồng từ mỏm. Giới hạn bình thường của thể tích nhĩ phải trên siêu âm 2D ở nam giới là  $25 \pm 7$  ml/m<sup>2</sup>, ở nữ giới là  $21 \pm 6$  ml/m<sup>2</sup>.

**Bảng 12 Khuyến cáo về siêu âm đánh giá kích thước nhĩ phải**

Thông số và phương pháp	Hình ảnh siêu âm	Ưu điểm	Hạn chế
Đo kích thước dạng đường thẳng: trục ngắn của tâm nhĩ phải nên đo ở mặt cắt 4 buồng từ mỏm từ thành bên nhĩ phải tới vách liên thất		Dễ thực hiện Đã có các giá trị tham chiếu bình thường	Chỉ là một kích thước Cần giả định nhĩ phải giãn đối xứng về mọi phía Phụ thuộc vào mặt cắt quan sát
<b>Diện tích</b> Đo ở mặt cắt bốn buồng từ mỏm cuối thì tâm thu ở khuôn hình trước khi van ba lá mở, bằng phương pháp viền nội mạc loại bỏ phần phía dưới vòng van ba lá	 <p>Hình ảnh 2D</p>	Có tính đại diện hơn so với phương pháp đo kích thước bằng đường thẳng Có giá trị tham chiếu bình thường	Cần cắt được mặt cắt tốt để tránh ước lượng thấp hơn kích thước nhĩ phải Phải giả định buồng nhĩ phải có kích thước đối xứng Phụ thuộc vào

			mặt cắt quan sát
<p><b>Thể tích</b></p> <p>Đánh giá thể tích trên siêu âm 2D chủ yếu dựa vào phương pháp viền nội mạc trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm. tại vị trí vòng van ba lá, đường viền được khép lại bằng cách nối hai điểm của mặt phẳng vòng van bằng một đường thẳng. thể tích nhĩ phải được tính toán bằng công thức dựa trên diện tích và chiều cao:</p> $\frac{8}{3\pi} \left[ \frac{(A)^2}{L} \right]$ <p>Hoặc phương pháp simpson.</p> <p>Dữ liệu siêu âm 3D thường được đánh giá từ mỏm sử dụng hình ảnh full volume</p>	 <p>Hình ảnh 2D</p>	<p>Có tính đại diện hơn so với phương pháp đo kích thước bằng đường thẳng</p>	<p>Phải giả định buồng nhĩ phải có kích thước đối xứng</p> <p>Đánh giá thể tích trên một bình diện có thể không chính xác do cần giả định nhĩ phải giãn đối xứng về mọi phía</p> <p>Chưa có giá trị tham chiếu bình thường</p>
	<p>Hình ảnh 3D</p> 	<p>Không cần dự đoán về mặt hình học</p> <p>Có giá trị tham chiếu bình thường</p>	<p>Phụ thuộc vào chất lượng hình ảnh</p> <p>Độ phân giải theo thời gian thấp</p> <p>Cần sự hợp tác của bệnh nhân</p>

**Bảng 13 Kích thước nhĩ phải bình thường trên siêu âm 2D**

	Nữ giới	Nam giới
<b>Đk nhĩ phải trực ngắn (cm/m<sup>2</sup>)</b>	1.9 ± 0.3	1.9 ± 0.3
<b>ĐK nhĩ phải trực dài (cm/m<sup>2</sup>)</b>	2.5 ± 0.3	2.4 ± 0.3
<b>Thể tích nhĩ phải trên 2D (ml/m<sup>2</sup>)</b>	21 ± 6	25 ± 7

Số liệu thể hiện dưới dạng Trung bình ± độ lệch chuẩn

## IV. VÒNG VAN ĐỘNG MẠCH CHỦ VÀ GÓC ĐỘNG MẠCH CHỦ

Trong thời đại mà kỹ thuật thay van động mạch chủ qua da ngày càng được thực hiện nhiều hơn thì việc hiểu biết chi tiết và lượng hóa góc động mạch chủ cũng như hình thái van động mạch chủ ngày càng trở nên cấp thiết. Những thông tin này vô cùng quan trọng đối với việc lên kế hoạch trước khi can thiệp, hướng dẫn trong can thiệp và đánh giá sau can thiệp.

Góc động mạch chủ được tính bắt đầu từ chỗ bám của lá van động mạch chủ đầu gần vào vùng đường ra thất trái tới chỗ bám của van động mạch chủ đầu xa vào chỗ nối xoang Valsalva và động mạch chủ lên.<sup>169</sup> Góc động mạch chủ là một cấu trúc phức hợp bao gồm (1) vòng van động mạch chủ, (2) vùng tam giác giữa các lá van, (3) các lá van bán nguyệt và vùng bám của các lá van này, (4) xoang Valsalva động mạch chủ và (5) chỗ nối xoang Valsalva và động mạch chủ lên.<sup>170-172</sup> Đo đạc ĐMC bao gồm các vị trí sau: (1) vòng van ĐMC, (2) đường kính lớn nhất của xoang Valsalva, (3) đường kính chỗ nối xoang Valsalva và ĐMC lên và (4) đường kính lớn nhất của đoạn gần ĐMC lên bao gồm cả khoảng cách giữa vị trí đo và chỗ nối xoang Valsalva và ĐMC lên.

### 11. Vòng van ĐMC

Vòng van ĐMC không phải là một cấu trúc thực sự và rõ ràng về giải phẫu mà là một vòng tròn tưởng tượng tạo bởi chỗ bám vùng đáy của ba lá van ĐMC. Chỗ bám của van ĐMC ở vùng cao nhất có dạng vòng vương miện mới tạo thành vòng giải phẫu thực sự<sup>169,173</sup> (Hình 10B). Khoảng 2/3 chu vi của phần thấp góc ĐMC bám vào vùng vách liên thất phần cơ, còn lại 1/3 chu vi bám vào phần vòng xơ liên tục với lá trước của van hai lá.<sup>174</sup> Đo đạc ĐMC trước khi tiến hành kỹ thuật thay van ĐMC qua da còn khá nhiều khó khăn do chưa có một phương thức đo chuẩn. Với những kinh nghiệm hiện tại, vòng van ĐMC được đo thường quy trên siêu âm 2D.<sup>174,175</sup> Trước đây, từ những ngày đầu mới tiến hành kỹ thuật thay van ĐMC qua da thì đo đạc động mạch chủ được thực hiện bởi phép đo đường thẳng trên siêu âm M mode, phương pháp này thể hiện rõ có những hạn chế rõ rệt đối với việc xác định kích thước van thay. Khuyến cáo gần đây nhất về đo đạc góc ĐMC trước thay van qua da là sử dụng kỹ thuật đo đạc trên siêu âm tim 2D và đo đạc trên chụp cắt lớp vi tính đa dãy.

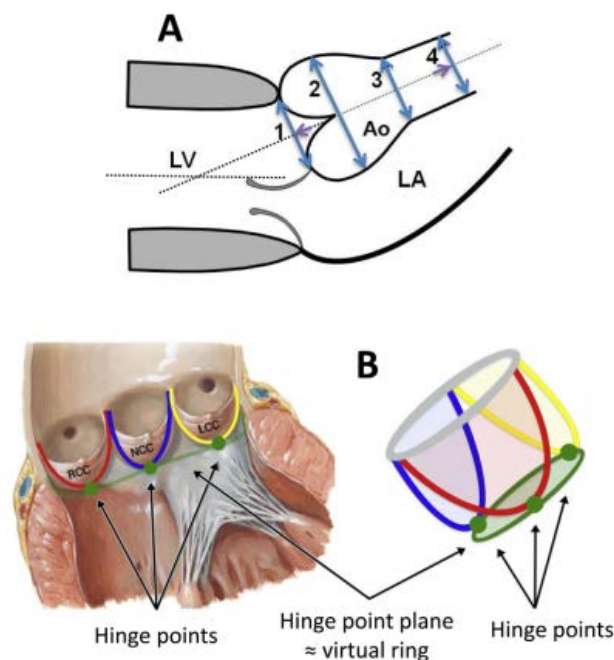
Trên siêu âm tim, gốc ĐMC được đo ở chế độ phóng đại, giữa thì tâm thu khi vòng van có kích thước lớn hơn một chút và tròn hơn so với trong thì tâm trương, giữa điểm bám của lá van vành phải và lá van không vành, đo từ bờ trong đến bờ trong. Tất cả các phép đo khác về động mạch chủ được đo ở cuối thì tâm trương ở mặt cắt vuông góc với trục dọc của ĐMC. Việc đo vòng van ĐMC có thể gặp khó khăn ở những người mà vòng van ĐMC vôi hóa nhiều gây nhiễu ảnh.<sup>176,179</sup> Theo quy tắc, thành phần vôi hóa được coi là thành phần trong lòng ĐMC không phải thuộc về thành ĐMC, vì thế được loại trừ khỏi phép đo đường kính.

Đường kính trước sau được đo cả trên siêu âm 2D thành ngực (trục dọc cạnh ức) và siêu âm 3D thực quản (mặt cắt trục dọc qua gốc ĐMC ở vị trí  $110^{\circ}$  -  $130^{\circ}$ ) và ước tính kích thước nhỏ của vòng van trên chụp cắt lớp đa dãy.<sup>3,176,180</sup> Tuy nhiên, do vòng van ĐMC là một cấu trúc có hình elip nên tối ưu nhất là đo các kích thước ở mặt cắt ngang thẳng mặt sử dụng siêu âm 3D theo như khuyến cáo của Hội Siêu âm tim Châu Âu và siêu âm tim Hoa Kỳ, theo đồng thuận của Trường môn Tim mạch Hoa Kỳ, Hội phẫu thuật lồng ngực Hoa Kỳ, Hội mạch máu và can thiệp Hoa Kỳ về thay van ĐMC qua da,<sup>182</sup> đồng thuận của Hội X quang tim mạch về cắt lớp vi tính đa dãy<sup>183</sup>; và các phương pháp khác<sup>184-187</sup>. Sử dụng siêu âm 3D thực quản, tất cả các kích thước bao gồm đường kính trục ngắn và trục dài của vòng van ĐMC, diện tích vòng van đều được đo ở mặt cắt ngang thẳng góc qua vòng van ĐMC giữa thì tâm thu (Hình 11). Lưu ý rằng sự khác biệt giữa đường kính trục ngắn và trục dài của vòng van ĐMC có thể lên tới 6mm.<sup>173,188-193</sup> Chi tiết hơn về đo đặc ĐMC từng bước sử dụng siêu âm tim 3D thực quản, không nằm trong phạm vi của khuyến cáo này, được trình bày cụ thể trong bốn bài báo được xuất bản gần đây nhất.<sup>184-187</sup> Việc sử dụng những kỹ thuật này sẽ thu được phép đo với độ chính xác gần tương tự nhất với đo trên chụp cắt lớp vi tính đa dãy.<sup>184-185</sup>

Cần lưu ý rằng mỗi phương pháp đo trên siêu âm tim 3D thực quản hoặc đo trên chụp cắt lớp vi tính đều có những thế mạnh và hạn chế. Hạn chế của phương pháp đo đặc trên cắt lớp vi tính là phải sử dụng thuốc cản quang, tiếp xúc với phóng xạ và không đo được trên hình ảnh động thực trong quá trình thực hiện can thiệp thay van ĐMC, đồng thời phải kiểm soát nhịp tim để đạt được chất lượng hình ảnh ổn định. Siêu âm tim 3D thực quản cũng có

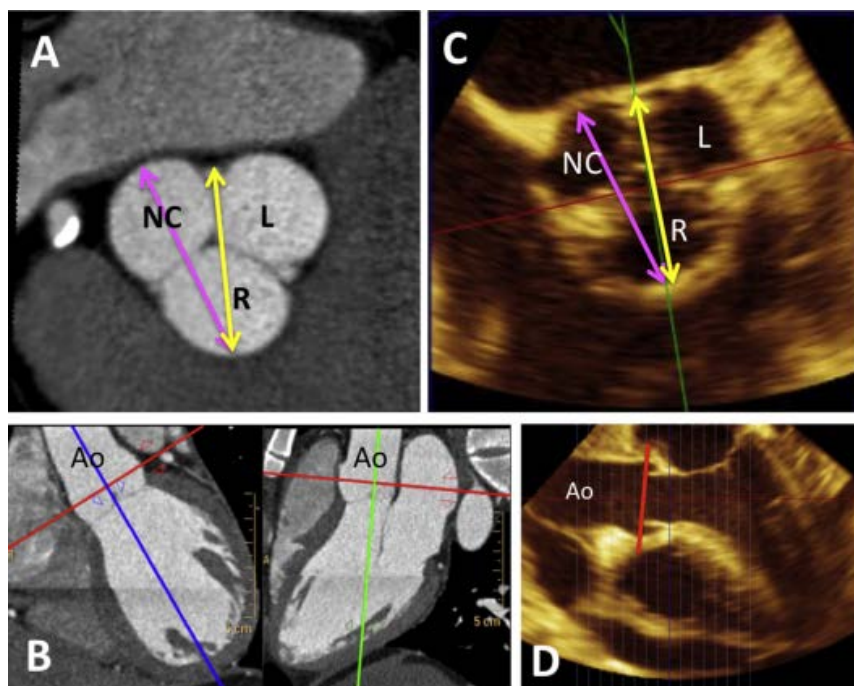
những hạn chế nhất định. Phần mềm sử dụng để đo đạc trên siêu âm tim 3D được phát triển bởi Kasel<sup>184</sup> và Pershad<sup>185</sup> không sẵn có ở mọi phòng siêu âm. Thứ hai là việc quan sát thành trước của vòng van ĐMC có thể bị hạn chế do tình trạng vôi hóa vòng van. Thêm vào đó tình trạng vôi hóa ở vị trí vòng van có thể gây ảnh hưởng tới việc xác định ranh giới và làm cho vòng van có hình dạng không đều.

Hạn chế thứ ba của siêu âm tim 3D qua thực quản là mặt phẳng qua đỉnh bám của ba lá van ĐMC thường không thẳng góc với đường ra thất trái và góc ĐMC.<sup>183</sup> Lý do thứ 4 là cả độ phân giải không gian và thời gian của siêu âm tim 3D vẫn còn hạn chế. Lý do cuối cùng là kỹ thuật này rất phụ thuộc vào người thực hiện và tới thời điểm này vẫn là khá khó khăn ngay cả đối với những người đã có kinh nghiệm.<sup>173,174</sup> Vì những hạn chế này mà việc phối hợp nhiều phương tiện chẩn đoán là lý tưởng nhất để đánh giá vòng van ĐMC phục vụ cho can thiệp thay van ĐMC qua da.



Hình 10 (A) Các vị trí để đo góc ĐMC và ĐMC lên. Theo hình này khuyến cáo 4 vị trí đo thể hiện bằng các đường màu xanh có mũi tên hai đầu (1) vòng van ĐMC (có điểm bám của đỉnh ba lá van); (2) đường kính xoang Valsalva (vị trí kích thước lớn nhất – thường là chính giữa); (3) chỗ nối xoang Valsalva và ĐMC lên; (4) đoạn gần ĐMC lên, khoảng cách giữa vị trí đo đoạn gần ĐMC lên và vòng van ĐMC (hai mũi tên tím hai đầu). Vòng van ĐMC đo ở giữa thì tâm thu trong khi các kích thước khác đo ở cuối thì tâm trương. Đường nét đứt thể hiện trục dọc của thất trái và trục dọc của góc ĐMC và ĐMC lên không phải là

một, và góc giữa hai trục này khác nhau giữa các cá thể, thay đổi theo tuổi và đặc điểm bệnh học. (B) Giải phẫu bình thường của vòng van ĐMC. Vòng van ĐMC là vùng chặt nhất của góc ĐMC được định nghĩa là vòng tròn tưởng tượng đi qua ba đỉnh bắm của ba lá van ĐMC (hình ảnh được phép của Kasel và cs). Ao: ĐMC; LA: nhĩ trái



**Hình 11:** Đường kính nhỏ hơn (trước sau) góc ĐMC đo trên cắt lớp vi tính (A) hoặc đo trên siêu âm 3D qua thực quản (C, mặt cắt ngang, hình ảnh phóng đại) đo từ bờ trong của chỗ tiếp nối lá vành trái và lá không vành tới xoang vành phải bên đối diện (hình A và C: mũi tên vàng hai đầu), đường kính lớn hơn (bên –giữa) đo từ điểm giữa của xoang vành phải tới điểm xa nhất của xoang không vành (hình A và C: mũi tên màu tím hai đầu). Hình B hình ảnh cắt lớp vi tính cắt ngang qua góc ĐMC phóng đại tại vị trí xoang Valsalva sử dụng hai mặt cắt vuông góc nhau để đối chiếu. Hình D: hình ảnh trục dọc qua ĐMC. Đường màu đỏ trong hình B và D thể hiện vị trí đo đường kính ĐMC qua vị trí có kích thước lớn nhất của xoang Valsalva.

## 12. Góc ĐMC

Trên siêu âm 2D thành ngực, kích thước góc ĐMC (tại vị trí đường kính lớn nhất ngang qua xoang Valsalva) đo được ở mặt cắt trục dọc cạnh ức, quan sát được góc ĐMC và ĐMC lên đoạn gần. Mặt cắt này hơi khác so với mặt cắt đánh giá trục dọc của tâm thất trái (Hình 10A). Hình ảnh trục dọc thất trái có thể được đánh giá từ nhiều vị trí khoang liên sườn và ở các vị trí cách xa bờ trái xương ức. Sử dụng đồng thời hình ảnh thu được từ hai mặt cắt vuông góc với nhau thu được từ đầu dò ma trận khá hữu ích. Đoạn đầu của

ĐMC lên thường không được đánh giá đầy đủ trên mặt cắt chuẩn trục dọc cạnh ức. Trong trường hợp này, nên lùi đầu dò gần về phía xương ức cho phép quan sát ĐMC lên trên một đoạn dài hơn. Trong một số trường hợp đặc biệt khi giãn ĐMC lên, có thể đánh giá ĐMC từ mặt cắt cạnh ức phải khoang liên sườn hai hoặc ba.

Phép đo đặc được thực hiện ở vị trí ĐMC có kích thước lớn nhất vuông góc với trục dọc của ĐMC. Ở bệnh nhân với ĐMC có ba lá van, mép đóng của các lá van (thường là lá van vành phải và lá van không vành) sẽ nằm chính giữa lòng gốc ĐMC, và các lá van đóng sẽ nhìn thấy ở mặt ĐMC của đường thẳng nối hai điểm tiếp xúc của hai lá van quan sát được. Nếu đường thẳng đóng van không đối xứng chúng ta kích thước đo được chưa phải là đường kính lớn nhất của gốc ĐMC (Hình 12).

Hiện tại vẫn chưa có một phương pháp thống nhất để đo góc ĐMC và các kích thước khác của ĐMC. Siêu âm tim sử dụng phương pháp đo từ mép trước đến mép trước. Đối với kỹ thuật đo trên cắt lớp vi tính đa dãy lại sử dụng phương pháp đo từ mép trong đến mép trong hoặc đo từ mép ngoài đến mép ngoài đối với cộng hưởng từ tim. Đồng thuận của Hội siêu âm tim Hoa kỳ và Hội siêu âm tim Châu Âu ban đầu thống nhất đo góc ĐMC và các kích thước khác của ĐMC bằng cách đo từ bờ trong đến bờ trong. Tuy nhiên mục tiêu để có một cách đo thống nhất này sau đó đã bị rút lại vì một số lý do: (1) các giá trị tham chiếu đang được sử dụng từ trước tới nay xây dựng trên phép đo từ bờ trước tới bờ trước,<sup>195,196</sup> (2) các phép đo từ bờ trước đến bờ trước cho kết quả đo lớn hơn một cách có ý nghĩa thống kê đối với phương pháp đo từ bờ trong đến bờ trong (2-4 mm) và việc chuyển đổi này có thể làm giảm tỷ lệ những bệnh nhân có nguy cơ vỡ phình ĐMC hoặc phình tách ĐMC xuống dưới ngưỡng cần can thiệp theo như khuyến cáo hiện tại. Theo đó, vòng van ĐMC được đo theo phương pháp từ bờ trong đến bờ trong, còn lại góc ĐMC và các kích thước khác của ĐMC được đo theo khuyến cáo từ bờ trước tới bờ trước.

Siêu âm 2D đánh giá đường kính ĐMC được ưu tiên sử dụng hơn siêu âm M mode do sự chuyển động của tim có thể làm thay đổi vị trí của đầu đặt que chỉ để đo M mode định hướng vị trí lớn nhất ngang qua xoang Valsalva. Sự dịch chuyển này có thể gây ra sự ước tính thấp hơn thực tế (khoảng 2mm)

khi đo kích thước ĐMC bằng phương pháp M mode so với phương pháp 2D.<sup>195</sup> Động mạch chủ ngực đánh giá qua siêu âm tim thực quản cho chất lượng hình ảnh tốt hơn siêu âm tim qua thành ngực vì phần ĐMC này nằm gần đầu dò thực quản hơn. Góc ĐMC và ĐMC lên nhìn thấy rõ nhất ở mặt cắt giữa thực quản, trục dọc qua van ĐMC (mặt cắt 3 buồng, ở góc  $120^{\circ}$  - $140^{\circ}$ ).<sup>3</sup> Trục ngắn của ĐMC lên đánh giá rõ nhất sử dụng mặt cắt giữa thực quản, góc  $45^{\circ}$ . Để đo đạc ĐMC xuống, sử dụng mặt cắt trục dọc góc  $0^{\circ}$  và mặt cắt trục dọc góc  $90^{\circ}$  từ mức ngang cơ hoành tới quai ĐMC. Chức năng đánh giá hai mặt cắt vuông góc cùng lúc của siêu âm tim 3D thực quản cho phép đánh giá cùng lúc cả trục ngắn và trục dài.

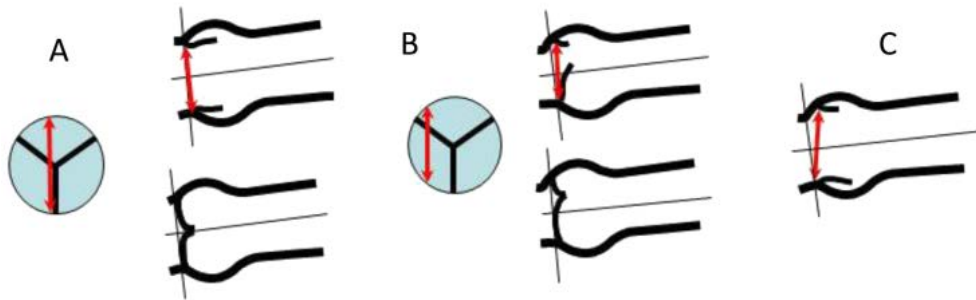
### 13. Xác định giãn ĐMC lên

Giãn ĐMC lên có liên quan với sự tồn tại và tiến triển của hở van ĐMC,<sup>197</sup> đồng thời có liên quan với sự xuất hiện của tách thành ĐMC. Tăng huyết áp ít gây giãn góc ĐMC ở vị trí xoang Valsalva<sup>197</sup> nhưng lại gây giãn ĐMC lên nhiều. Đường kính góc ĐMC đo ở vị trí lớn nhất cắt ngang qua xoang Valsalva có liên quan chặt chẽ với diện tích da cơ thể và tuổi. Vì vậy có thể dùng diện tích da cơ thể để dự đoán đường kính góc ĐMC ở ba nhóm tuổi: < 20 tuổi, 20 – 40 tuổi và > 40 tuổi sử dụng công thức tính.<sup>195</sup> Giãn góc ĐMC tại vị trí xoang Valsalva được định nghĩa là kích thước góc ĐMC lớn hơn 95% khoảng tin cậy của sự phân bố đối với quần thể tham khảo. Giãn ĐMC có thể phát hiện dễ dàng khi đối chiếu kích thước góc ĐMC theo diện tích da cơ thể vào biểu đồ phân bố chuẩn bình thường (Hình 13).<sup>195</sup> Công thức để ước tính đường kính ĐMC tại vị trí xoang Valsalva tính theo diện tích da cơ thể cho từng nhóm tuổi đối chiếu theo Bảng 14 và Hình 13. Chỉ số góc ĐMC hoặc tỷ lệ giữa kích thước quan sát được và kích thước mong muốn tính được bằng cách chia tỷ lệ kích thước quan sát được cho kích thước mong muốn.

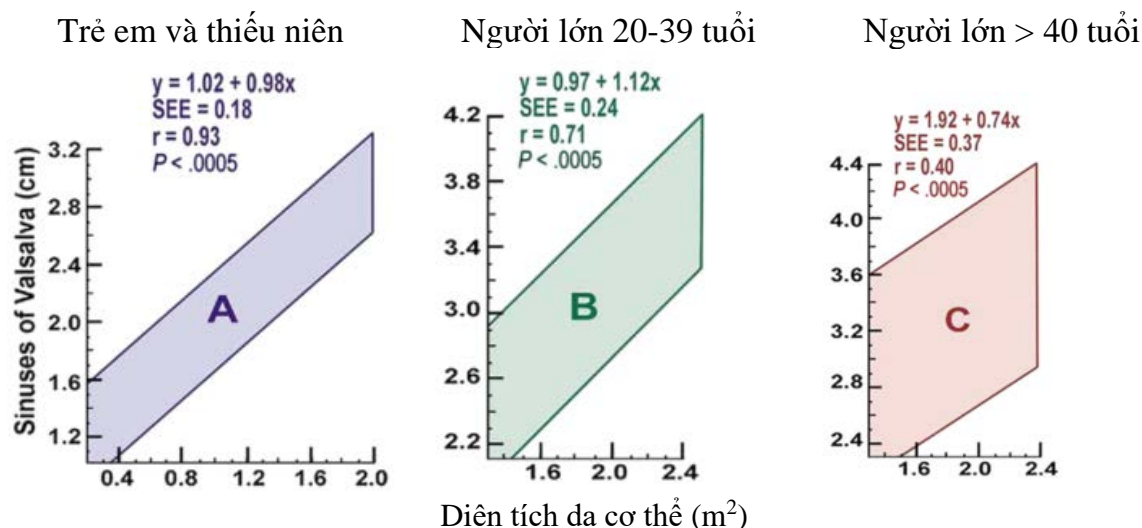
**Khuyến cáo:** đường kính góc ĐMC nên đo ở giữa thì tâm thu từ bờ trong đến bờ trong. Các kích thước khác của ĐMC đo ở cuối thì tâm trương, mặt phẳng đo vuông góc với trục dọc của ĐMC theo kỹ thuật đo từ bờ trước đến bờ trước. Đo kích thước góc ĐMC vị trí lớn nhất ngang mức xoang Valsalva nên so sánh với đồ thị theo tuổi và diện tích da cơ thể hoặc giá trị tính toán được dựa trên công thức cụ thể. Việc đo chính xác đường kính vòng van ĐMC



trước khi thay van ĐMC qua da là vô cùng quan trọng. Cho tới thời điểm hiện tại chưa có phương pháp nào là tiêu chuẩn vàng để đo kích thước góc ĐMC trước khi can thiệp thay van ĐMC qua da. Siêu âm tim 3D qua thực quản hoặc chụp cắt lớp vi tính đa dãy được coi là phương pháp mới và có độ tin cậy để đo đạc góc ĐMC.



**Hình 12:** hình ảnh thể hiện đo góc ĐMC đúng (A); không đúng ( B và C) (mũi tên màu đỏ hai đầu) (A) đường kính đo ở vị trí trung tâm, lá van đóng ở vị trí trung tâm. Đường kẻ mảnh: trục dọc của ĐMC lên, đường vuông góc là mặt phẳng định hướng để đo đường kính vòng van. (B) hình ảnh đo không đúng đường kính vòng van, lệch trục. Điểm bám của lá van bị di động một phần lên cao vì thế không đại diện cho góc bám của lá van vì thế không đóng mở hết. (C) hình đo không đúng do đặt lát cắt bị chệch. Vòng van là vòng tương tượng được xác định bởi điểm bám của ba lá van ĐMC. Vì vậy phần lớn vòng van không có cấu trúc giải phẫu nhìn thấy được. Tuy nhiên vị trí của vòng van ở bất kỳ mặt cắt trục dọc 2D nào đều có thể xác định do mặt phẳng tương tượng của vòng van vuông góc với trục dọc của góc ĐMC. Khi cắt đôi đường kính lớn nhất của vòng van ở mặt cắt đứng dọc, một nửa sẽ nhìn thấy lá vành phải ở phía trước và tam giác xơ giữa lá vành trái và lá không vành ở phía sau. Vì chỉ nhìn thấy một dấu ấn về mặt giải phẫu (điểm bám lá vành phải), vòng van bên đối diện nên được ước tính bằng cách đo vuông góc với trục dọc của ĐMC. Nếu cố gắng đo tới vị trí bạn cho là giữa hai điểm bám của lá van (B và C), thường đo trong xoang Valsalva có thể dẫn tới ước lượng quá mức kích thước vòng van



**Hình 13.** Khoảng tin cậy 95% đối với kích thước góc ĐMC tại vị trí xoang Valsalva trên cơ sở diện tích da cơ thể ở trẻ em và thiếu niên (A), người lớn từ 20 -39 tuổi (B) và người lớn > 40 tuổi (C). sử dụng thông tin được phép của Roman và cs.<sup>195</sup>.

**Bảng 14 Kích thước góc ĐMC ở người trưởng thành**

Góc ĐMC	Giá trị	Chỉ số	Góc ĐMC	Giá trị
	tuyệt đối	(cm/m <sup>2</sup> )		tuyệt đối
	Nam giới	Nữ giới	Nam giới	Nữ giới
<b>Vòng van</b>	2.6 ± 0.3	2.3 ± 0.2	1.3 ± 0.1	1.3 ± 0.1
<b>Xoang Valsalva</b>	3.4 ± 0.3	3.0 ± 0.3	1.7 ± 0.2	1.8 ± 0.2
<b>Chỗ nối xoang Valsalva và ĐMC lên</b>	2.9 ± 0.3	2.6 ± 0.3	1.5 ± 0.2	1.5 ± 0.2
<b>ĐMC lên đoạn gần</b>	3.0 ± 0.4	27 ± 0.4	1.5 ± 0.2	1.6 ± 0.3

Được cho phép bởi Roman và cs<sup>195</sup>. Hiratzka và cs<sup>204</sup>.

## V. TĨNH MẠCH CHỦ DƯỚI

Thăm khám tĩnh mạch chủ dưới từ mặt cắt dưới mũi ức nên được tiến hành như một phần trong thăm khám thường quy siêu âm qua thành ngực. Đường kính tĩnh mạch chủ dưới nên được đo ở mặt cắt dưới mũi ức, bệnh nhân ở tư thế nằm ngửa, đo cách vị trí đổ vào nhĩ phải từ 1 -2 cm. Để đạt mức chính xác nhất, đo đường kính TMCD vuông góc với trục dọc của TMCD. Đường kính TMCD giảm trong thì hít vào do áp lực âm tính trong lồng ngực làm tăng độ đầy thất phải từ các tĩnh mạch hệ thống. Đường kính TMCD và phần trăm thay đổi kích thước TMCD theo hít thở phản ánh áp lực nhĩ phải. Mối liên hệ này có thể lượng giá theo chỉ số xẹp của TMCD.<sup>198</sup> Đánh giá đáp ứng của TMCD theo hô hấp cần thực hiện *sniff test* (BN hít vào nhanh rồi thở ra) vì hít thở thông thường có thể không bộc lộ rõ đáp ứng này.

Để đảm bảo đơn giản hóa và đồng nhất về giá trị áp lực nhĩ phải, nên sử dụng giá trị cụ thể của áp lực nhĩ phải hơn là khoảng giá trị để trên cơ sở đó xác định áp lực ĐMP tâm thu. ĐK TMCD < 2.1 cm và mức độ xẹp TMCD > 50% khi làm *sniff test* gợi ý áp lực nhĩ phải bình thường (~ 3 mmHg, khoảng dao động 0-5 mmHg); Đk TMCD > 2.1cm và xẹp < 50% khi làm *sniff test* gợi ý tăng áp lực buồng nhĩ phải (~ 15 mmHg, khoảng dao động 10-20 mmHg);<sup>199</sup> các bệnh cảnh còn lại của TMCD thì lấy giá trị áp lực nhĩ phải là 8 mmHg, khoảng dao động 5-10 mmHg. Cần lưu ý ở những vận động viên trẻ tuổi, TMCD có thể giãn mà áp lực nhĩ phải vẫn bình thường.<sup>200,201</sup> Đồng thời TMCD có thể giãn và không xẹp khi bệnh nhân thở máy vì vậy không nên sử dụng để đánh giá áp lực nhĩ phải một cách thường quy ở những bệnh nhân này.<sup>202</sup> Tuy nhiên kích thước TMCD đo trên siêu âm tim qua thực quản tại vị trí nối giữa nhĩ phải và TMCD được sử dụng để phản ánh áp lực tĩnh mạch trung tâm ở bệnh nhân an thần thở máy.<sup>203</sup> Việc sử dụng giá trị kích thước TMCD và sự thay đổi theo hô hấp được khuyến khích để ước tính áp lực nhĩ phải. Ước tính áp lực nhĩ phải được sử dụng để ước tính áp lực động mạch phổi trên cơ sở đánh giá dòng hở qua van ba lá hơn là áp dụng giá trị áp lực nhĩ phải giống nhau cho tất cả các bệnh nhân.

## LƯU Ý

Khuyến cáo trên được soạn bởi Hội siêu âm tim Hoa Kỳ và Hội hình ảnh tim mạch Châu Âu như là một tài liệu tham khảo dành cho các thành viên. Không nên coi các khuyến cáo trong này là nguồn tài liệu duy nhất để hướng dẫn điều trị cho mọi nhân viên y tế vì chúng được xây dựng chủ yếu dựa vào ý kiến các chuyên gia hơn là các bằng chứng khoa học. Hội siêu âm tim Hoa Kỳ và Hội hình ảnh tim mạch Châu Âu không chịu trách nhiệm về tính toàn diện và độ chính xác của các thông tin nêu trong tài liệu và sự phù hợp trong từng mục đích điều trị khác nhau. Trong mọi trường hợp không có mối liên hệ ràng buộc gì giữa Hội siêu âm tim Hoa Kỳ và Hội hình ảnh tim mạch Châu Âu và các thầy thuốc cũng như bệnh nhân hoặc bất cứ người nào khác.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification

Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18:1440-63.

2. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for chamber quantification. *Eur J Echocardiogr* 2006;7:79-108.
3. Hahn RT, Abraham T, Adams MS, Bruce CJ, Glas KE, Lang RM, et al. Guidelines for performing a comprehensive transesophageal echocardiographic examination: recommendations from the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr* 2013;26:921-64.
4. Mulvagh SL, Rakowski H, Vannan MA, Abdelmoneim SS, Becher H, Bierig SM, et al. American Society of Echocardiography Consensus Statement on the Clinical Applications of Ultrasonic Contrast Agents in Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:1179-201.
5. Hoffmann R, von Bardeleben S, Kasprzak JD, Borges AC, ten Cate F, Firschke C, et al. Analysis of regional left ventricular function by cineventriculography, cardiac magnetic resonance imaging, and unenhanced and contrast-enhanced echocardiography: a multicenter comparison of methods. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:121-8.
6. Dorosz JL, Lezotte DC, Weitzenkamp DA, Allen LA, Salcedo EE. Performance of 3-dimensional echocardiography in measuring left ventricular volumes and ejection fraction: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2012;59:1799-808.
7. Rietzschel ER, De Buyzere ML, Bekaert S, Segers P, De Bacquer D, Cooman L, et al. Rationale, design, methods and baseline characteristics of the Asklepios Study. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2007;14:179-91.
8. Kuznetsova T, Herbots L, Lopez B, Jin Y, Richart T, Thijs L, et al. Prevalence of left ventricular diastolic dysfunction in a general population. *Circ Heart Fail* 2009;2:105-12.
9. Friedman GD, Cutter GR, Donahue RP, Hughes GH, Hulley SB, Jacobs DR Jr, et al. CARDIA: study design, recruitment, and some characteristics of the examined subjects. *J Clin Epidemiol* 1988;41: 1105-16.
10. Muraru D, Badano LP, Peluso D, Dal Bianco L, Casablanca S, Kocabay G, et al. Comprehensive analysis of left ventricular geometry and function by three-dimensional echocardiography in healthy adults. *J Am Soc Echocardiogr* 2013;26:618-28.
11. Lancellotti P, Badano LP, Lang RM, Akhaladze N, Athanassopoulos GD, Barone D, et al. Normal Reference Ranges for Echocardiography: rationale, study design, and methodology (NORRE Study). *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2013;14:303-8.
12. Kou S, Caballero L, Dulgheru R, Voilliot D, De Sousa C, Kacharava G, et al. Echocardiographic reference ranges for normal cardiac chamber size: results from the NORRE study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2014;15:680-90.

13. Bhave NM, Lang RM. Evaluation of left ventricular structure and function by three-dimensional echocardiography. *Curr Opin Crit Care* 2013;19:387-96.
14. Chahal NS, Lim TK, Jain P, Chambers JC, Kooner JS, Senior R. Population-based reference values for 3D echocardiographic LV volumes and ejection fraction. *JACC Cardiovasc Imaging* 2012;5:1191-7.
15. Kaku K, Takeuchi M, Otani K, Sugeng L, Nakai H, Haruki N, et al. Age and gender-dependency of left ventricular geometry assessed with real-time three-dimensional transthoracic echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2011;24:541-7.
16. Fukuda S, Watanabe H, Daimon M, Abe Y, Hirashiki A, Hirata K, et al. Normal values of real-time 3-dimensional echocardiographic parameters in a healthy Japanese population: the JAMP-3D Study. *Circ J* 2012;76: 1177-81.
17. Germans T, Gotte MJ, Nijveldt R, Spreeuwenberg MD, Beek AM, Bronzwaer JG, et al. Effects of aging on left atrioventricular coupling and left ventricular filling assessed using cardiac magnetic resonance imaging in healthy subjects. *Am J Cardiol* 2007;100:122-7.
18. Sandstede J, Lipke C, Beer M, Hofmann S, Pabst T, Kenn W, et al. Age- and gender-specific differences in left and right ventricular cardiac function and mass determined by cine magnetic resonance imaging. *Eur Radiol* 2000;10:438-42.
19. Muraru D, Badano LP, Piccoli G, Gianfagna P, Del Mestre L, Ermacora D, et al. Validation of a novel automated border-detection algorithm for rapid and accurate quantitation of left ventricular volumes based on three-dimensional echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2010;11: 359-68.
20. Aune E, Baekkevar M, Rodevand O, Otterstad JE. Reference values for left ventricular volumes with real-time 3-dimensional echocardiography. *Scand Cardiovasc J* 2010;44:24-30.
21. Lang RM, Borow KM, Neumann A, Janzen D. Systemic vascular resistance: an unreliable index of left ventricular afterload. *Circulation* 1986;74:1114-23.
22. Reisner SA, Lysyansky P, Agmon Y, Mutlak D, Lessick J, Friedman Z. Global longitudinal strain: a novel index of left ventricular systolic function. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:630-3.
23. Dalen H, Thorstensen A, Aase SA, Ingul CB, Torp H, Vatten LJ, et al. Segmental and global longitudinal strain and strain rate based on echocardiography of 1266 healthy individuals: the HUNT study in Norway. *Eur J Echocardiogr* 2010;11:176-83.
24. Voigt JU, Pedrizzetti G, Lysyansky P, Marwick TH, Houle HC, Baumann R, et al. Definitions for a Common Standard for 2D Speckle Tracking Echocardiography. Consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to Standardize Deformation Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2014 (in press).
25. Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, Belohlavek M, Cardim NM, Derumeaux G, et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of

cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2011; 24:277-313.

26. Thomas JD, Badano LP. EACVI-ASE-industry initiative to standardize deformation imaging: a brief update from the co-chairs. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2013;14:1039-40.

27. Yingchoncharoen T, Agarwal S, Popovic ZB, Marwick TH. Normal ranges of left ventricular strain: a meta-analysis. *J Am Soc Echocardiogr* 2013;26:185-91.

28. Mignot A, Donal E, Zaroui A, Reant P, Salem A, Hamon C, et al. Global longitudinal strain as a major predictor of cardiac events in patients with depressed left ventricular function: a multicenter study. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:1019-24.

29. Stanton T, Leano R, Marwick TH. Prediction of all-cause mortality from global longitudinal speckle strain: comparison with ejection fraction and wall motion scoring. *Circ Cardiovasc Imaging* 2009;2: 356-64.

30. Di Salvo G, Rea A, Mormile A, Limongelli G, D'Andrea A, Pergola V, et al. Usefulness of bidimensional strain imaging for predicting outcome in asymptomatic patients aged  $\leq 16$  years with isolated moderate to severe aortic regurgitation. *Am J Cardiol* 2012;110:1051-5.

31. Witkowski TG, Thomas JD, Debonnaire PJ, Delgado V, Hoke U, Ewe SH, et al. Global longitudinal strain predicts left ventricular dysfunction after mitral valve repair. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2013;14:69-76.

32. Kocabay G, Muraru D, Peluso D, Cucchini U, Mihaila S, Padayattil-Jose S, et al. Normal left ventricular mechanics by two-dimensional speckle tracking echocardiography. *Rev Esp Cardiol* 2014;67:651-8.

33. Takigiku K, Takeuchi M, Izumi C, Yuda S, Sakata K, Ohte N, et al. Normal range of left ventricular 2-dimensional strain: Japanese Ultrasound Speckle Tracking of the Left Ventricle (JUSTICE) study. *Circ J* 2012;76: 2623-32.

34. Kuznetsova T, Herbots L, Richart T, D'Hooge J, Thijs L, Fagard RH, et al. Left ventricular strain and strain rate in a general population. *Eur Heart J* 2008;29:2014-23.

35. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation* 2002;105: 539-42.

36. Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, et al. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. American Society of Echocardiography Committee on Standards,

Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms. *J Am Soc Echocardiogr* 1989;2:358-67.

37. Amzulescu MS, Slavich M, Florian A, Goetschalckx K, Voigt JU. Does two-dimensional image reconstruction from three-dimensional full volume echocardiography improve the assessment of left ventricular morphology and function? *Echocardiography* 2013;30:55-63.

38. Voigt JU, Lindenmeier G, Exner B, Regenfus M, Werner D, Reulbach U, et al. Incidence and characteristics of segmental postsystolic longitudinal shortening in normal, acutely ischemic, and scarred myocardium. *J Am Soc Echocardiogr* 2003;16:415-23.

39. Lieberman AN, Weiss JL, Jugdutt BI, Becker LC, Bulkley BH, Garrison JG, et al. Two-dimensional echocardiography and infarct size: relationship of regional wall motion and thickening to the extent of myocardial infarction in the dog. *Circulation* 1981;63:739-46.

40. Takeuchi M, Sonoda S, Miura Y, Kuroiwa A. Reproducibility of dobutamine digital stress echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1997; 10:344-51.

41. Lumens J, Leenders GE, Cramer MJ, De Boeck BW, Doevendans PA, Prinzen FW, et al. Mechanistic evaluation of echocardiographic dyssynchrony indices: patient data combined with multiscale computer simulations. *Circ Cardiovasc Imaging* 2012;5:491-9.

42. Little WC, Reeves RC, Arciniegas J, Katholi RE, Rogers EW. Mechanism of abnormal interventricular septal motion during delayed left ventricular activation. *Circulation* 1982;65:1486-91.

43. Parsai C, Bijmens B, Sutherland GR, Baltabaeva A, Claus P, Marciniak M, et al. Toward understanding response to cardiac resynchronization therapy: left ventricular dyssynchrony is only one of multiple mechanisms. *Eur Heart J* 2009;30:940-9.

44. Voigt JU, Schneider TM, Korder S, Szulik M, Gurel E, Daniel WG, et al. Apical transverse motion as surrogate parameter to determine regional left ventricular function inhomogeneities: a new, integrative approach to left ventricular asynchrony assessment. *Eur Heart J* 2009;30: 959-68.

45. Stankovic I, Aaronson M, Smith HJ, Voros G, Kongsgaard E, Neskovic AN, et al. Dynamic relationship of left-ventricular dyssynchrony and contractile reserve in patients undergoing cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J* 2014;35:48-55.

46. Heimdahl A, Stoylen A, Torp H, Skjaerpe T. Real-time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound. *J Am Soc Echocardiogr* 1998;11: 1013-9.

47. Leitman M, Lysyansky P, Sidenko S, Shir V, Peleg E, Binenbaum M, et al. Two-dimensional strain-a novel software for real-time quantitative echocardiographic assessment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:1021-9.

48. Stefani L, Toncelli L, Gianassi M, Manetti P, Di Tante V, Vono MR, et al. Two-dimensional tracking and TDI are consistent methods for evaluating myocardial

longitudinal peak strain in left and right ventricle basal segments in athletes. *Cardiovasc Ultrasound* 2007;5:7.

49. Voigt JU, Exner B, Schmiedehausen K, Huchzermeyer C, Reulbach U, Nixdorff U, et al. Strain-rate imaging during dobutamine stress echocardiography provides objective evidence of inducible ischemia. *Circulation* 2003;107:2120-6.

50. Maffessanti F, Nesser HJ, Weinert L, Steringer-Mascherbauer R, Niel J, Gorissen W, et al. Quantitative evaluation of regional left ventricular function using three-dimensional speckle tracking echocardiography in patients with and without heart disease. *Am J Cardiol* 2009;104:1755-62.

51. Badano LP, Cucchini U, Muraru D, Al Nono O, Sarais C, Iliceto S. Use of three-dimensional speckle tracking to assess left ventricular myocardial mechanics: inter-vendor consistency and reproducibility of strain measurements. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2013;14:285-93.

34 Lang et al *Journal of the American Society of Echocardiography* January 2015

52. Verdecchia P, Carini G, Circo A, Dovellini E, Giovannini E, Lombardo M, et al. Left ventricular mass and cardiovascular morbidity in essential hypertension: the MAVI study. *J Am Coll Cardiol* 2001;38:1829-35.

53. Schillaci G, Verdecchia P, Porcellati C, Cuccurullo O, Cosco C, Perticone F. Continuous relation between left ventricular mass and cardiovascular risk in essential hypertension. *Hypertension* 2000;35: 580-6.

54. Ghali JK, Liao Y, Simmons B, Castaner A, Cao G, Cooper RS. The prognostic role of left ventricular hypertrophy in patients with or without coronary artery disease. *Ann Intern Med* 1992;117:831-6.

55. Verma A, Meris A, Skali H, Ghali JK, Arnold JM, Bourgoun M, et al. Prognostic implications of left ventricular mass and geometry following myocardial infarction: the VALIANT (VALsartan In Acute myocardial iNfarcTion) Echocardiographic Study. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008;1:582-91.

56. Armstrong AC, Gidding S, Gjesdal O, Wu C, Bluemke DA, Lima JA. LV mass assessed by echocardiography and CMR, cardiovascular outcomes, and medical practice. *JACC Cardiovasc Imaging* 2012;5:837-48.

57. Park SH, Shub C, Nobrega TP, Bailey KR, Seward JB. Two-dimensional echocardiographic calculation of left ventricular mass as recommended by the American Society of Echocardiography: correlation with autopsy and M-mode echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1996;9:119-28.

58. McGavigan AD, Dunn FG, Goodfield NE. Secondary harmonic imaging overestimates left ventricular mass compared to fundamental echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2003;4:178-81.



59. de Las Fuentes L, Spence KE, Davila-Roman VG, Waggoner AD. Are normative values for LV geometry and mass based on fundamental imaging valid with use of harmonic imaging? *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:1317-22.
60. Mor-Avi V, Sugeng L, Weinert L, MacEneaney P, Caiani EG, Koch R, et al. Fast measurement of left ventricular mass with real-time three-dimensional echocardiography: comparison with magnetic resonance imaging. *Circulation* 2004;110:1814-8.
61. Lang RM, Badano LP, Tsang W, Adams DH, Agricola E, Buck T, et al. EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25: 3-46.
62. Lam CS, Roger VL, Rodeheffer RJ, Bursi F, Borlaug BA, Ommen SR, et al. Cardiac structure and ventricular-vascular function in persons with heart failure and preserved ejection fraction from Olmsted County, Minnesota. *Circulation* 2007;115:1982-90.
63. Ng AC, Tran da T, Newman M, Allman C, Vidaic J, Lo ST, et al. Left ventricular longitudinal and radial synchrony and their determinants in healthy subjects. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:1042-8.
64. Chahal NS, Lim TK, Jain P, Chambers JC, Kooner JS, Senior R. Ethnicity-related differences in left ventricular function, structure and geometry: a population study of UK Indian Asian and European white subjects. *Heart* 2010;96:466-71.
65. Chirinos JA, Segers P, De Buyzere ML, Kronmal RA, Raja MW, De Bacquer D, et al. Left ventricular mass: allometric scaling, normative values, effect of obesity, and prognostic performance. *Hypertension* 2010;56:91-8.
66. Cuspidi C, Facchetti R, Sala C, Bombelli M, Negri F, Carugo S, et al. Normal values of left-ventricular mass: echocardiographic findings from the PAMELA study. *J Hypertens* 2012;30:997-1003.
67. Kizer JR, Arnett DK, Bella JN, Paranicas M, Rao DC, Province MA, et al. Differences in left ventricular structure between black and white hypertensive adults: the Hypertension Genetic Epidemiology Network study. *Hypertension* 2004;43:1182-8.
68. Rodriguez CJ, Diez-Roux AV, Moran A, Jin Z, Kronmal RA, Lima J, et al. Left ventricular mass and ventricular remodeling among Hispanic subgroups compared with non-Hispanic blacks and whites: MESA (Multi-ethnic Study of Atherosclerosis). *J Am Coll Cardiol* 2010;55:234-42.
69. Park CM, March K, Ghosh AK, Jones S, Coady E, Tuson C, et al. Left-ventricular structure in the Southall And Brent REvisited (SABRE) study: explaining ethnic differences. *Hypertension* 2013;61:1014-20.
70. de Simone G, Kizer JR, Chinali M, Roman MJ, Bella JN, Best LG, et al. Normalization for body size and population-attributable risk of left ventricular hypertrophy: the Strong Heart Study. *Am J Hypertens* 2005;18:191-6.

71. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:685-713. quiz 86-8.
72. Kawut SM, Lima JA, Barr RG, Chahal H, Jain A, Tandri H, et al. Sex and race differences in right ventricular structure and function: the multiethnic study of atherosclerosis-right ventricle study. *Circulation* 2011;123:2542-51.
73. D'Oronzio U, Senn O, Biaggi P, Gruner C, Jenni R, Tanner FC, et al. Right heart assessment by echocardiography: gender and body size matters. *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25:1251-8.
74. Willis J, Augustine D, Shah R, Stevens C, Easaw J. Right ventricular normal measurements: time to index? *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25:1259-67.
75. Maffessanti F, Muraru D, Esposito R, Gripari P, Ermacora D, Santoro C, et al. Age-, body size-, and sex-specific reference values for right ventricular volumes and ejection fraction by three-dimensional echocardiography: a multicenter echocardiographic study in 507 healthy volunteers. *Circ Cardiovasc Imaging* 2013;6:700-10.
76. D'Andrea A, Cocchia R, Caso P, Riegler L, Scarafilo R, Salerno G, et al. Global longitudinal speckle-tracking strain is predictive of left ventricular remodeling after coronary angioplasty in patients with recent non-ST elevation myocardial infarction. *Int J Cardiol* 2011;153:185-91.
77. Ling LF, Obuchowski NA, Rodriguez L, Popovic Z, Kwon D, Marwick TH. Accuracy and interobserver concordance of echocardiographic assessment of right ventricular size and systolic function: a quality control exercise. *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25:709-13.
78. Shimada YJ, Shiota M, Siegel RJ, Shiota T. Accuracy of right ventricular volumes and function determined by three-dimensional echocardiography in comparison with magnetic resonance imaging: a meta-analysis study. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:943-53.
79. Giusca S, Dambrauskaite V, Scheurwegs C, D'Hooge J, Claus P, Herbots L, et al. Deformation imaging describes right ventricular function better than longitudinal displacement of the tricuspid ring. *Heart* 2010; 96:281-8.
80. Innelli P, Esposito R, Olibet M, Nistri S, Galderisi M. The impact of ageing on right ventricular longitudinal function in healthy subjects: a pulsed tissue Doppler study. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:491-8.
81. Maffessanti F, Gripari P, Tamborini G, Muratori M, Fusini L, Alamanni F, et al. Evaluation of right ventricular systolic function after mitral valve repair: a two-dimensional Doppler, speckle-tracking, and three-dimensional echocardiographic study. *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25: 701-8.

82. Verhaert D, Mullens W, Borowski A, Popovic ZB, Curtin RJ, Thomas JD, et al. Right ventricular response to intensive medical therapy in advanced decompensated heart failure. *Circ Heart Fail* 2010;3:340-6.
83. Guendouz S, Rappeneau S, Nahum J, Dubois-Rande JL, Gueret P, Monin JL, et al. Prognostic significance and normal values of 2D strain to assess right ventricular systolic function in chronic heart failure. *Circ J* 2012;76:127-36.
84. Antoni ML, Scherptong RW, Atary JZ, Boersma E, Holman ER, van der Wall EE, et al. Prognostic value of right ventricular function in patients after acute myocardial infarction treated with primary percutaneous coronary intervention. *Circ Cardiovasc Imaging* 2010;3:264-71.
85. Hardegree EL, Sachdev A, Villarraga HR, Frantz RP, McGoon MD, Kushwaha SS, et al. Role of serial quantitative assessment of right ventricular function by strain in pulmonary arterial hypertension. *Am J Cardiol* 2013;111:143-8.
86. Haeck ML, Scherptong RW, Marsan NA, Holman ER, Schalij MJ, Bax JJ, et al. Prognostic value of right ventricular longitudinal peak systolic strain in patients with pulmonary hypertension. *Circ Cardiovasc Imaging* 2012; 5:628-36.
87. Cappelli F, Porciani MC, Bergesio F, Perlini S, Attana P, Moggi Pignone A, et al. Right ventricular function in AL amyloidosis: characteristics and prognostic implication. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2012;13:416-22.
88. Grant AD, Smedira NG, Starling RC, Marwick TH. Independent and incremental role of quantitative right ventricular evaluation for the prediction of right ventricular failure after left ventricular assist device implantation. *J Am Coll Cardiol* 2012;60:521-8.
89. Unsworth B, Casula RP, Kyriacou AA, Yadav H, Chukwuemeka A, Cherian A, et al. The right ventricular annular velocity reduction caused by coronary artery bypass graft surgery occurs at the moment of pericardial incision. *Am Heart J* 2010;159:314-22.
90. Lindqvist P, Holmgren A, Zhao Y, Henein MY. Effect of pericardial repair after aortic valve replacement on septal and right ventricular function. *Int J Cardiol* 2012;155:388-93.
91. Sugeng L, Mor-Avi V, Weinert L, Niel J, Ebner C, Steringer-Mascherbauer R, et al. Multimodality comparison of quantitative volumetric analysis of the right ventricle. *JACC Cardiovasc Imaging* 2010;3:10-8.
92. Rosca M, Lancellotti P, Popescu BA, Pierard LA. Left atrial function: pathophysiology, echocardiographic assessment, and clinical applications. *Heart* 2011;97:1982-9.
93. Spencer KT, Mor-Avi V, Gorcsan J, DeMaria AN, Kimball TR, Monaghan MJ, et al. Effects of aging on left atrial reservoir, conduit, and booster pump function: a multi-institution acoustic quantification study. *Heart* 2001;85:272-7.

94. Bouzas-Mosquera A, Brouillon FJ, Alvarez-Garcia N, Mendez E, Peteiro J, Gandara-Sambade T, et al. Left atrial size and risk for all-cause mortality and ischemic stroke. *Can Med Assoc J* 2011;183:E657-64.
95. Kizer JR, Bella JN, Palmieri V, Liu JE, Best LG, Lee ET, et al. Left atrial diameter as an independent predictor of first clinical cardiovascular events in middle-aged and elderly adults: The Strong Heart Study (SHS). *Am Heart J* 2006;151:412-8.
96. Lancellotti P, Donal E, Magne J, Moonen M, O'Connor K, Daubert JC, et al. Risk stratification in asymptomatic moderate to severe aortic stenosis: the importance of the valvular, arterial and ventricular interplay. *Heart* 2010;96:1364-71.
97. Le Tourneau T, Messika-Zeitoun D, Russo A, Detaint D, Topolsky Y, Mahoney DW, et al. Impact of Left Atrial Volume on Clinical Outcome in Organic Mitral Regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 2010;56:570-8.
98. Tsang TSM, Barnes ME, Gersh BJ, Bailey KR, Seward JB. Left atrial volume as a morphophysiologic expression of left ventricular diastolic dysfunction and relation to cardiovascular risk burden. *Am J Cardiol* 2002;90:1284-9.
99. Tsang TSM, Barnes ME, Gersh BJ, Takemoto Y, Rosales AG, Bailey KR, et al. Prediction of risk for first age-related cardiovascular events in an elderly population: The incremental value of echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2003;42:1199-205.
100. Appleton CP, Galloway JM, Gonzalez MS, Gaballa M, Basnight MA. Estimation of left ventricular filling pressures using two-dimensional and Doppler echocardiography in adult patients with cardiac disease. Additional value of analyzing left atrial size, left atrial ejection fraction and the difference in duration of pulmonary venous and mitral flow velocity at atrial contraction. *J Am Coll Cardiol* 1993;22:1972-82.
101. Geske JB, Sorajja P, Nishimura RA, Ommen SR. The Relationship of Left Atrial Volume and Left Atrial Pressure in Patients With Hypertrophic Cardiomyopathy: An Echocardiographic and Cardiac Catheterization Study. *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22:961-6.
102. Guron CW, Hartford M, Rosengren A, Thelle D, Wallentin I, Caidahl K. Usefulness of atrial size inequality as an indicator of abnormal left ventricular filling. *Am J Cardiol* 2005;95:1448-52.
103. Simek CL, Feldman MD, Haber HL, Wu CC, Jayaweera AR, Kaul S. Relationship between left ventricular wall thickness and left atrial size: comparison with other measures of diastolic function. *J Am Soc Echocardiogr* 1995;8:37-47.
104. Ersboll M, Anderson MJ, Valeur N, Mogensen UM, Waziri H, Moller JE, et al. The prognostic value of left atrial peak reservoir strain in acute myocardial infarction is dependent on left ventricular longitudinal function and left atrial size. *Circ Cardiovasc Imaging* 2013;6: 26-33.

105. Lonborg JT, Engstrom T, Moller JE, Ahtarovski KA, Kelbaek H, Holmvang L, et al. Left atrial volume and function in patients following ST elevation myocardial infarction and the association with clinical outcome: a cardiovascular magnetic resonance study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2013;14:118-26.
106. Barnes ME, Miyasaka Y, Seward JB, Gersh BJ, Rosales AG, Bailey KR, et al. Left atrial volume in the prediction of first ischemic stroke in an elderly cohort without atrial fibrillation. *Mayo Clin Proc* 2004;79:1008-14.
107. Benjamin EJ, D'Agostino RB, Belanger AJ, Wolf PA, Levy D. Left Atrial Size and the Risk of Stroke and Death - the Framingham Heart-Study. *Circulation* 1995;92:835-41.
108. Bolca O, Akdemir O, Eren M, Dagdeviren B, Yildirim A, Tezel T. Left atrial maximum volume is a recurrence predictor in lone-atrial fibrillation - An acoustic quantification study. *Jpn Heart J* 2002;43:241-8.
109. Di Tullio MR, Sacco RL, Sciacca RR, Homma S. Left atrial size and the risk of ischemic stroke in an ethnically mixed population. *Stroke* 1999; 30:2019-24.
110. Flaker GC, Fletcher KA, Rothbart RM, Halperin JL, Hart RG. Clinical and Echocardiographic Features of Intermittent Atrial-Fibrillation That Predict Recurrent Atrial-Fibrillation. *Am J Cardiol* 1995;76:355-8.
111. Kottkamp H. Fibrotic Atrial Cardiomyopathy: A Specific Disease/Syndrome Supplying Substrates for Atrial Fibrillation, Atrial Tachycardia, Sinus Node Disease, AV Node Disease, and Thromboembolic Complications. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2012;23:797-9.
112. Tsang TS, Gersh BJ, Appleton CP, Tajik AJ, Barnes ME, Bailey KR, et al. Left ventricular diastolic dysfunction as a predictor of the first diagnosed nonvalvular atrial fibrillation in 840 elderly men and women. *J Am Coll Cardiol* 2002;40:1636-44.
113. Tsang TS, Barnes ME, Bailey KR, Leibson CL, Montgomery SC, Takemoto Y, et al. Left atrial volume: Important risk marker of incident atrial fibrillation in 1655 older men and women. *Mayo Clin Proc* 2001;76:467-75.
114. Vaziri SM, Larson MG, Benjamin EJ, Levy D. Echocardiographic predictors of nonrheumatic atrial fibrillation. The Framingham Heart Study. *Circulation* 1994;89:724-30.
115. Tsang TS, Barnes ME, Gersh BJ, Bailey KR, Seward JB. Risks for atrial fibrillation and congestive heart failure in patients  $\geq 65$  years of age with abnormal left ventricular diastolic relaxation. *Am J Cardiol* 2004;93:54-8.
116. Beinart R, Boyko V, Schwammenthal E, Kuperstein R, Sagie A, Hod H, et al. Long-term prognostic significance of left atrial volume in acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2004;44:327-34.
117. Moller JE, Hillis GS, Oh JK, Seward JB, Reeder GS, Wright RS, et al. Left atrial volume - A powerful predictor of survival after acute myocardial infarction. *Circulation*

2003;107:2207-12.

118. Dini FL, Cortigiani L, Baldini U, Boni A, Nuti R, Barsotti L, et al. Prognostic value of left atrial enlargement in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy and ischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2002;89:518-23.

119. Kim H, Cho YK, Jun DH, Nam CW, Han SW, Hur SH, et al. Prognostic implications of the NT-ProBNP level and left atrial size in non-ischemic dilated cardiomyopathy. *Circ J* 2008;72:1658-65.

120. Modena MG, Muia N, Sgura FA, Molinari R, Castelli A, Rossi R. Left atrial size is the major predictor of cardiac death and overall clinical outcome in patients with dilated cardiomyopathy: A long-term follow-up study. *Clin Cardiol* 1997;20:553-60.

121. Quinones MA, Greenberg BH, Kopelen HA, Koilpillai C, Limacher MC, Shindler DM, et al. Echocardiographic predictors of clinical outcome in patients with Left Ventricular Dysfunction enrolled in the SOLVD Registry and Trials: Significance of left ventricular hypertrophy. *J Am Coll Cardiol* 2000;35:1237-44.

122. Sabharwal N, Cemin R, Rajan K, Hickman M, Lahiri A, Senior R. Usefulness of left atrial volume as a predictor of mortality in patients with ischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2004;94:760-3.

123. Poulsen MK, Dahl JS, Henriksen JE, Hey TM, Hoiland-Carlsen PF, BeckNielsen H, et al. Left atrial volume index: relation to long-term clinical outcome in type 2 diabetes. *J Am Coll Cardiol* 2013;62:2416-21.

124. Olshansky B, Heller EN, Mitchell LB, Chandler M, Slater W, Green M, et al. Are transthoracic echocardiographic parameters associated with atrial fibrillation recurrence or stroke? - Results from the atrial fibrillation follow-up investigation of rhythm management (AFFIRM) study. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:2026-33.

125. Rusinaru D, Tribouilloy C, Grigioni F, Avierinos JF, Suri RM, Barbieri A, et al. Left Atrial Size Is a Potent Predictor of Mortality in Mitral Regurgitation Due to Flail Leaflets Results From a Large International Multicenter Study. *Circ Cardiovasc Imaging* 2011;4:473-81.

126. Schabelman S, Schiller NB, Silverman NH, Ports TA. Left Atrial Volume Estimation by Two-Dimensional Echocardiography. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1981;7:165-78.

127. Wade MR, Chandraratna PAN, Reid CL, Lin SL, Rahimtoola SH. Accuracy of Nondirected and Directed M-Mode Echocardiography as an Estimate of Left Atrial Size. *Am J Cardiol* 1987;60:1208-11.

128. Lester SJ, Ryan EW, Schiller NB, Foster E. Best method in clinical practice and in research studies to determine left atrial size. *Am J Cardiol* 1999;84:829-32.

129. Loperfido F, Pennestri F, Digaetano A, Scabbia E, Santarelli P, Mongiardo R, et al. Assessment of left atrial dimensions by cross sectional echocardiography in patients with mitral valve disease. *Br Heart J* 1983;50:570-8.
130. Vyas H, Jackson K, Chenzbraun A. Switching to volumetric left atrial measurements: impact on routine echocardiographic practice. *Eur J Echocardiogr* 2011;12.
131. Gottdiener JS, Kitzman DW, Aurigemma GP, Arnold AM, Manolio TA. Left atrial volume, geometry, and function in systolic and diastolic heart failure of persons  $\geq 65$  years of age (The Cardiovascular Health Study). *Am J Cardiol* 2006;97:83-9.
132. Losi Ma, Betocchi S, Aversa M, Lombardi R, Miranda M, Ciampi Q, et al. Determinants of the development of atrial fibrillation in hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation* 2002;106:710.
133. Rossi A, Cicoira M, Zanolla L, Sandrini R, Golia G, Zardini P, et al. Determinants and prognostic value of left atrial volume in patients with dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2002;40:1425-30.
134. Takemoto Y, Barnes ME, Seward JB, Lester SJ, Appleton CA, Gersh BJ, et al. Usefulness of left atrial volume in predicting first congestive heart failure in patients  $\geq 65$  years of age with well-preserved left ventricular systolic function. *Am J Cardiol* 2005;96:832-6.
135. Tani T, Tanabe K, Ono M, Yamaguchi K, Okada M, Sumida T, et al. Left atrial volume and the risk of paroxysmal atrial fibrillation in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17:644-8.
136. Tsang TS, Abhayaratna WP, Barnes ME, Miyasaka Y, Gersh BJ, Bailey KR, et al. Prediction of cardiovascular outcomes with left atrial size - Is volume superior to area or diameter? *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1018-23.
137. Pritchett AM, Jacobsen SJ, Mahoney DW, Rodeheffer RJ, Bailey KR, Redfield MM. Left atrial volume as an index of left atrial size: a population-based study. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:1036-43.
138. Jenkins C, Bricknell K, Marwick TH. Use of real-time three-dimensional echocardiography to measure left atrial volume: Comparison with other echocardiographic techniques. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18:991-7.
139. Maceira AM, Cosin-Sales J, Roughton M, Prasad SK, Pennell DJ. Reference left atrial dimensions and volumes by steady state free precession cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2010;12: 65.
140. Rodevand O, Bjornerheim R, Ljosland M, Maehle J, Smith HJ, Ihlen H. Left atrial volumes assessed by three- and two-dimensional echocardiography compared to MRI estimates. *Int J Cardiovasc Imaging* 1999;15: 397-410.

141. Stojanovska J, Cronin P, Patel S, Gross BH, Oral H, Chughtai K, et al. Reference Normal Absolute and Indexed Values From ECG-Gated MDCT: Left Atrial Volume, Function, and Diameter. *Am J Roentgenol* 2011;197:631-7.
142. Ujino K, Barnes ME, Cha SS, Langins AP, Bailey KR, Seward JB, et al. Two-dimensional echocardiographic methods for assessment of left atrial volume. *Am J Cardiol* 2006;98:1185-8.
143. Aurigemma GP, Gottdiener JS, Arnold AM, Chinali M, Hill JC, Kitzman D. Left Atrial Volume and Geometry in Healthy Aging The Cardiovascular Health Study. *Circ Cardiovasc Imaging* 2009;2:282-9.
144. Thomas L, Levett K, Boyd A, Leung DYC, Schiller NB, Ross DL. Compensatory changes in atrial volumes with normal aging: Is atrial enlargement inevitable? *J Am Coll Cardiol* 2002;40:1630-5.
145. Yamaguchi K, Tanabe K, Tani T, Yagi T, Fujii Y, Konda T, et al. Left atrial volume in normal Japanese adults. *Circ J* 2006;70:285-8.
146. Russo C, Hahn RT, Jin ZZ, Homma S, Sacco RL, Di Tullio MR. Comparison of Echocardiographic Single-Plane versus Biplane Method in the Assessment of Left Atrial Volume and Validation by Real Time ThreeDimensional Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:954-60.
147. Nistri S, Galderisi M, Ballo P, Olivotto I, D'Andrea A, Pagliani L, et al. Determinants of echocardiographic left atrial volume: implications for normalcy. *Eur J Echocardiogr* 2011;12:826-33.
148. Vasan RS, Levy D, Larson MG, Benjamin EJ. Interpretation of echocardiographic measurements: a call for standardization. *Am Heart J* 2000; 139:412-22.
149. Knutsen KM, Stugaard M, Michelsen S, Otterstad JE. M-mode echocardiographic findings in apparently healthy, non-athletic Norwegians aged 20-70 years. Influence of age, sex and body surface area. *J Intern Med* 1989;225:111-5.
150. Wang Y, Gutman JM, Heilbron D, Wahr D, Schiller NB. Atrial volume in a normal adult population by two-dimensional echocardiography. *Chest* 1984;86:595-601.
151. Cacciapuoti F, Scognamiglio A, Paoli VD, Romano C, Cacciaputo F. Left Atrial Volume Index as Indicator of Left Ventricular Diastolic Dysfunction. *J Cardiovasc Ultrasound* 2012;20:25-9.
152. Orban M, Bruce CJ, Pressman GS, Leinveber P, Romero-Corral A, Korinek J, et al. Dynamic Changes of Left Ventricular Performance and Left Atrial Volume Induced by the Mueller Maneuver in Healthy Young Adults and Implications for Obstructive Sleep Apnea, Atrial Fibrillation, and Heart Failure. *Am J Cardiol* 2008;102:1557-61.



153. Whitlock M, Garg A, Gelow J, Jacobson T, Broberg C. Comparison of Left and Right Atrial Volume by Echocardiography Versus Cardiac Magnetic Resonance Imaging Using the Area-Length Method. *Am J Cardiol* 2010; 106:1345-50.
154. Yoshida C, Nakao S, Goda A, Naito Y, Matsumoto M, Otsuka M, et al. Value of assessment of left atrial volume and diameter in patients with heart failure but with normal left ventricular ejection fraction and mitral flow velocity pattern. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:278-81.
155. Iwataki M, Takeuchi M, Otani K, Kuwaki H, Haruki N, Yoshitani H, et al. Measurement of left atrial volume from transthoracic three-dimensional echocardiographic datasets using the biplane Simpson's technique. *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25:1319-26.
156. Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, Marino PN, Oh JK, Smiseth OA, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2009; 22:107-33.
157. Miyasaka Y, Tsujimoto S, Maeba H, Yuasa F, Takehana K, Dote K, et al. Left atrial volume by real-time three-dimensional echocardiography: validation by 64-slice multidetector computed tomography. *J Am Soc Echocardiogr* 2011;24:680-6.
158. Rohner A, Brinkert M, Kawel N, Buechel RR, Leibundgut G, Grize L, et al. Functional assessment of the left atrium by real-time three-dimensional echocardiography using a novel dedicated analysis tool: initial validation studies in comparison with computed tomography. *Eur J Echocardiogr* 2011;12:497-505.
159. Artang R, Migrino RQ, Harmann L, Bowers M, Woods TD. Left atrial volume measurement with automated border detection by 3-dimensional echocardiography: comparison with Magnetic Resonance Imaging. *Cardiovasc Ultrasound* 2009;7:16.
160. Mor-Avi V, Yodanis C, Jenkins C, Kuhl H, Nesser HJ, Marwick TH, et al. Real-time 3D echocardiographic quantification of left atrial volume: multicenter study for validation with CMR. *JACC Cardiovasc Imaging* 2012;5:769-77.
161. Caselli S, Canali E, Foschi ML, Santini D, Di Angelantonio E, Pandian NG, et al. Long-term prognostic significance of three-dimensional echocardiographic parameters of the left ventricle and left atrium. *Eur J Echocardiogr* 2010;11:250-6.
162. Suh IW, Song JM, Lee EY, Kang SH, Kim MJ, Kim JJ, et al. Left atrial volume measured by real-time 3-dimensional echocardiography predicts clinical outcomes in patients with severe left ventricular dysfunction and in sinus rhythm. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:439-45.
163. Maddukuri PV, Vieira ML, DeCastro S, Maron MS, Kuvin JT, Patel AR, et al. What is the best approach for the assessment of left atrial size? Comparison of various unidimensional and two-dimensional parameters with three-dimensional echocardiographically determined left atrial volume. *J Am Soc Echocardiogr* 2006;

19:1026-32.

164. Aune E, Baekkevar M, Roislien J, Rodevand O, Otterstad JE. Normal reference ranges for left and right atrial volume indexes and ejection fractions obtained with real-time three-dimensional echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:738-44.

165. Peluso D, Badano LP, Muraru D, Dianco LD, Cucchini U, Kocabay G, et al. Right Atrial Size and FUnction assessed with three-dimensional and speckle-tracking echocardiography in 200 healthy volunteers. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2013;14:1106-14.

166. DePace NL, Ren JF, Kotler MN, Mintz GS, Kimbiris D, Kalman P. Twodimensional echocardiographic determination of right atrial emptying volume: a noninvasive index in quantifying the degree of tricuspid regurgitation. *Am J Cardiol* 1983;52:525-9.

167. Kaplan JD, Evans GT, Foster E, Lim D, Schiller NB. Evaluation of electrocardiographic Criteria for Right Atrial Enlargement by Quantitative 2-Dimensional Echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1994;23:747-52.

168. Quraini D, Pandian NG, Patel AR. Three-Dimensional Echocardiographic Analysis of Right Atrial Volume in Normal and Abnormal Hearts: Comparison of Biplane and Multiplane Methods. *Echocardiogr J Cardiovasc Ultrasound Allied Tech* 2012;29:608-13.

169. Anderson RH. Clinical anatomy of the aortic root. *Heart* 2000;84:670-3.

170. Anderson RH. Further anatomical insights regarding the Ross procedure. *Ann Thorac Surg* 2006;81:411-2.

171. Piazza N, de Jaegere P, Schultz C, Becker AE, Serruys PW, Anderson RH. Anatomy of the aortic valvar complex and its implications for transcatheter implantation of the aortic valve. *Circ Cardiovasc Interv* 2008;1:74-81.

172. Ho SY. Structure and anatomy of the aortic root. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:i3-10.

173. Messika-Zeitoun D, Serfaty JM, Brochet E, Ducrocq G, Lepage L, Detaint D, et al. Multimodal assessment of the aortic annulus diameter: implications for transcatheter aortic valve implantation. *J Am Coll Cardiol* 2010;55:186-94.

174. Moss RR, Ivens E, Pasupati S, Humphries K, Thompson CR, Munt B, et al. Role of echocardiography in percutaneous aortic valve implantation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008;1:15-24.

175. Walther T, Dewey T, Borger MA, Kempfert J, Linke A, Becht R, et al. Transapical aortic valve implantation: step by step. *Ann Thorac Surg* 2009;87:276-83.

176. Tops LF, Wood DA, Delgado V, Schuijf JD, Mayo JR, Pasupati S, et al. Noninvasive evaluation of the aortic root with multislice computed tomography implications for transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008;1:321-30.

177. Kazui T, Izumoto H, Yoshioka K, Kawazoe K. Dynamic morphologic changes in the normal aortic annulus during systole and diastole. *J Heart Valve Dis* 2006;15:617-21.

178. Shiran A, Adawi S, Ganaeem M, Asmer E. Accuracy and reproducibility of left ventricular outflow tract diameter measurement using transthoracic when compared with transesophageal echocardiography in systole and diastole. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:319-24.
179. Hamdan A, Guetta V, Konen E, Goitein O, Segev A, Raanani E, et al. Deformation dynamics and mechanical properties of the aortic annulus by 4-dimensional computed tomography: insights into the functional anatomy of the aortic valve complex and implications for transcatheter aortic valve therapy. *J Am Coll Cardiol* 2012;59:119-27.
180. Chin D. Echocardiography for transcatheter aortic valve implantation. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:i21-9.
181. Zamorano JL, Badano LP, Bruce C, Chan KL, Goncalves A, Hahn RT, et al. EAE/ASE recommendations for the use of echocardiography in new transcatheter interventions for valvular heart disease. *J Am Soc Echocardiogr* 2011;24:937-65.
182. Holmes DR Jr., Mack MJ, Kaul S, Agnihotri A, Alexander KP, Bailey SR, et al. 2012 ACCF/AATS/SCAI/STS expert consensus document on transcatheter aortic valve replacement. *J Am Coll Cardiol* 2012;59: 1200-54.
183. Achenbach S, Delgado V, Hausleiter J, Schoenhagen P, Min JK, Leipsic JA. SCCT expert consensus document on computed tomography imaging before transcatheter aortic valve implantation (TAVI)/transcatheter aortic valve replacement (TAVR). *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2012;6:366-80.
184. Kasel AM, Cassese S, Bleiziffer S, Amaki M, Hahn RT, Kastrati A, et al. Standardized imaging for aortic annular sizing: implications for transcatheter valve selection. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013;6:249-62.
185. Pershad A, Stone D, Morris MF, Fang K, Gellert G. Aortic annulus measurement and relevance to successful transcatheter aortic valve replacement: a new technique using 3D TEE. *J Interv Cardiol* 2013;26:302-9.
186. Hahn RT, Khalique O, Williams MR, Koss E, Paradis JM, Daneault B, et al. Predicting paravalvular regurgitation following transcatheter valve replacement: utility of a novel method for three-dimensional echocardiographic measurements of the aortic annulus. *J Am Soc Echocardiogr* 2013;26:1043-52.
187. Flachskampf FA, Wouters PF, Edvardsen T, Evangelista A, Habib G, Hoffman P, et al. Recommendations for transoesophageal echocardiography: EACVI update 2014. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2014;15: 353-65.
188. Hutter A, Opitz A, Bleiziffer S, Ruge H, Hettich I, Mazzitelli D, et al. Aortic annulus evaluation in transcatheter aortic valve implantation. *Catheter Cardiovasc Interv* 2010;76:1009-19.
189. Leipsic J, Gurvitch R, Labounty TM, Min JK, Wood D, Johnson M, et al.

Multidetector computed tomography in transcatheter aortic valve implantation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2011;4:416-29.

190. Delgado V, Ng AC, van de Veire NR, van der Kley F, Schuijf JD, Tops LF, et al. Transcatheter aortic valve implantation: role of multidetector row computed tomography to evaluate prosthesis positioning and deployment in relation to valve function. *Eur Heart J* 2010;31:1114-23.

191. Willson AB, Webb JG, Freeman M, Wood DA, Gurvitch R, Thompson CR, et al. Computed tomography-based sizing recommendations for transcatheter aortic valve replacement with balloon-expandable valves: Comparison with transesophageal echocardiography and rationale for implementation in a prospective trial. *J Cardiovasc ComputTomogr*2012;6:406-14.

192. Utsunomiya H, Yamamoto H, Horiguchi J, Kunita E, Okada T, Yamazato R, et al. Underestimation of aortic valve area in calcified aortic valve disease: effects of left ventricular outflow tract ellipticity. *Int J Cardiol* 2012;157:347-53.

193. Gurvitch R, Webb JG, Yuan R, Johnson M, Hague C, Willson AB, et al. Aortic annulus diameter determination by multidetector computed tomography: reproducibility, applicability, and implications for transcatheter aortic valve implantation. *JACC Cardiovasc Interv* 2011;4:1235-45.

194. Goldstein SA, Evangelista A, Abbara S, Arai A, Acsh F, Badano LP, et al. ASE/EAE recommendations for multimodality imaging techniques for diseases of the aorta: Expert consensus statement. *J Am Soc Echocardiogr* 2014 (in press).

195. Roman MJ, Devereux RB, Kramer-Fox R, O'Loughlin J. Two-dimensional echocardiographic aortic root dimensions in normal children and adults. *Am J Cardiol* 1989;64:507-12.

196. Vasan RS, Larson MG, Benjamin EJ, Levy D. Echocardiographic reference values for aortic root size: the Framingham Heart Study. *J Am Soc Echocardiogr* 1995;8:793-800.

197. Roman MJ, Devereux RB, Niles NW, Hochreiter C, Kligfield P, Sato N, et al. Aortic root dilatation as a cause of isolated, severe aortic regurgitation. Prevalence, clinical and echocardiographic patterns, and relation to left ventricular hypertrophy and function. *Ann Intern Med* 1987;106:800-7.

198. Moreno FL, Hagan AD, Holmen JR, Pryor TA, Strickland RD, Castle CH. Evaluation of size and dynamics of the inferior vena cava as an index of right-sided cardiac function. *Am J Cardiol* 1984;53:579-85.

199. Brennan JM, Blair JE, Goonewardena S, Ronan A, Shah D, Vasaiwala S, et al. Reappraisal of the use of inferior vena cava for estimating right atrial pressure. *J Am Soc Echocardiogr* 2007;20:857-61.

200. Kircher BJ, Himelman RB, Schiller NB. Noninvasive estimation of right atrial pressure from the inspiratory collapse of the inferior vena cava. *Am J Cardiol*

1990;66:493-6.

201. Goldhammer E, Mesnick N, Abinader EG, Sagiv M. Dilated inferior vena cava: a common echocardiographic finding in highly trained elite athletes. *J Am Soc Echocardiogr* 1999;12:988-93.

202. Jue J, Chung W, Schiller NB. Does inferior vena cava size predict right atrial pressures in patients receiving mechanical ventilation? *J Am Soc Echocardiogr* 1992;5:613-9.

203. Arthur ME, Landolfo C, Wade M, Castresana MR. Inferior vena cava diameter (IVCD) measured with transesophageal echocardiography (TEE) can be used to derive the central venous pressure (CVP) in anesthetized mechanically ventilated patients. *Echocardiography* 2009;26: 140-9.

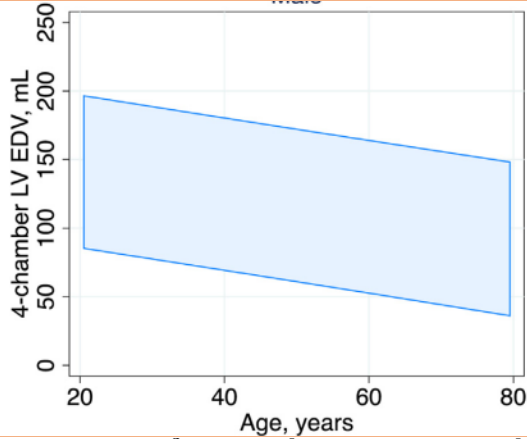
204. Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA, Bersin RM, Carr VF, Casey DE Jr, et al. 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM guidelines for the diagnosis and management of patients with Thoracic Aortic Disease: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. *Circulation* 2010;121:e266-369.

205. Mosteller RD. Simplified calculation of body-surface area. *N Engl J Med* 1987;317:1098.

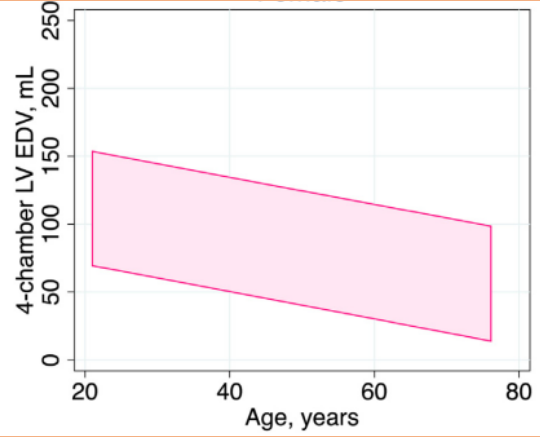
## PHỤ LỤC

### Thế tích cuối tâm trương thất trái trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm

Nam giới

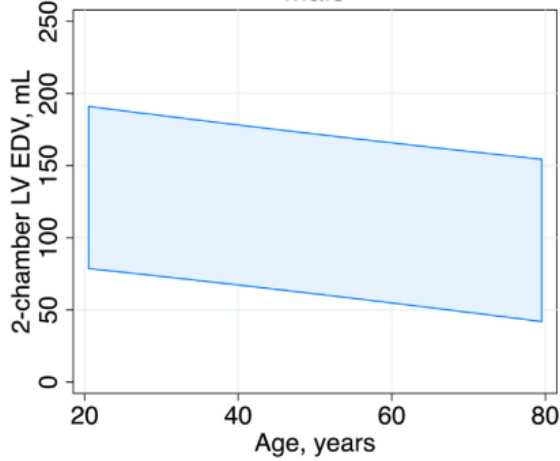


Nữ giới

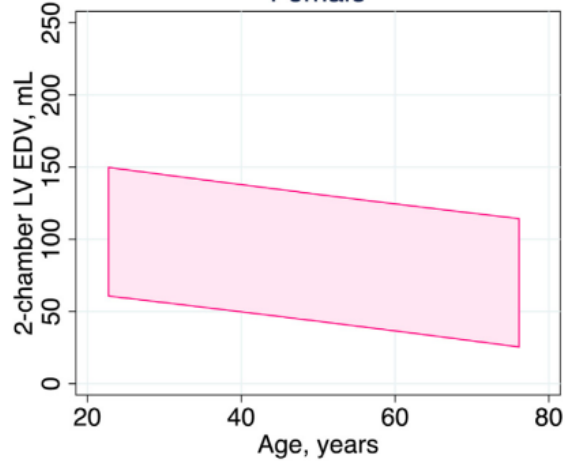


### Thế tích cuối tâm trương thất trái trên mặt cắt 2 buồng từ mỏm

Nam giới

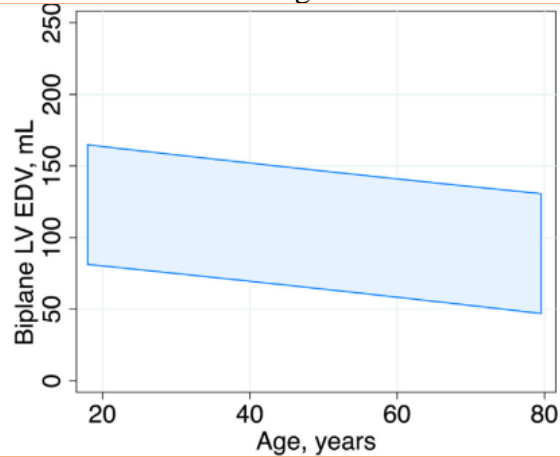


Nữ giới

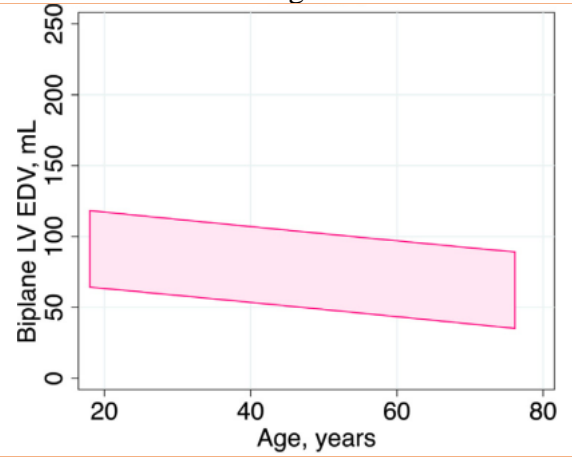


### Thế tích cuối tâm trương thất trái trên 2 bình diện

Nam giới



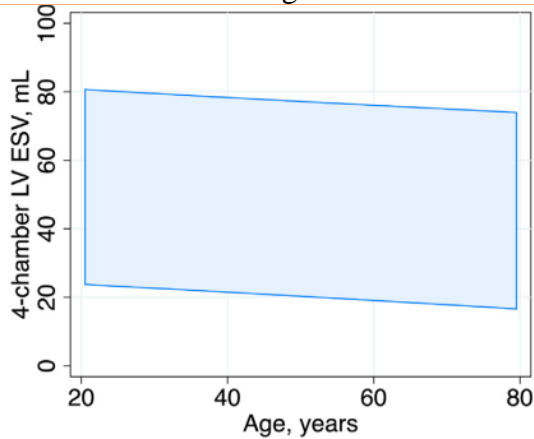
Nữ giới



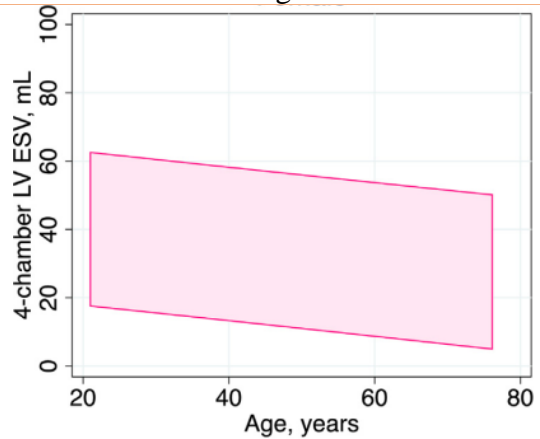
**Phụ hình 1:** Đối với nam giới (cột trái) và phụ nữ (cột phải), các khoảng tin cậy 95% cho các kết quả thế tích cuối tâm trương trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm (trên cùng), mặt cắt 2 buồng từ mỏm (ở giữa), và 2 bình diện (dưới cùng) hiệu chỉnh theo tuổi.

### Thể tích cuối tâm thu thất trái trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm

Nam giới

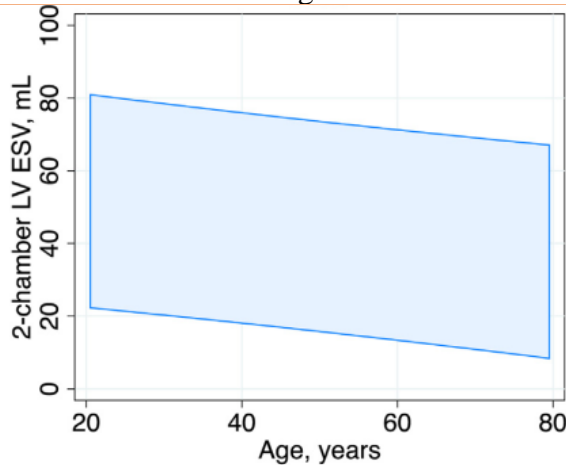


Nữ giới

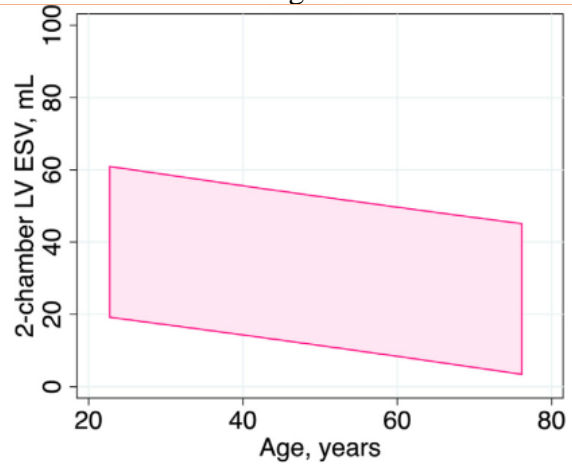


### Thể tích cuối tâm thu thất trái trên mặt cắt 2 buồng từ mỏm

Nam giới

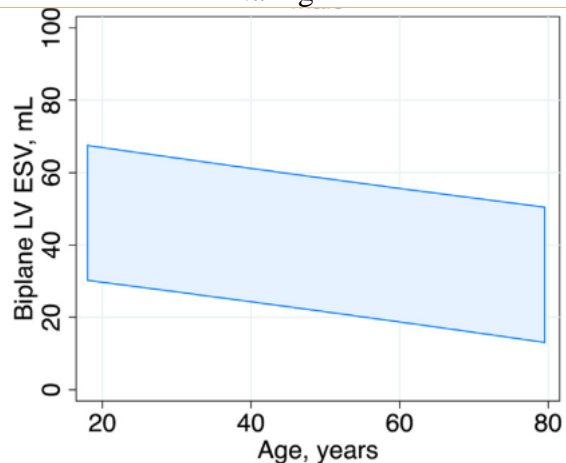


Nữ giới

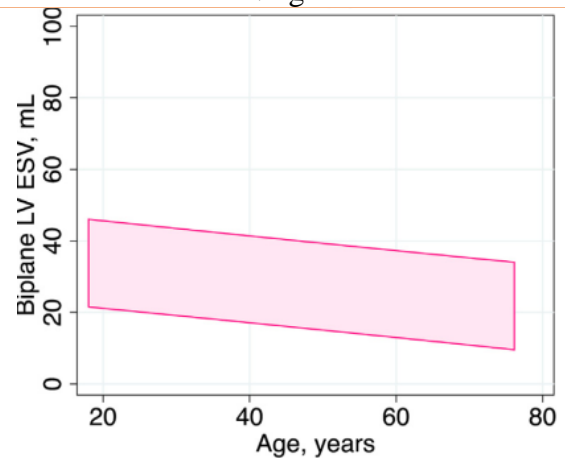


### Thể tích cuối tâm thu thất trái trên 2 bình diện

Nam giới

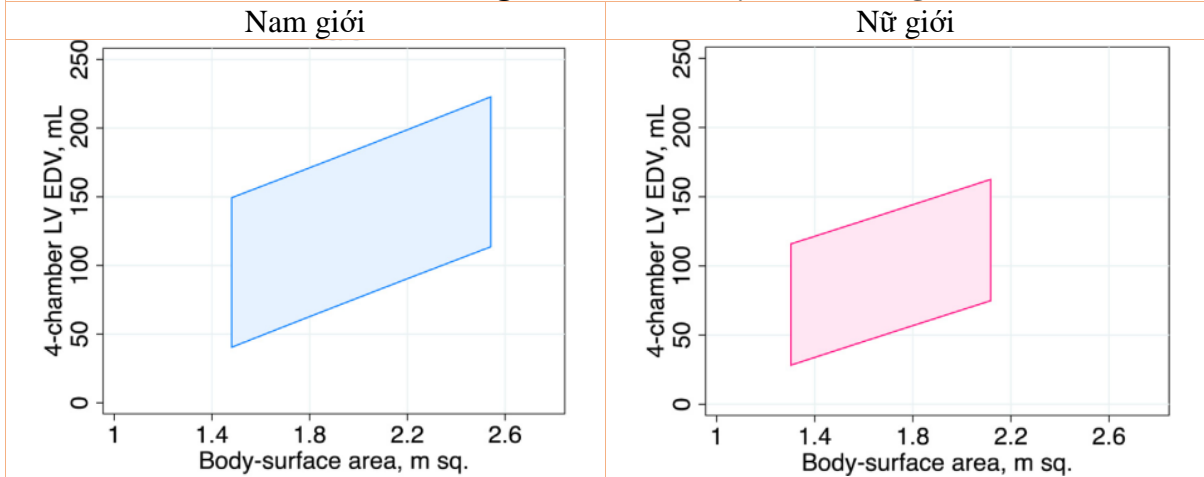


Nữ giới

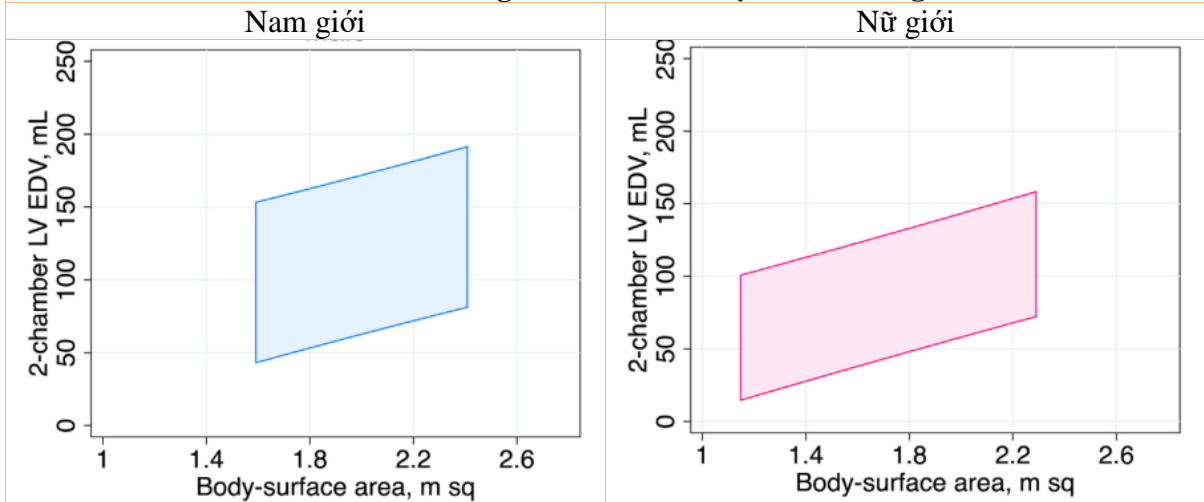


**Phụ hình 2:** Đối với nam giới (cột trái) và phụ nữ (cột phải), các khoảng tin cậy 95% cho các kết quả thể tích cuối tâm thu trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm (trên cùng), mặt cắt 2 buồng từ mỏm (ở giữa), và 2 bình diện (dưới cùng) hiệu chỉnh theo tuổi.

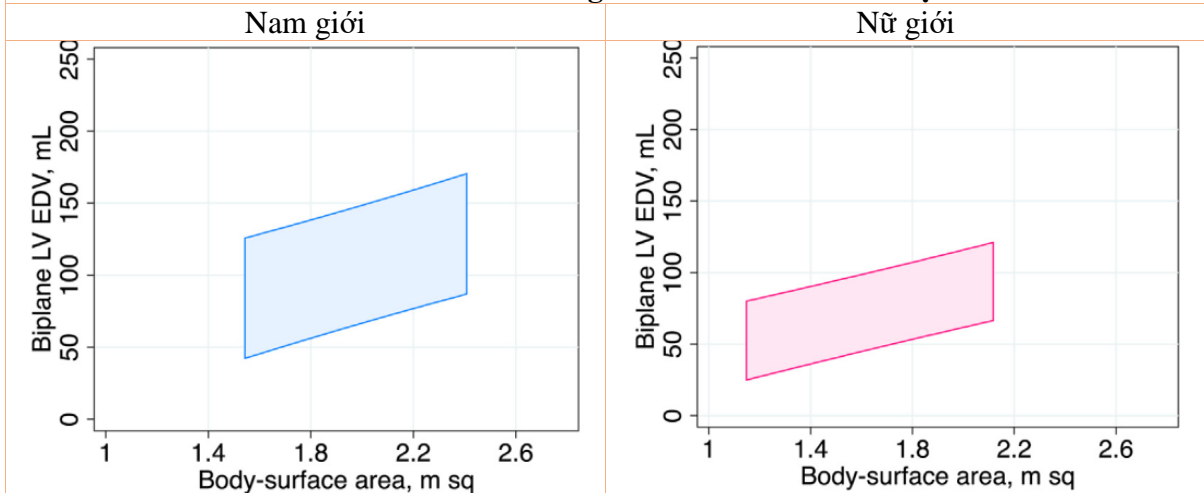
### Thể tích cuối tâm trương thất trái trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm



### Thể tích cuối tâm trương thất trái trên mặt cắt 2 buồng từ mỏm



### Thể tích cuối tâm trương thất trái trên 2 bình diện

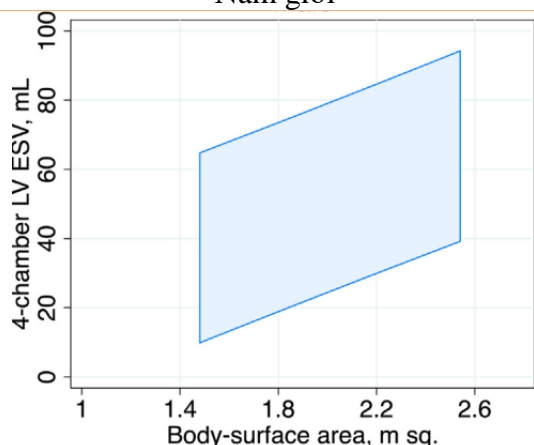


**Phụ hình 3:** Đối với nam giới (cột trái) và phụ nữ (cột phải), các khoảng tin cậy 95% cho các kết quả thể tích cuối tâm trương trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm (trên cùng), mặt cắt 2 buồng từ mỏm (ở giữa), và 2 bình diện (dưới cùng) hiệu chỉnh theo BSA

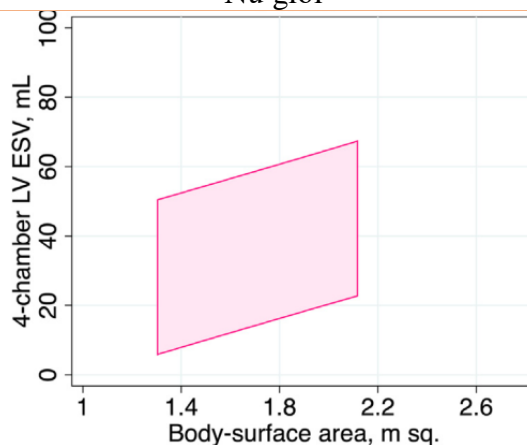


### Thể tích cuối tâm thu thất trái trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm

Nam giới

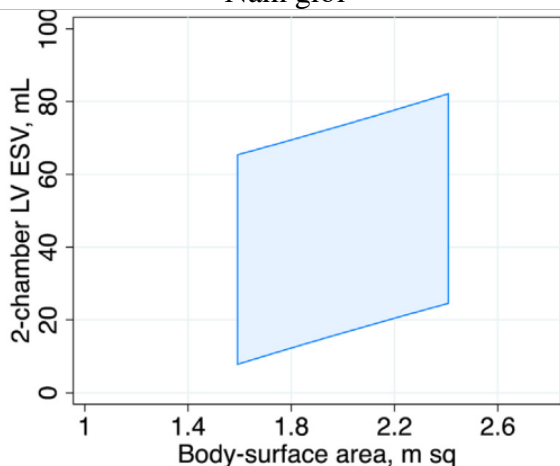


Nữ giới

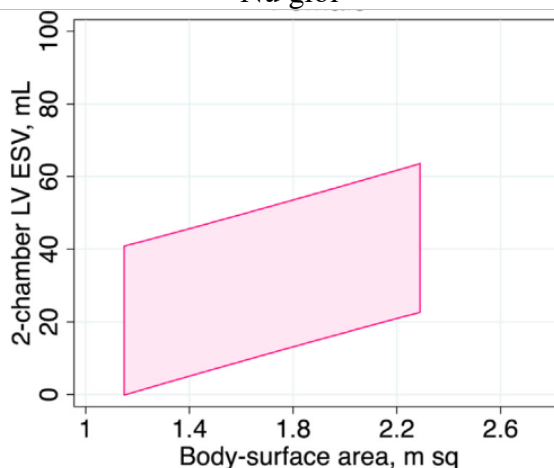


### Thể tích cuối tâm thu thất trái trên mặt cắt 2 buồng từ mỏm

Nam giới

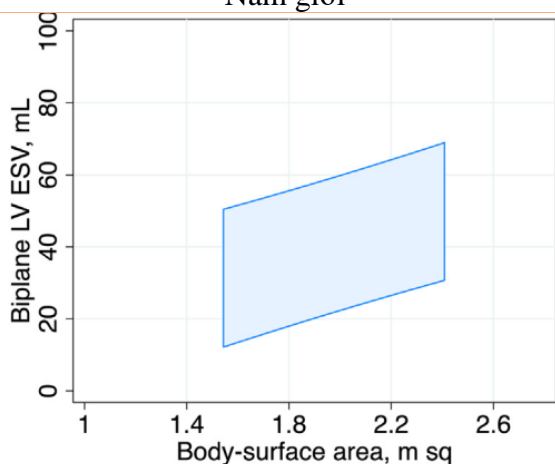


Nữ giới

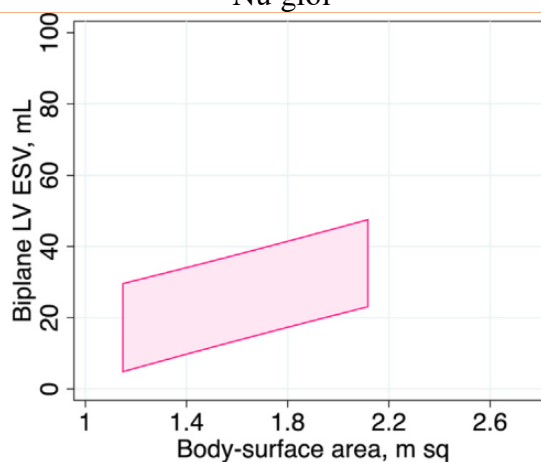


### Thể tích cuối tâm thu thất trái trên 2 bình diện

Nam giới



Nữ giới



**Phụ hình 4:** Đối với nam giới (cột trái) và phụ nữ (cột phải), các khoảng tin cậy 95% cho các kết quả thể tích cuối tâm thu trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm (trên cùng), mặt cắt 2 buồng từ mỏm (ở giữa), và 2 bình diện (dưới cùng) hiệu chỉnh theo BSA.



**Phụ bảng 1. Nguồn trích dẫn các dữ liệu nghiên cứu chức năng thất trái phân loại theo mặt cắt siêu âm, giới, và các đặc điểm cơ bản**

	Mặt cắt trục dọc cạnh ức	Mặt cắt 4 buồng từ mỏm	Mặt cắt 2 buồng từ mỏm	Mặt cắt 2 bình diện
<b>Nguồn dữ liệu</b>	Asklepios (1.019) Flemengho (252)	CARDIA5 (1.027) Asklepios (1.006) Flemengho (245)	CARDIA5 (588) Asklepios10 (161) Flemengho (244)	CARDIA5 (111) Asklepios10 (161) Flemengho (248)
<b>Nam</b>				
<b>n</b>	502	962	410	201
<b>Người da trắng</b>	502	770	345	201
<b>Người da đen</b>	0	192	65	0
<b>Tuổi (năm)</b>	45±8	37±10	50±8	47±14
<b>Chiều cao (cm)</b>	177±7	178±7	178±7	177±8
<b>Cân nặng (Kg)</b>	78±10	77±10	80±10	79±11
<b>BSA (m<sup>2</sup>)</b>	1.96±0.14	1.94±0.15	1.99±0.15	1.97±0.17
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	25±3	24±3	25±3	25±3
<b>Nữ</b>				
<b>n</b>	769	1.316	583	319
<b>Người da trắng</b>	769	244	509	319
<b>Người da đen</b>	0	1.072	74	0
<b>Tuổi (năm)</b>	45±7	37±10	50±7	48±12
<b>Chiều cao (cm)</b>	164±6	164±6	165±6	164±7
<b>Cân nặng (Kg)</b>	63±8	62±9	66±9	63±9
<b>BSA (m<sup>2</sup>)</b>	1.69±0.13	1.68±0.13	1.73±0.15	1.70±0.14
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	23±3	23±3	24±3	24±3

**Phụ bảng 2. Giá trị bình thường của thất trái**

Các giá trị tham chiếu	Nam			Nữ		
	n	Mean±SD	2-SD range	n	Mean±SD	2-SD range
<b>Mặt cắt trực dọc cạnh ức (*)</b>						
Đường kính TT tâm trước (mm)	502	50.2±4.1	42.0-58.4	769	45.0±3.6	37.8-52.2
Đường kính TT tâm thu (mm)	389	32.4±3.7	25.0-39.8	630	28.2±3.3	21.6±34.8
<b>Mặt cắt 2 buồng từ mỏm (#)</b>						
LV EF (%)	410	62±7	48-76	583	64±6	52-76
LV ESD (mL)	410	117±29	59-175	583	87±23	41-133
LV ESV (mL)	410	45±15	15-75	583	32±11	10-54
<b>Mặt cắt 4 buồng từ mỏm (\$) </b>						
LV EF (%)	962	60±7	46-74	1316	62±8	46-78
LV ESD (mL)	962	127±29	69-185	1316	94±23	48-140
LV ESV (mL)	962	50±14	22-78	1316	36±12	12-60
<b>Hai bình diện (@)</b>						
LV EF (%)	201	62±5	52-72	319	64±5	54-74
LV ESD (mL)	201	106±22	62-150	319	76±15	46-106
LV ESV (mL)	201	41±10	21-61	319	28±7	14-42
<b>Chuẩn hóa theo BSA</b>						
<b>Mặt cắt 2 buồng từ mỏm (#)</b>						
LV EDV (mL/m <sup>2</sup> )	410	59±14	31-87	583	50±12	26-74
LV ESV (mL/m <sup>2</sup> )	410	23±7	9-37	583	18±3	6-30
<b>Mặt cắt 4 buồng từ mỏm (\$) </b>						
LV EDV (mL/m <sup>2</sup> )	962			1316	56±13	30-82
LV ESV (mL/m <sup>2</sup> )	962			1316	21±7	7-35
<b>Hai bình diện (@)</b>						
LV EDV (mL/m <sup>2</sup> )	201			319	45±8	29-61
LV ESV (mL/m <sup>2</sup> )	201			319	16±4	8-24

**Phụ bảng 3. Giá trị bình thường và bệnh lý của thất trái theo phương pháp 2D**

	Nam				Nữ			
	Bình thường	Bất thường nhẹ	Bất thường trung bình	Bất thường nặng	Bình thường	Bất thường nhẹ	Bất thường trung bình	Bất thường nặng
<b>Đường kính thất trái</b>								
<b>LV Dd (cm)</b>	4.2-5.8	5.9-6.3	6.4-6.8	>6.8	3.8-5.2	5.3-5.6	5.7-6.1	>6.1
<b>LV Dd/BSA (cm/m<sup>2</sup>)</b>	2.2-3.0	3.1-3.3	3.4-3.6	>3.6	2.3-3.1	3.2-3.4	3.5-3.7	>3.7
<b>LV Sd (cm)</b>	2.5-4.0	4.1-4.3	4.4-4.5	>4.5	2.2-3.5	3.6-3.8	3.9-4.1	>4.1
<b>LV Sd/BSA (cm/m<sup>2</sup>)</b>	1.3-2.1	2.2-2.3	2.4-2.5	>2.5	1.3-2.1	2.2-2.3	2.4-2.6	>2.6
<b>Thể tích thất trái</b>								
<b>LV Dv (ml)</b>	62-150	151-174	175-200	>200	46-106	107-120	121-130	>130
<b>LV Dv/BSA (ml/m<sup>2</sup>)</b>	34-74	75-89	90-100	>100	29-61	62-70	71-80	>80
<b>LV Sv (ml)</b>	21-61	62-73	74-85	>85	14-42	43-55	56-67	>67
<b>LV Sv/BSA (ml/m<sup>2</sup>)</b>	11-31	32-38	39-45	>45	8-24	25-32	33-40	>40
<b>Chức năng thất trái</b>								
<b>LV EF (%)</b>	52-72	41-51	30-40	<30	54-74	41-53	30-40	<30
<b>Khối cơ thất trái</b>								
<b>Độ dày vách (cm)</b>	0.6-1.0	1.1-1.3	1.4-1.6	>1.6	0.6-0.9	1.0-1.2	1.3-1.5	>1.5
<b>Độ dày thành sau (cm)</b>	0.6-1.0	1.1-1.3	1.4-1.6	>1.6	0.6-0.9	1.0-1.2	1.3-1.5	>1.5
<b>Khối cơ (g)</b>	88-224	225-258	259-292	>292	67-162	163-186	187-210	>210
<b>Khối cơ/BSA (g/m<sup>2</sup>)</b>	49-115	116-131	132-148	>148	43-95	96-108	109-121	>121
<b>Khối cơ thất trái (g)</b>								
<b>Khối cơ (g)</b>	96-200	201-227	228-254	>254	66-150	151-171	172-193	>193
<b>Khối cơ/BSA (g/m<sup>2</sup>)</b>	50-102	103-116	117-130	>130	44-88	89-100	101-112	>112

**Phụ bảng 4. Chức năng thất trái theo nhóm tuổi và giới (mean and 2SD = trung bình và độ lệch chuẩn)**

Giá trị tham chiếu	Tuổi 20-29				Tuổi 30-39				Tuổi 40-49			
	Nam		Nữ		Nam		Nữ		Nam		Nữ	
	n	mean±SD	n	mean±SD	n	mean±SD	n	mean±SD	n	mean±SD	n	mean±SD
<b>Mặt cắt 2 buồng từ mỏm</b>												
LV EF (%)	14	62±4	16	62±6	27	62±5	19	62±6	144	62±6	223	63±6
LV EDV (ml)	14	122±18	16	88±21	27	111±27	18	121±25	144	121±25	223	90±22
LV ESV (ml)	14	46±7	16	33±10	27	64±11	18	46±14	144	46±14	223	34±11
<b>Mặt cắt 4 buồng từ mỏm</b>												
LV EF (%)	247	63±6	274	63±6	363	61±7	478	62±8	235	58±7	383	60±9
LV EDV (ml)	247	136±29	274	106±23	363	131±28	478	99±23	235	118±28	383	84±20
LV ESV (ml)	247	51±13	274	39±11	363	51±14	478	37±11	235	50±16	383	34±12
<b>Hai bình diện</b>												
LV EF (%)	29	62±5	39	63±4	34	61±4	34	63±4	45	62±5	82	64±4
LV EDV (ml)	29	118±25	39	87±18	34	114±22	34	82±16	45	107±24	82	77±13
LV ESV (ml)	29	46±11	39	32±8	34	44±10	34	31±6	45	41±10	82	28±6
Thể tích nhất bớp (ml)	29	73±17	39	55±12	34	69±15	34	52±8	45	66±12	82	49±9
<b>Hiệu chỉnh theo BSA</b>												
<b>Mặt cắt 2 buồng từ mỏm</b>												
LV EDV (ml/m <sup>2</sup> )	14	59±8	16	50±9	27	56±14	18	50±8	144	61±13	223	52±12
LV ESV (ml/m <sup>2</sup> )	14	22±4	16	19±5	27	21±6	18	18±4	144	23±7	223	19±6
<b>Mặt cắt 4 buồng từ mỏm</b>												
LV EDV (ml/m <sup>2</sup> )	247	70±14	274	63±13	363	67±13	478	59±13	235	60±13	383	50±11
LV ESV (ml/m <sup>2</sup> )	247	26±6	274	23±6	363	26±7	478	22±6	235	26±8	383	20±7
<b>Hai bình diện</b>												
LV EDV (ml/m <sup>2</sup> )	29	62±10	39	52±9	34	57±11	34	49±6	45	54±9	82	45±7
LV ESV (ml/m <sup>2</sup> )	29	24±5	39	19±4	34	22±5	34	18±4	45	21±5	82	16±3

**Phụ bảng 4 (tiếp). Chức năng thất trái theo nhóm tuổi và giới**  
(mean and 2SD = trung bình và độ lệch chuẩn)

Giá trị tham chiếu	Tuổi 50-59				Tuổi 60 trở lên			
	Nam		Nữ		Nam		Nữ	
	n	mean±SD	n	mean±SD	n	mean±SD	n	mean±SD
<b>Mặt cắt 2 buồng từ mỏm</b>								
LV EF (%)	191	61±8	290	64±6	34	63±6	36	65±6
LV EDV (ml)	191	119±30	290	87±23	34	88±22	36	63±12
LV ESV (ml)	191	46±16	290	32±11	34	32±8	36	22±6
<b>Mặt cắt 4 buồng từ mỏm</b>								
LV EF (%)	96	60±7	163	60±8	21	59±5	18	60±6
LV EDV (ml)	96	115±29	163	82±18	21	110±24	18	74±15
LV ESV (ml)	96	47±16	163	33±12	21	45±12	18	29±7
<b>Hai bình diện</b>								
LV EF (%)	55	63±5	116	64±5	38	63±5	48	65±6
LV EDV (ml)	55	101±21	116	73±14	38	98±21	48	68±11
LV ESV (ml)	55	38±9	116	26±6	38	36±9	48	24±6
Thể tích nhất bóp (ml)	55	64±5	116	46±10	38	62±14	48	44±8
<b>Hiệu chỉnh theo BSA</b>								
<b>Mặt cắt 2 buồng từ mỏm</b>								
LV EDV (ml/m <sup>2</sup> )	191	60±14	290	51±13	34	45±11	36	37±7
LV ESV (ml/m <sup>2</sup> )	191	23±8	290	19±6	34	16±4	36	13±3
<b>Mặt cắt 4 buồng từ mỏm</b>								
LV EDV (ml/m <sup>2</sup> )	96	59±13	163	49±10	21	56±11	18	44±8
LV ESV (ml/m <sup>2</sup> )	96	24±14	163	20±7	21	22±5	18	17±4
<b>Hai bình diện</b>								
LV EDV (ml/m <sup>2</sup> )	55	52±9	116	43±7	38	50±10	48	40±7
LV ESV (ml/m <sup>2</sup> )	55	19±4	116	15±3	38	18±4	48	14±3

**Phụ bảng 5. Kích thước và chức năng thất trái theo chủng tộc và giới tính**

Giá trị tham chiếu	Da đen				Da trắng			
	Nam		Nữ		Nam		Nữ	
	n	Mean±SD	n	Mean±SD	n	Mean±SD	n	Mean±SD
<b>Mặt cắt 2 buồng từ mỏm</b>								
LV EF (%)	65	61±7	74	64±6	345	62±7	509	64±6
LV EDV (ml)	65	130±28	74	99±23	345	114±28	509	85±22
LV ESV (ml)	65	51±16	74	36±10	345	44±14	509	31±11
<b>Mặt cắt 4 buồng từ mỏm</b>								
LV EF (%)	244	63±6	192	64±6	770	60±7	1072	61±8
LV EDV (ml)	244	135±29	192	106±23	770	125±29	1072	91±23
LV ESV (ml)	244	50±12	192	38±11	770	50±15	1072	36±12
<b>Hiệu chỉnh theo BSA</b>								
<b>Mặt cắt 2 buồng từ mỏm</b>								
LV EDV (ml/m <sup>2</sup> )	65	66±13	74	55±11	345	57±14	509	50±12
LV ESV (ml/m <sup>2</sup> )	65	26±8	74	20±6	345	22±7	509	18±6
<b>Mặt cắt 4 buồng từ mỏm</b>								
LV EDV (ml/m <sup>2</sup> )	244	70±14	192	62±13	770	64±14	1072	54±13
LV ESV (ml/m <sup>2</sup> )	244	26±6	192	22±6	770	26±7	1072	21±7



**Phụ bảng 6: Giá trị sức căng thất trái bình thường trong các nghiên cứu đa phân tích và trong các ấn bản gần nhất, theo phần mềm và hãng thiết bị cung cấp**

Hãng thiết bị	Phần mềm	n	Giá trị trung bình	SD	LLN	
<b>Varying</b>	Meta-analysis	2597	-19.7%		NA	1
<b>GE</b>	EchoPAC BT 12	247	-21.5%	2.0%	-18%	2
	EchoPAC BT 12	207	-21.2%	1.6%	-18%	3
	EchoPAC BT 12	131	-21.2%	2.4%	-17%	4
	EchoPAC 110.1.3	333	-21.3%	2.1%	-17%	5
<b>Philips</b>	QLAB 7.1	330	-18.9%	2.5%	-14%	5
<b>Toshiba</b>	Ultra Extend	337	-19.9%	2.4%	-15%	5
<b>Siemens</b>	VVI 1.0	116	-19.8%	4.6%	-11%	6
	VVI 1.0	82	-17.3%	2.3%	-13%	7
<b>Esaote</b>	Mylab 50	30	-19.5%	3.1%	-13%	8

*Ghi chú:*

1. Yingchoncharoen T, Agarwal S, Popovic ZB, Marwick TH. Normal ranges of left ventricular strain: a meta-analysis. *J Am Soc Echocardiogr* 2013;26:185-91.
2. Kocabay G, Muraru D, Peluso D, Cucchini U, Mihaila S, Padayattil-Jose S, et al. Normal left ventricular mechanics by two-dimensional speckletracking echocardiography. Reference values in healthy adults. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2014;67:651-8.
3. Kouznetsova T, Staessen J, Department of Cardiology, Catholic University Leuven, personal communication. 4. Barbier P, University Milano, personal communication.
5. Takigiku K, Takeuchi M, Izumi C, Yuda S, Sakata K, Ohte N, et al. Normal range of left ventricular 2-dimensional strain: Japanese Ultrasound Speckle Tracking of the Left Ventricle (JUSTICE) study. *Circ J* 2012;76:2623-32.
6. Rodriguez-Bailon I, Jimenez-Navarro MF, Perez-Gonzalez G, Garcia-Orta R, Morillo-Velarde E, de Teresa-Galvana E. Left ventricular deformation and two-dimensional echocardiography: Temporal and other parameter values in normal subjects. *Rev Esp Cardiol*. 2010;63:1195-9.
7. Saleh HK, Villarraga HR, Kane GC, Pereira NL, Raichlin E, Yu Y, et al. Normal left ventricular mechanical function and synchrony values by speckle-tracking echocardiography in the transplanted heart with normal ejection fraction. *J Heart Lung Transplant* 2011;30:652-8.

8. Bussadori C, Moreo A, Di Donato M, De Chiara B, Negura D, Dall'Aglio E, et al. A new 2D-based method for myocardial velocity strain and strain rate quantification in a normal adult and paediatric population: assessment of reference values. Cardiovascular Ultrasound 2009;7:8.  
<http://dx.doi.org/10.1186/1476-7120-7-8>

<b>Phụ bảng 7. Số lượng nghiên cứu và các tham số sử dụng để đo lường giá trị kích thước và chức năng thất phải</b>		
<b>Giá trị tham chiếu</b>	<b>Số nghiên cứu</b>	<b>n</b>
<b>Đường kính đáy buồng thất phải (mm)</b>	12	695
<b>Đường kính giữa buồng thất phải (mm)</b>	14	1938
<b>Đường kính gần của ĐRTP trên mặt cắt trục dọc cạnh ức (mm)</b>	11	380
<b>Đường kính gần của ĐRTP trên mặt cắt trục ngắn cạnh ức (mm)</b>	5	193
<b>Đường kính xa của ĐRTP trên mặt cắt trục ngắn cạnh ức (mm)</b>	4	159
<b>Độ dày thành thất phải (mm)</b>	9	527
<b>Diện tích cuối tâm trương thất phải (cm<sup>2</sup>)</b>		
<b>Nam</b>	2	909
<b>Nữ</b>	2	971
<b>Diện tích cuối tâm trương thất phải hiệu chỉnh theo BSA (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)</b>		
<b>Nam</b>	2	909
<b>Nữ</b>	2	971
<b>Diện tích cuối tâm thu thất phải (cm<sup>2</sup>)</b>		
<b>Nam</b>	1	533
<b>Nữ</b>	1	600
<b>Diện tích cuối tâm thu thất phải hiệu chỉnh theo BSA (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)</b>		
<b>Nam</b>	1	533
<b>Nữ</b>	1	600
<b>Thể tích cuối tâm trương thất phải hiệu chỉnh theo BSA (ml/m<sup>2</sup>)</b>		

<b>Nam</b>	2	257
<b>Nữ</b>	2	285
<b>Thể tích cuối tâm thu thất phải hiệu chỉnh theo BSA (ml/m<sup>2</sup>)</b>		
<b>Nam</b>	2	257
<b>Nữ</b>	2	285
<b>TAPSE (mm)</b>	68	4803
<b>Sóng S trên Doppler xung (cm/s)</b>	69	4752
<b>Sóng S trên Doppler màu (cm/s)</b>	9	409
<b>FAC (%)</b>	57	3606
<b>Sức căng thành tự do thất phải trên 2D (%)</b>	18	782
<b>EF thất phải trên 3D (%)</b>	15	1162
<b>Chỉ số Tei trên Doppler xung</b>	23	853
<b>Chỉ số Tei trên Doppler mô</b>	13	746
<b>Thời gian giảm tốc sóng E (ms)</b>	30	746
<b>E/A</b>	56	1637
<b>e'/a'</b>	33	2829
<b>e'</b>	43	1230
<b>E'/e'</b>	8	3081

**Phụ bảng 8. Kích thước và chức năng thất phải bình thường trên siêu âm 3D theo giới và độ tuổi**

<b>Tuổi</b>	n (nữ-nam)	RV EDV (ml/m <sup>2</sup> )		RV ESV (ml/m <sup>2</sup> )		RV EF (%)	
		Nữ	Nam	Nữ	Nam	Nữ	Nam
<b>&lt;30</b>	102 (45-57)	53 (38-78)	66 (42-100)	20 (8-45)	28 (16-52)	60 (43-82)	56 (42-68)
<b>30-39</b>	96 (50-46)	50 (38-77)	58 (35-85)	18 (11-38)	23 (12-38)	63 (50-78)	60 (47-74)
<b>40-49</b>	96 (53-43)	50 (34-65)	54 (36-78)	18 (8-27)	21 (11-33)	65 (49-80)	59 (51-75)
<b>50-56</b>	88 (47-41)	49 (37-69)	53 (36-76)	18 (11-29)	19 (10-37)	62 (46-76)	62 (45-74)
<b>60-69</b>	69 (39-30)	46 (26-64)	52 (37-86)	17 (8-26)	19 (10-36)	61 (50-79)	63 (49-79)
<b>&gt;70</b>	37 (23-14)	43 (25-62)	54 (31-68)	12 (7-21)	18 (7-28)	71 (57-82)	65 (55-76)

**Phụ bảng 9: Giá trị bình thường của nhĩ trái**

	Nữ	Nam
<b>Đường kính trước-sau (cm)</b>	2.7-3.8	3.0-4.0
<b>Đường kính trước-sau hiệu chỉnh (cm/m<sup>2</sup>)</b>	1.5-2.3	1.5-2.3
<b>Chỉ số diện tích trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm (cm/m<sup>2</sup>)</b>	9.3±1.7	8.9±1.5
<b>Chỉ số diện tích trên mặt cắt 2 buồng từ mỏm (cm/m<sup>2</sup>)</b>	9.6±1.4	9.3±1.6
<b>Chỉ số thể tích trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm theo phương pháp Simpson (ml/m<sup>2</sup>)</b>	25.1±7.2	24.5±6.4
<b>Chỉ số thể tích trên mặt cắt 4 buồng từ mỏm theo phương pháp diện tích – chiều dài (ml/m<sup>2</sup>)</b>	27.3±7.9	27.0±7.0
<b>Chỉ số thể tích trên mặt cắt 2 buồng từ mỏm theo phương pháp Simpson (ml/m<sup>2</sup>)</b>	26.1±6.7	27.1±7.9
<b>A Chỉ số thể tích trên mặt cắt 2 buồng từ mỏm theo phương pháp diện tích – chiều dài (ml/m<sup>2</sup>)</b>	28.0±7.3	28.9±8.5