

ĐÁNH GIÁ CHỨC NĂNG TÂM THU THẤT PHẢI BẰNG SIÊU ÂM DOPPLER TIM Ở NGƯỜI LỚN BÌNH THƯỜNG

Nguyễn Anh Vũ

Bộ môn Nội, Trường Đại học Y Dược Huế

Tóm tắt

Mục tiêu: Đánh giá chức năng tâm thu thất trái bằng siêu âm đã được qui chuẩn từ lâu tuy nhiên chỉ mới đây năm 2010 Hội siêu âm tim Hoa Kỳ (ASE) và châu Âu (ESC) mới ra khuyến cáo sử dụng phương pháp siêu âm tim để đánh giá chức năng tâm thu thất phải. Vì thế để góp phần cung cấp giá trị bình thường của một số thông số siêu âm Doppler tim chúng tôi tiến hành đề tài nhằm khảo sát các thông số chức năng tâm thu thất phải ở người lớn bình thường từ 18 đến 59 tuổi, xác định mối tương quan giữa các thông số trên và tuổi. **Phương pháp:** Gồm 106 đối tượng, từ 18 – 59 tuổi, khám bình thường trên lâm sàng, điện tâm đồ, X quang tim phổi và siêu âm Doppler tim. **Kết quả:** Phân suất diện tích thất phải $49,76 \pm 7,328 \%$; Chỉ số TAPSE (vận động vòng van ba lá trên M mode) $22,5 \pm 2,597\text{mm}$; Vận tốc sóng S của Doppler mô vòng van bên van ba lá $13,8 \pm 2,138 \text{ cm/s}$; Chỉ số Tei thất phải của Doppler xung mô $0,47 \pm 0,049$. Tương quan mức độ vừa giữa vận tốc sóng S của Doppler mô vòng van ba lá và chỉ số TAPSE thất phải ($r = 0,38$ và $p = 0,0001$); Có tương quan nghịch mức độ vừa giữa chỉ số Tei và chỉ số TAPSE thất phải ($r = -0,31$ và $p < 0,01$). **Kết luận:** giá trị các thông số thu được đều nằm trong giới hạn bình thường được công bố bởi khuyến cáo của ASE và ESC. **Từ khóa:** TAPSE, chức năng thất phải.

Abstract

ECHOCARDIOGRAPHY STUDY ON SYSTOLIC FUNCTION OF RIGHT VENTRICLE IN NORMAL ADULTS

Nguyen Anh Vu

Dept. of Internal Medicine, Hue University of Medicine and Pharmacy

Purpose: The ASE and ESC have recently published (2010) a guideline to assess the function of the right ventricle. The aim of this study was to get some Echo-Doppler parameters of the right ventricular systolic function in healthy adults. **Method:** We assessed 106 healthy adults (age 18-59). All were normal on clinic examination, ECG, X ray, and echocardiography. **Results:** Fractional area change $49.76 \pm 7.328 \%$; Tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) $22.5 \pm 2.597\text{mm}$; TDI velocity at the tricuspid annulus (S) $13.8 \pm 2.138 \text{ cm/s}$; Tissue Doppler MPI (Tei index) 0.47 ± 0.049 . A moderate correlation between S velocity and TAPSE ($r = 0.38$ $p < 0.01$); Tei index and TAPSE ($r = -0.31$, $p < 0.01$); ICT, IRT and age ($r = 0.29$ $p < 0.01$). **Conclusion:** All the received parameters are in the normal range of the guideline of ASE and ESC.

Key words: right ventricular function, TAPSE.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, bệnh lý tim mạch chiếm tỷ lệ khá cao trong cộng đồng. Các phương tiện để thăm dò hình thái và chức năng tim mạch ngày càng nhiều. Trong đó, siêu âm tim là một phương tiện không thể thiếu trong chẩn đoán và theo dõi điều trị. Đó là phương pháp thăm dò hình thái và huyết động

không chảy máu, không gây biến chứng và có thể lặp đi lặp lại nhiều lần, thuận tiện cho việc chẩn đoán cũng như theo dõi tiến triển của nhiều bệnh tim mạch. Siêu âm Doppler rất có ích để khảo sát chức năng của bơm tim, gồm cả chức năng tâm thu và tâm trương. Trong đó, chức năng tâm thu thất phải cũng là những chỉ số khá quan trọng,

- Địa chỉ liên hệ: Nguyễn Anh Vũ, email: bsnguyenanhvu@hotmail.com

DOI: 10.34071/jmp.2013.5.2

- Ngày nhận bài: 26/8/2013 * Ngày đồng ý đăng: 15/9/2013 * Ngày xuất bản: 30/10/2013

giúp người thầy thuốc có một cách xử trí đúng đắn trước những bệnh lý có ảnh hưởng đến tim phải.

Chúng tôi thực hiện đề tài với hai mục tiêu:

1. *Khảo sát các thông số chức năng tâm thu thất phải ở người lớn bình thường.*
2. *Tìm mối tương quan giữa các thông số chức năng tâm thu thất phải và với tuổi.*

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng

Gồm 106 đối tượng, từ 18 – 59 tuổi (tuổi trung bình $36,47 \pm 12,753$), bình thường về sức khỏe, trong đó có 52 nam và 54 nữ.

2.2. Tiêu chuẩn lựa chọn

- Là những người tình nguyện tham gia vào nghiên cứu, người đến khám sức khỏe tại bệnh viện trường Đại học Y Dược Huế.

- Khám lâm sàng, làm điện tâm đồ, X quang phổi và siêu âm tim thường qui để chọn là người bình thường.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Dùng phương pháp nghiên cứu mô tả cắt ngang.

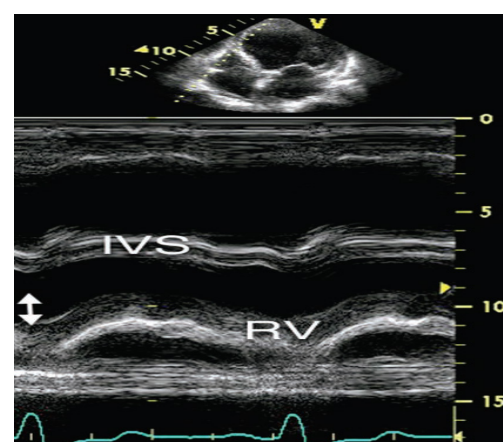
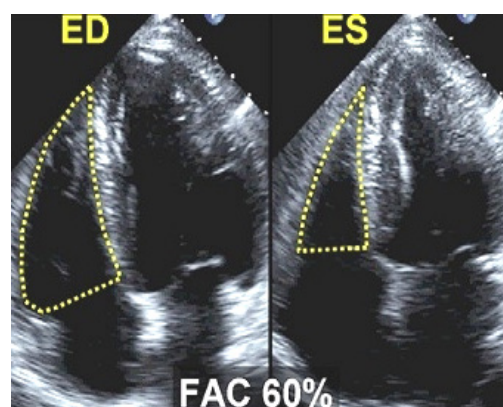
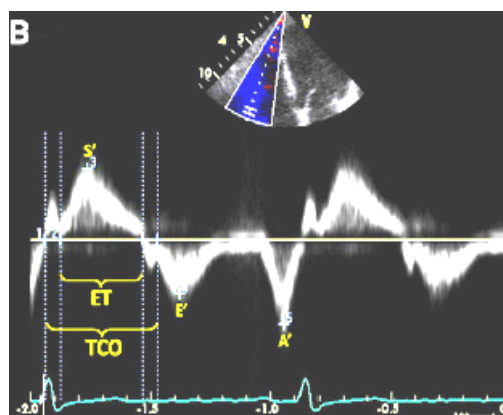
Chúng tôi thăm dò siêu âm 2D và M mode cho các đối tượng để khảo sát hình thái và chức năng tim trái để chắc chắn là người bình thường trước khi tiến hành khảo sát chức năng tim phải. Dùng máy siêu âm hiệu Philips Envisor HD, sản xuất năm 2006 tại Mỹ, đầu dò sector điện từ tần số 2-4 MHz.

Các thông số để thăm dò chức năng tâm thu thất phải bao gồm: Phân suất diện tích thất phải, vận động vòng van ba lá trên M mode (chỉ số TAPSE - tricuspid annular plane systolic excursion), sóng S tâm thu của Doppler mô vận động vòng van ba lá, chỉ số vận động cơ tim (MPI - myocardial performance index) hay còn gọi là chỉ số Tei.

Phân suất diện tích thất phải được tính bằng (diện tích thất phải cuối tâm trương - diện tích thất phải cuối tâm thu)/diện tích thất phải cuối tâm trương x 100. Chỉ số Tei được tính bằng tổng thời gian đồng thể tích chia cho thời gian tổng máu, hay $[(IRT + ICT)/ET]$ trong đó IRT là thời gian giãn đồng thể tích, ICT là thời gian co đồng thể tích, ET là thời gian tổng máu.

Các thông số đo theo khuyến cáo của Hội siêu âm tim Hoa Kỳ (xem hình 1). Tất cả chỉ số được lấy trung bình sau 3 lần đo. Kết quả nghiên cứu được trình bày trong các bảng dưới dạng trung bình của các thông số $\pm$ một độ lệch chuẩn cho cả mẫu

nghiên cứu và theo từng giới. Kèm theo khoản tin cậy 95% của giá trị trung bình, sau đó phân tích các thông số và so sánh tìm mối tương quan.



Hình 1. Cách đo chỉ số Tei trên Doppler mô, phân suất diện tích thất phải (FAC) trên siêu âm 2D, vận động vòng van 3 lá (TAPSE) trên siêu âm M-mode.

TCO: tổng thời gian co, giãn đồng thể tích và tổng máu. ED: diện tích tâm trương. ES: diện tích tâm thu.

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Theo phương pháp thống kê y học sử dụng phần mềm Medcalc

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Kết quả các chỉ số chức năng tâm thu thất phải

Bảng 1. Kết quả chung các chỉ số chức năng tâm thu thất phải

Chỉ số nghiên cứu	$\bar{X} \pm SD$ (n = 106)	Khoảng tin cậy 95%
Diện tích thất phải tâm trương (cm ²)	15,34 ± 2,653	14,82 - 15,85
Diện tích thất phải tâm thu (cm ²)	7,71 ± 1,674	7,39 - 8,03
Phân suất diện tích thất phải (%)	49,76 ± 7,328	48,35 - 51,17
Chỉ số TAPSE thất phải (mm)	22,50 ± 2,597	22,00 - 23,00
Sóng S Doppler mô (cm/s) (Sm)	13,80 ± 2,138	13,40 - 14,72
Thời gian co đồng thể tích (ms) (ICT)	58,00 ± 7,284	56,00 - 59,92
Thời gian giãn đồng thể tích (ms) (IRT)	72,74 ± 9,251	70,96 - 74,53
Thời gian tổng máu (ms) (ET)	275,39 ± 25,550	270,47 - 280,31
Chỉ số Tei Doppler mô	0,47 ± 0,049	0,46 - 0,48

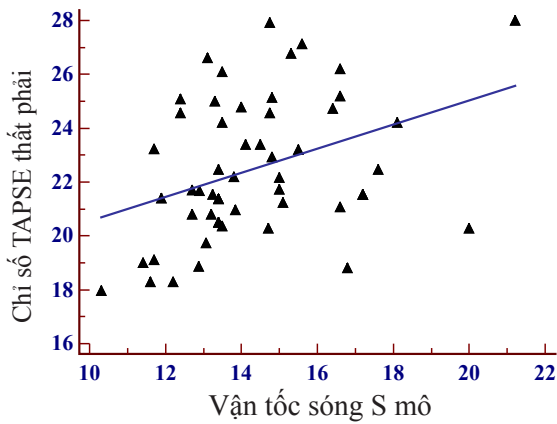
Bảng 2. Kết quả các chỉ số chức năng tâm thu thất phải theo giới

Chỉ số nghiên cứu	Nam (n = 52) $\bar{X} \pm SD$	Nữ (n = 54) $\bar{X} \pm SD$	p
Diện tích thất phải tâm trương (cm ²)	16,82 ± 2,277	13,90 ± 2,166	< 0,001
Diện tích thất phải tâm thu (cm ²)	8,56 ± 1,239	6,89 ± 1,641	< 0,001
Phân suất diện tích thất phải (%)	48,85 ± 6,180	50,64 ± 8,248	> 0,05
Chỉ số TAPSE thất phải (mm)	21,75 ± 2,352	23,21 ± 2,642	< 0,01
Sóng S Doppler mô (cm/s) (Sm)	13,40 ± 2,039	14,30 ± 2,213	> 0,05
Thời gian co đồng thể tích (ms) (ICT)	58,64 ± 8,162	58,30 ± 6,398	> 0,05
Thời gian giãn đồng thể tích (ms) (IRT)	72,92 ± 8,807	72,57 ± 9,740	> 0,05
Thời gian tổng máu (ms) (ET)	269,30 ± 24,553	281,26 ± 25,331	< 0,05
Chỉ số Tei Doppler mô	0,49 ± 0,058	0,47 ± 0,034	< 0,05

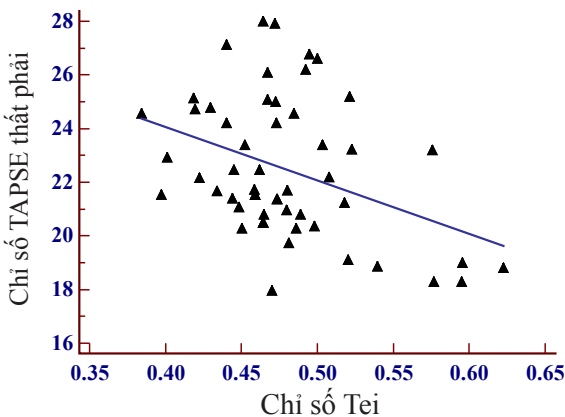
3.2. Mối tương quan giữa các thông số chức năng tâm thu thất phải

Bảng 3. Mối tương quan giữa tuổi với các thông số chức năng tâm thu thất phải

Các thông số	Hệ số tương quan (r)	Giá trị p
Phân suất diện tích thất phải (%)	- 0,15	> 0,05
Chỉ số TAPSE thất phải (mm)	- 0,05	> 0,05
Sóng S Doppler mô (cm/s) (Sm)	- 0,03	> 0,05
Thời gian co đồng thể tích (ms) (ICT)	0,29	< 0,01
Thời gian giãn đồng thể tích (ms) (IRT)	0,29	< 0,01
Thời gian tổng máu (ms) (ET)	0,19	> 0,05
Chỉ số Tei Doppler mô	0,18	> 0,05



Hình 2. Tương quan mức độ vừa giữa vận tốc sóng S của Doppler mô và chỉ số TAPSE thất phải, phương trình hồi qui $Y = 16,05 + 0,45 X$ ($r = 0,38$ và $p = 0,0001$)



Hình 3. Tương quan nghịch mức độ vừa giữa chỉ số Tei và chỉ số TAPSE thất phải, phương trình hồi qui $Y = 32,03 - 19,9 X$ ($r = -0,31$ và $p < 0,01$)

4. BÀN LUẬN

Đánh giá chức năng tâm thu thất phải vẫn còn nhiều thách thức hơn so với thất trái. Về mặt giải phẫu thất phải có lớp cơ vòng ở nông có vai trò trong việc co bóp theo trục ngang của thất, bên dưới là lớp cơ dọc chịu trách nhiệm cho sự co cơ từ mỏm đến đáy của thất, điều này có vai trò lớn để làm rộng thất phải [15]. Các thông số đánh giá chức năng toàn bộ thất phải như phân suất diện tích thất phải, chỉ số Tei, cũng như đánh giá chức năng vùng như chỉ số TAPSE, sóng S của Doppler mô vòng van ba lá đã được chúng tôi đưa vào nghiên cứu.

Phân suất diện tích thất phải là thông số đầu tiên được nghiên cứu, thông số này tương quan với phân suất tổng máu thất phải trên MRI, được tính bằng (diện tích thất phải cuối tâm trương - diện tích thất phải cuối tâm thu)/diện tích thất phải cuối

tâm trương x 100 [15]. Diện tích thất phải cuối tâm trương trong nghiên cứu của chúng tôi là $15,34 \pm 2,653 \text{ cm}^2$, phù hợp với Lawrence G. Rudski (giá trị trung bình 18 cm^2 , giới hạn trên 25 cm^2 , giới hạn dưới 10 cm^2), thấp hơn kết quả của Danita M. Yoerger ($17,9 \pm 3,5 \text{ cm}^2$) [4] và Ruxandra Jurcut ($18 \pm 5 \text{ cm}^2$) ($p < 0,0001$) [17]. Diện tích thất phải cuối tâm thu là $7,71 \pm 1,674 \text{ cm}^2$, phù hợp với nghiên cứu của Lawrence G. Rudski (giá trị trung bình 9 cm^2 , giới hạn trên 14 cm^2 , giới hạn dưới 4 cm^2), thấp hơn kết quả của Danita M. Yoerger ($10,5 \pm 2,3 \text{ cm}^2$) ($p < 0,0001$), nhưng tương tự với nghiên cứu của Ruxandra Jurcut ($8 \pm 4 \text{ cm}^2$) ($p = 0,5$). Phân suất diện tích thất phải của chúng tôi là $49,76 \pm 7,328\%$, phù hợp với nghiên cứu của Lawrence G. Rudski (giá trị trung bình 49% , giới hạn trên 63% , giới hạn dưới 35%) [13], lớn hơn kết quả của Danita M. Yoerger ($41 \pm 7,1\%$), nhưng lại thấp hơn Ruxandra Jurcut ($56 \pm 13\%$) ($p < 0,0001$) [6], [15], [19]. Mặc dù diện tích thất phải tâm trương và tâm thu ở nam lớn hơn nữ với $p < 0,001$ nhưng phân suất diện tích lại không có sự khác biệt giữa hai giới. Diện tích thất phải tâm trương có tương quan nghịch mức độ vừa với tuổi ($r = -0,46$ và $p < 0,0001$), diện tích thất phải tâm thu lại có tương quan yếu, còn phân suất diện tích thất phải tương quan không có ý nghĩa thống kê với tuổi.

Chỉ số TAPSE thất phải của chúng tôi là $22,5 \pm 2,597 \text{ mm}$, phù hợp với nghiên cứu của Lawrence G. Rudski (giá trị trung bình 23 mm , giới hạn trên 30 mm , giới hạn dưới 16 mm), và của O M Ueti ($22,8 \pm 3,64 \text{ mm}$) ($p = 0,74$) [15], nhưng lớn hơn kết quả của Ruxandra Jurcut ($20 \pm 2,8 \text{ mm}$) ($p < 0,0001$) [15], [17], [19]. Chỉ số TAPSE ở nữ là $23,21 \pm 2,642 \text{ mm}$ cao hơn nam $21,75 \pm 2,352 \text{ mm}$ ($p < 0,01$), đồng thời tương quan không có ý nghĩa thống kê với tuổi. TAPSE như là một thông số đánh giá tổng máu thất phải được đề xuất đầu tiên bởi Kaul và cộng sự. Năm 1984, ông đã chứng minh nó có tương quan với phân suất tổng máu thất phải trên chụp phóng xạ. Cũng được chứng minh ở bệnh nhân suy tim hoặc bệnh tim thiếu máu cục bộ bằng kỹ thuật MRI. Chỉ số TAPSE có liên quan với phân suất tổng máu thất phải bởi vì thành tự do của thất phải chiếm phần lớn vẫn là các sợi cơ dọc và khoang thất phải kéo dài từ vòng van ba lá đến phần phễu của thất. Phương pháp đo TAPSE thuận tiện hơn các phương pháp khác, ví dụ như phương pháp đo phân suất diện

tích thất phải đòi hỏi phải nhìn rõ nội mạc thất phải. Phương pháp này gặp khó khăn về hình học thất phải hơn là sự phức tạp của kỹ thuật. Vì vậy chỉ số TAPSE thích hợp cho định lượng phân suất tổng máu thất phải trong thực hành lâm sàng hằng ngày [7], [10], [13].

Sóng S được đo bằng Doppler mô tại vòng van bên của van ba lá, là hình ảnh của sự co cơ tim theo trục dọc. Bao gồm có 2 sóng dương: sóng đầu tiên tương ứng với giai đoạn co đồng thể tích, sóng thứ hai là giai đoạn tổng máu của thất phải và đây là sóng chúng tôi chọn để nghiên cứu. Sóng S trong nghiên cứu của chúng tôi là $13,8 \pm 2,138$ cm/s, phù hợp với nghiên cứu của Lawrence G. Rudski (giá trị trung bình 15 cm/s, giới hạn trên 19 cm/s, giới hạn dưới 10 cm/s), của Ruxandra Jurcut (> 12 cm/s), cao hơn kết quả của Wojciech Kosmala ($12,2 \pm 1,63$ cm/s) ($p = 0,0001$) [18]. Không có sự khác biệt về sóng S giữa hai giới, đồng thời tương quan không có ý nghĩa thống kê với tuổi. Tuy nhiên có sự tương quan mức độ vừa với chỉ số TAPSE thất phải. So sánh với các phương pháp đánh giá khác của chức năng thất phải, thì vận tốc sóng S là phương pháp nhanh, đơn giản và các thông số được đo trực tiếp trong thời gian ngắn, khoảng 10 - 15 giây. Hơn nữa, trên hình ảnh thu được có thể đánh giá đồng thời chức năng tâm thu và tâm trương. Thông số này được dùng rộng rãi trong thực hành hằng ngày bởi vì có thể tiến hành được ở hầu hết tất cả bệnh nhân, và độc lập với tuổi. Trong một nghiên cứu của J. Meluzin [11] vào năm 2001 cho thấy vận tốc tâm thu của vòng van ba lá trên Doppler mô có thể ghi được ở 43 trong số 45 bệnh nhân (96%). Chỉ số này có giá trị tiên lượng suy chức năng thất phải với độ nhạy 90% và độ đặc hiệu 85% [13].

Chỉ số Tei đặc trưng cho sự vận động cơ tim, dùng ước lượng cả chức năng tâm thu và tâm trương của toàn bộ thất phải mà không gặp khó khăn bởi hình dạng của thất phải trên siêu âm. Nó dựa trên sự liên quan giữa hoạt động tổng máu và không tổng máu của tim. Chỉ số này không còn chính xác khi nhịp tim không đều ví dụ như rung nhĩ, và khi có sự tăng áp lực nhĩ phải bởi vì lúc này áp lực nhĩ phải và thất phải sẽ cân bằng nhanh hơn, kết quả là thời gian giãn đồng thể tích sẽ ngắn lại và chỉ số Tei sẽ thấp hơn giá trị thực, ngoài ra chỉ số Tei còn phụ thuộc vào gánh. Trong nghiên cứu của chúng tôi chỉ số này được

tính trên hình ảnh siêu âm Doppler mô, bằng tổng thời gian co đồng thể tích và giãn đồng thể tích chia cho thời gian tổng máu. Từ bảng 1 cho thấy thời gian co đồng thể tích của chúng tôi là $58 \pm 7,284$ ms, thời gian giãn đồng thể tích $72,74 \pm 9,251$ ms, thời gian tổng máu là $275,39 \pm 25,550$ ms, và chỉ số Tei là $0,47 \pm 0,049$ với khoảng tin cậy 95% cho giá trị trung bình $0,46 - 0,48$. Kết quả này phù hợp với khuyến cáo của Hội siêu âm tim Hoa Kỳ năm 2010 khi chỉ số Tei $< 0,55$ với thất phải bằng siêu âm Doppler mô. Khi so sánh với Nelson B. Schiller chỉ số Tei bình thường $0,27 \pm 0,09$ và Ruxandra Jurcut là $0,28 \pm 0,04$ thì kết quả của chúng tôi cao hơn các tác giả trên có ý nghĩa thống kê với $p < 0,0001$. Đây là một trong những thông số siêu âm Doppler nhạy áp dụng trong đánh giá chức năng thất phải, không ảnh hưởng bởi tần số tim, áp lực thất phải và tình trạng hở van ba lá kèm theo [1].

Trong kết quả của chúng tôi ở bảng 2 cho thấy chỉ số Tei ở nam cao hơn ở nữ có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$ (nam $0,49 \pm 0,058$ và nữ $0,47 \pm 0,034$), đồng thời sự tương quan không có ý nghĩa thống kê với tuổi. Nhưng có mối tương quan nghịch mức độ vừa với chỉ số TAPSE thất phải.

Nhìn chung các kết quả về chức năng tâm thu thất phải của chúng tôi có khác hơn một số tác giả, nhưng các kết quả đó vẫn trong giới hạn bình thường theo khuyến cáo của hội siêu âm tim Hoa Kỳ. Các kết quả không có sự khác biệt giữa hai giới, ngoại trừ chỉ số TAPSE và chỉ số Tei có sự khác nhau giữa hai giới. Chỉ số TAPSE ở nữ cao hơn nam, còn chỉ số Tei ở nam cao hơn nữ. Các kết quả về chức năng tâm thu thất phải tương quan không có ý nghĩa thống kê với tuổi. Thời gian co và giãn đồng thể tích có tương quan thuận với tuổi. Kết quả này cũng phù hợp với các nghiên cứu trước đây cho thấy hiện tượng tương tự trên Doppler qui ước.

5. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu thất phải ở 106 người lớn bình thường từ 18 đến 59 tuổi bằng siêu âm Doppler tim chúng tôi thu được kết quả nằm trong giới hạn bình thường được công bố bởi ASE như sau:

1. Các thông số chức năng tâm thu thất phải ở người lớn bình thường

- Diện tích thất phải cuối tâm trương $15,34 \pm 2,653$ cm²; diện tích thất phải cuối tâm thu $7,71 \pm 1,674$ cm²; phân suất diện tích thất phải $49,76 \pm 7,328\%$.

- Chỉ số TAPSE (vận động vòng van ba lá trên M mode) $22,5 \pm 2,597\text{mm}$
- Vận tốc sóng S của Doppler mô vòng van bên van ba lá $13,8 \pm 2,138\text{ cm/s}$
- Thời gian co đồng thể tích $58 \pm 7,284\text{ ms}$; thời gian giãn đồng thể tích $72,74 \pm 9,251\text{ ms}$; thời gian tổng máu thất phải $275,39 \pm 25,550\text{ ms}$; chỉ số Tei thất phải của Doppler xung mô $0,47 \pm 0,049$

2. Mối tương quan giữa các thông số chức năng tâm thu thất phải

- Giữa thời gian co, giãn đồng thể tích và tuổi có tương quan thuận ($r = 0,29$ và $p < 0,05$)
- Tương quan mức độ vừa giữa vận tốc sóng S của Doppler mô vòng van ba lá và chỉ số TAPSE thất phải ($r = 0,38$ và $p = 0,0001$)
- Có tương quan nghịch mức độ vừa giữa chỉ số Tei và chỉ số TAPSE thất phải ($r = -0,31$ và $p < 0,01$)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ayman Ahmed Abdelaziz, Eid Mohamed Daoud (2011), "Assessment of right ventricular function by myocardial performance index in diabetic patients", *The Egyptian heart journal*, 63, 175 - 181.
2. Carrie P. Aaron, Harikrishna Tandri et al (2011), "Physical activity and right ventricular structure and function", *American journal of respiratory and critical care medicine*, (183), pp 396 - 404.
3. Chiew Y.Wong, Trisha O'Moore Sullivan et al (2006), "Association of subclinical right ventricular dysfunction with obesity", *Journal of the American college of cardiology*, 3 (47), pp 611 - 616.
4. Danita M. Yoerger, Duane Sherrill et al (2005), "Echocardiographic finding in patients meeting task force criteria for arrhythmogenic right ventricular dysplasia", *Journal of the American college of cardiology*, 45 (6), pp 860 - 865.
5. Francois Haddad, Sharon A. Hunt, David N. Rosenthal and Daniel J. Murphy (2008), "Right ventricular function in cardiovascular disease, part I: Anatomy, physiology, aging, and functional assessment of the right ventricle", *Circulation*, 117, pp 1436 - 1448.
6. Frank Rademakers (2005), "Echocardiographic volumetry of the right ventricle", *Eur j echocardiography*, 6, pp 4 - 6.
7. G J Heatlie, M Giles (2004), "Echocardiography and the general physician", *Postgrad med j*, 80, pp 84 - 88.
8. Homaa Ahmad, Victor Mor Avi et al (2011), "Assessment of right ventricular function using echocardiographic speckle tracking of the tricuspid annular motion: comparison with cardiac magnetic resonance", *Echocardiography*, pp 19 - 24.
9. Jesper Kjaergaard, Claus Leth Petersen et al (2006), "Evaluation of right ventricular volume and function by 2D and 3D echocardiography compared to MRI", *Eur j echocardiography*, 7, pp 430 - 438.
10. J. G. Coghlan, J. Davar (2007), "How should we assess right ventricular function in 2008?", *European heart journal supplements*, 9, pp H22 - H28.
11. J. Meluzin, L. Spinarova et al (2001), "Pulsed Doppler tissue imaging of the velocity of tricuspid annular systolic motion", *European heart journal*, 22, pp 340 - 348.
12. Julia Grapsa, David Dawson et al (2011), "Assessment of right ventricular structure and function in pulmonary hypertension", *J cardiovasc ultrasound*, 19 (3), pp 115 - 125.
13. Lawrence G. Rudski, Wyman W. Lai et al (2010), "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 Canada society of echocardiography", *J am soc echocardiography*, 23, pp 685 - 713.
14. Nelson B. Schiller, Damon M. Kwan (2009), "The Tei index as an expression of right ventricular impairment and recovery", *Journal of the American college of cardiology*, 2 (2), pp 150 - 152.
15. O M Ueti, E E Camargo et al (2002), "Assessment of right ventricular function with Doppler echocardiographic indices derived from tricuspid annular motion: comparison with radionuclide angiography", *Heart*, 88, pp 244 - 248.
16. Rodney Foale, Petros Nihoyannopoulos et al (1986), "Echocardiographic measurement of the normal adult right ventricular", *Br Heart*, 56, pp 33 - 44.
17. Ruxandra Jurcut, Sorin Giusca et al (2010), "The echocardiographic assessment of right ventricle: what to do in 2010?", *European journal of echocardiography*, 11, pp 81 - 96.
18. Wojciech Kosmala, Paolo Colonna et al (2004), "Right ventricular dysfunction in asymptomatic diabetic patients", *Diabetes care*, 27 (11), pp 2736 - 2738.