

# Alteration of left ventricular diastolic function after hemodialysis in patients on dialysis

Bao Thai Trinh<sup>1</sup>, Dung Huu Nguyen<sup>2</sup>, Thanh Van Nguyen<sup>3</sup>✉, Bang Kim Do<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Que Vo District Health Center

<sup>2</sup> Department of Nephrology – Urology and Dialysis, Bach Mai Hospital

<sup>3</sup> Vietnam National Heart Institute, Bach Mai Hospital

► **Correspondence to**

Thanh Van Nguyen, MD, MSc  
Vietnam National Heart Institute,  
Bach Mai Hospital, Hanoi, Vietnam  
Email: bsthanhnguyenvan@gmail.com

► Received 09 March 2023  
Accepted 30 March 2023  
Published online 31 March 2023

**To cite:** Trinh BT, Nguyen DH, Nguyen TV, Do BK, *et al.* *J Vietnam Cardiol* 2023; **104**:40-45.

## ABSTRACT

**Objective:** Hemodialysis can affect the hemodynamics and cardiac function of patients with cyclic hemodialysis. Our study aimed to evaluate and analyze a number of factors related to the change in left ventricular diastolic function after dialysis in patients with cyclic hemodialysis at Bach Mai Hospital.

**Subjects and methods:** A cross-sectional descriptive study. There were 61 patients with cyclic hemodialysis (n=61) included in the study. All patients participating in the study were asked about their disease, clinical examination, and echocardiography before and after dialysis.

**Results:** The average age of the study subjects was  $51,5 \pm 12,2$  years old, of which 31 men accounted for 50,8%. After dialysis, E wave velocity ( $89,9 \pm 24,1$  vs  $71,9 \pm 24,4$  m/s) decreased statistically significantly compared to pre-dialysis with  $p < 0,0001$ . Meanwhile, the A wave velocity ( $96,3 \pm 29,0$  vs  $96,2 \pm 29,7$  m/s) change insignificantly and there was almost no statistical difference between before and after dialysis with  $p > 0,05$ . E/A ratio ( $1,01 \pm 0,4$  vs  $0,82 \pm 0,45$ ,  $p < 0,05$ ) and mean E/e' ratio ( $12,4 \pm 4,7$  vs  $10,6 \pm 4,3$ ,  $p < 0,0001$ ) significantly decreased after dialysis. The flow velocity through the tricuspid valve did not change significantly after dialysis ( $V_{maxTR}$ ,  $2,5 \pm 0,4$  vs  $2,4 \pm 0,4$  m/s,  $p > 0,05$ ). After dialysis, the left atrial volume index decreased significantly compared with before dialysis (LAVi,  $42,8 \pm 14,8$  vs  $36,5 \pm 14,3$  ml/m<sup>2</sup>) with  $p < 0,0001$ . There is a not very close correlation between the dialysis fluid volume and the e' index of the interventricular septum after dialysis in the opposite direction with  $r = -0,324$  and  $p = 0,034 < 0,05$  with statistical significance.

**Conclusion:** Echocardiographic assessment of left ventricular systolic and diastolic function had a statistically significant improvement between before and after dialysis. This difference is related to the volume of hemodialysis during that dialysis session.

**Keywords:** End stage kidney disease, hemodialysis, echocardiography, systolic function, diastolic function.

# Sự thay đổi chức năng tâm trương thất trái sau ca lọc máu ở người bệnh thận nhân tạo chu kỳ

Trịnh Thái Bảo<sup>1</sup>, Nguyễn Hữu Dũng<sup>2</sup>, Nguyễn Văn Thành<sup>3</sup>, Đỗ Kim Bảng<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Trung tâm Y tế huyện Quế Võ

<sup>2</sup> Trung tâm Thận – Tiết niệu và Lọc máu, Bệnh viện Bạch Mai

<sup>3</sup> Viện Tim mạch Việt Nam, Bệnh viện Bạch Mai

## Tác giả liên hệ

ThS.BS. Nguyễn Văn Thành  
Viện Tim mạch Việt Nam, Bệnh viện  
Bạch Mai, Hà Nội, Việt Nam  
Email: bsthanhnguyenvan@gmail.com

► Nhận ngày 09 tháng 03 năm 2023

Chấp nhận đăng ngày 30 tháng 03  
năm 2023

Xuất bản online ngày 31 tháng 03  
năm 2023

**Mẫu trích dẫn:** Trịnh BT, Nguyễn  
DH, Nguyễn TV, Đỗ BK, et al. *J  
Vietnam Cardiol* 2023; **104**:40-45.

## TÓM TẮT

**Mục tiêu:** Lọc máu có thể ảnh hưởng đến huyết động và chức năng tim của người bệnh thận nhân tạo chu kỳ. Nghiên cứu của chúng tôi nhằm đánh giá và phân tích một số yếu tố liên quan đến sự thay đổi chức năng tâm trương thất trái sau ca lọc máu ở người bệnh thận nhân tạo chu kỳ tại Bệnh viện Bạch Mai.

### Đối tượng và phương pháp:

Nghiên cứu mô tả cắt ngang. Có 61 người bệnh thận nhân tạo chu kỳ (n=61) được đưa vào nghiên cứu. Tất cả người bệnh tham gia nghiên cứu đều được hỏi bệnh, khám lâm sàng, siêu âm tim trước và sau ca lọc máu.

**Kết quả:** Nhóm đối tượng nghiên cứu có tuổi trung bình là  $51,5 \pm 12,2$  tuổi, trong đó có 31 nam chiếm 50,8%. Sau lọc máu, vận tốc sóng E ( $89,9 \pm 24,1$  so với  $71,9 \pm 24,4$  m/s) giảm rất có ý nghĩa thống kê so với trước lọc máu với  $p < 0,0001$ . Trong khi đó vận tốc sóng A ( $96,3 \pm 29$  so với  $96,2 \pm 29,7$  m/s) thay đổi không có sự khác biệt thống kê giữa trước và sau lọc máu với  $p > 0,05$ . Tỷ lệ E/A ( $1,01 \pm 0,4$  so với  $0,82 \pm 0,45$ ,  $p < 0,05$ ) và tỷ lệ E/e' trung bình ( $12,4 \pm 4,7$  so với  $10,6 \pm 4,3$ ,  $p < 0,0001$ ) giảm đáng kể sau lọc máu. Vận tốc dòng chảy qua van ba lá thay đổi không đáng kể sau ca

lọc máu (VmaxTR,  $2,5 \pm 0,4$  so với  $2,4 \pm 0,4$  m/s,  $p > 0,05$ ). Sau lọc máu, chỉ số thể tích nhĩ trái giảm rất có ý nghĩa thống kê so với trước lọc máu (LAVi,  $42,8 \pm 14,8$  ml/m<sup>2</sup> so với  $36,5 \pm 14,3$  ml/m<sup>2</sup>) với  $p < 0,0001$ . Có mối tương quan chưa thật chặt chẽ giữa thể tích dịch thẩm tách và chỉ số e' vách liên thất sau lọc máu theo chiều nghịch với  $r = -0,324$  và  $p = 0,034 < 0,05$  có ý nghĩa thống kê.

**Kết luận:** Siêu âm tim đánh giá chức năng tâm trương thất trái có sự cải thiện có ý nghĩa thống kê giữa thời điểm trước và sau ca lọc máu. Sự khác biệt này có liên quan đến thể tích dịch thẩm tách.

**Từ khóa:** Bệnh thận giai đoạn cuối, chạy thận nhân tạo, siêu âm tim, chức năng tâm thu, chức năng tâm trương.

## ĐẶT VẤN ĐỀ

Bệnh thận mạn gây ra nhiều biến chứng thứ phát, trong đó biến chứng tim mạch là nguyên nhân tử vong hàng đầu ở nhóm bệnh nhân này<sup>1</sup>. Sự tác động qua lại giữa hệ tim mạch và thận đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì sự ổn định huyết động, thể tích tuần hoàn và trương lực mạch. Ở người bệnh thận nhân tạo chu kỳ thường xuyên tồn tại tình

trạng thừa dịch, các chất hòa tan và sự mất cân bằng điện giải do mất chức năng thận. Việc lọc máu chu kỳ giúp cải thiện tình trạng này, song cũng gây thay đổi thể tích tuần hoàn trong thời gian giới hạn của một ca lọc máu gây ảnh hưởng đến sự co giãn của tim.

Siêu âm tim là phương pháp thăm dò đơn giản, chi phí thấp, không xâm lấn giúp đánh giá sự bất thường về cấu trúc và chức năng tim. Việc đánh giá các chỉ số siêu âm tim có thể giúp xác định nguy cơ và tiên lượng của bệnh tim mạch ở các giai đoạn của bệnh thận mạn<sup>2</sup>.

Tại Việt Nam, đã có những nghiên cứu về biến chứng tim mạch trên bệnh nhân lọc máu chu kỳ, tuy nhiên những thay đổi của tim sau buổi lọc máu thì chưa được phân tích đầy đủ. Do đó, chúng tôi thực hiện nghiên cứu “*Sự thay đổi chức năng thất trái sau ca lọc máu ở người bệnh thận nhân tạo chu kỳ*” nhằm đánh giá và phân tích một số yếu tố liên quan đến sự thay đổi chức năng tâm trương thất trái sau ca lọc máu ở người bệnh thận nhân tạo chu kỳ tại Bệnh viện Bạch Mai.

## ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU:

### Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành từ tháng 8 năm 2021 đến tháng 8 năm 2022 tại Trung tâm Thận tiết niệu và Lọc máu và Viện Tim mạch Việt Nam. Có 61 bệnh nhân thận nhân tạo chu kỳ thỏa mãn các tiêu chuẩn lựa chọn và tiêu chuẩn loại trừ được đưa vào nghiên cứu.

### Tiêu chuẩn lựa chọn

Bệnh nhân bệnh thận mạn lọc máu chu kỳ tại Trung tâm Thận – Tiết niệu và Lọc máu Bệnh viện Bạch Mai thỏa mãn các điều kiện:

- Tuổi  $\geq 18$
- Bệnh nhân lọc máu chu kỳ ổn định, với thời gian lọc máu > 3 tháng
- Bệnh nhân đồng ý tham gia nghiên cứu.

### Tiêu chuẩn loại trừ:

- Bệnh nhân có hội chứng vành cấp, đau thắt ngực hoặc có can thiệp thủ thuật tái thông mạch máu hoặc có bằng chứng rối loạn vận động vùng khi siêu âm tim.
- Bệnh van tim mức độ nặng.
- Đột quỵ cấp, bệnh gan tiến triển hoặc các bệnh lý ác tính khác.
- Bệnh nhân đang có nhiễm trùng cấp tính

## Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu mô tả cắt ngang.

Sau khi đồng ý tham gia vào nghiên cứu, 61 bệnh nhân bệnh thận mạn giai đoạn cuối lọc máu chu kỳ được tuyển chọn ngẫu nhiên. Tất cả các bệnh nhân đều được lọc máu bằng dịch lọc bicarbonate ba lần một tuần, mỗi ca lọc máu kéo dài 4h, sử dụng dịch lọc bicarbonate. Trước và sau ca lọc máu 1h, các bệnh nhân đều được cân, đo nhịp tim, huyết áp tại Trung tâm Thận tiết niệu và lọc máu, siêu âm Doppler tim, van tim bằng máy siêu âm Vivid S70N tại Phòng siêu âm tim Viện Tim mạch Quốc gia Việt Nam, ghi nhận xét nghiệm đã có trong hồ sơ bệnh án ngoại trú tại Trung tâm Thận tiết niệu và Lọc máu Bệnh viện Bạch Mai.

Về siêu âm tim, chúng tôi thực hiện các phép đo nhằm xác định các thông số đánh giá chức năng tâm trương thất trái theo khuyến nghị của Hiệp hội siêu âm tim Hoa Kỳ năm 2019<sup>3</sup>. Các phép đo được thực hiện bởi 1 bác sĩ siêu âm tim có kinh nghiệm duy nhất, trên một máy siêu âm tim duy nhất để đảm bảo tính khách quan và giảm sai số xuống mức tối thiểu.

### Xử lý số liệu

Số liệu được nhập và quản lý bằng phần mềm Excel 2019 và xử lý bằng SPSS 26.0. Quản lý tài liệu tham khảo bằng phần mềm Zotero.

## KẾT QUẢ

**Bảng 1.** Đặc điểm chung của nhóm nghiên cứu

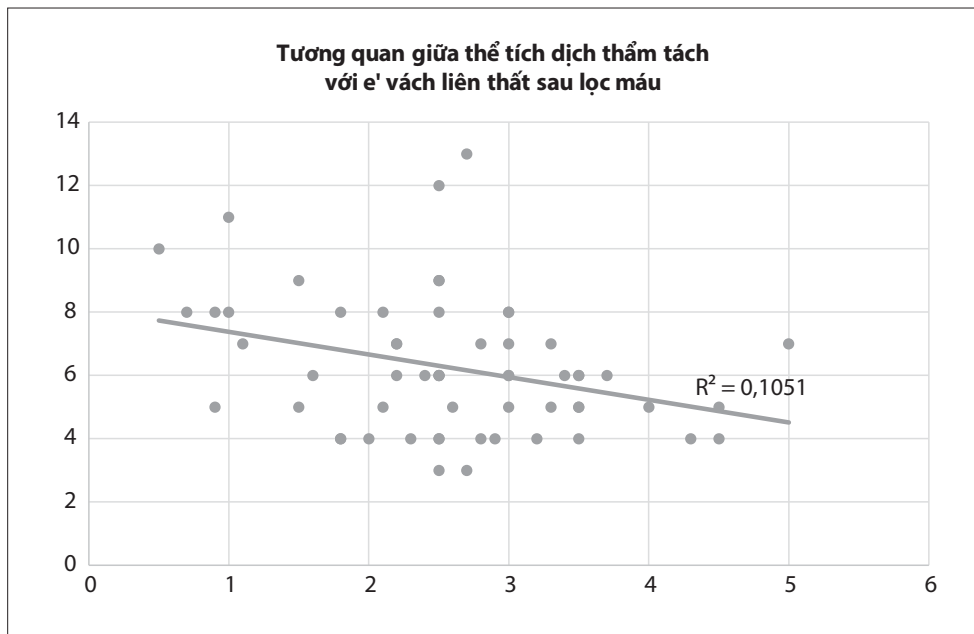
Thông số	Giá trị
Tuổi (mean $\pm$ SD)	51,5 $\pm$ 12,2
Giới (Nam %)	31 (50,8%)
Thời gian lọc máu (mean $\pm$ SD, min – max, năm)	9,3 $\pm$ 5,7 (0 – 26)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	20,7 $\pm$ 2,1
Thể tích dịch thẩm tách	2331,2 $\pm$ 795,5 (500 – 3500)

**Nhận xét:** Nhóm đối tượng nghiên cứu có tuổi trung bình là 51,5  $\pm$  12,2 năm, trong đó có 31 nam chiếm 50,8 %, thời gian lọc máu trung bình 9,3  $\pm$  5,7 năm. Chỉ số khối trung bình là 20,7  $\pm$  2,1 kg/m<sup>2</sup>. Thể tích dịch thẩm tách trung bình là 2331,2  $\pm$  795,5 (500 – 3500) ml.

**Bảng 2.** So sánh chức năng tâm trương thất trái trước và sau ca lọc máu

Thông số	Trước lọc máu	Sau lọc máu	p
E (m/s)	89,9 ± 24,1	71,9 ± 24,4	< 0,0001
A (m/s)	96,3 ± 29,0	96,2 ± 29,7	0,93
E/A	1,01 ± 0,4	0,82 ± 0,45	< 0,05
E'VLT (m/s)	6,82 ± 2,1	6,2 ± 2,1	< 0,05
E'ThB (m/s)	8,5 ± 2,8	8,2 ± 2,6	0,184
E'TrB (m/s)	7,7 ± 2,2	7,2 ± 2,1	< 0,05
E/e'TB	12,4 ± 4,7	10,6 ± 4,3	< 0,0001
VmaxTR (m/s)	2,5 ± 0,5	2,4 ± 0,5	> 0,05
LAVi (ml/m <sup>2</sup> da)	42,8 ± 14,8	36,5 ± 14,3	< 0,0001

**Nhận xét:** Sau ca lọc máu, vận tốc sóng E (89,9 ± 24,1 so với 71,9 ± 24,4 m/s) giảm rất có ý nghĩa thống kê so với trước lọc máu với p < 0,0001. Trong khi đó vận tốc sóng A (96,3 ± 29 so với 96,2 ± 29,7) không có sự khác biệt thống kê sau lọc máu với p = 0,93 > 0,05. Tỷ lệ E/A (1,01 ± 0,4 so với 0,82 ± 0,45, p < 0,05) và tỷ lệ E/e' trung bình (12,4 ± 4,7 so với 10,6 ± 4,3, p < 0,0001) giảm đáng kể sau lọc máu. Vận tốc dòng chảy qua van ba lá thay đổi không đáng kể sau ca lọc máu (VmaxTR, 2,5 ± 0,4 so với 2,4 ± 0,4, p > 0,05). Chỉ số thể tích nhĩ trái giảm rất có ý nghĩa thống kê so với trước lọc máu (LAVi, 42,8 ± 14,8 ml/m<sup>2</sup> so với 36,5 ± 14,3 ml/m<sup>2</sup>) với p < 0,0001.



**Biểu đồ 1.** Tương quan giữa thể tích dịch thẩm tách và e' vách liên thất sau lọc máu

**Nhận xét:** Có mối tương quan chưa thật chặt chẽ giữa thể tích dịch thẩm tách và chỉ số e' vách liên thất sau lọc máu theo chiều nghịch với r = - 0,324 và p = 0,034 < 0,05 có ý nghĩa thống kê. Chúng tôi chưa tìm thấy mối tương quan giữa thể tích dịch thẩm tách của bệnh nhân với các chỉ số còn lại.

## BÀN LUẬN

### Sự ảnh hưởng của quá tải thể tích dịch cơ thể đến chức năng tâm trương thất trái

Chúng tôi thấy rằng giảm thể tích cấp sau lọc máu đã làm thay đổi các thông số của dòng chảy qua van hai lá. Cụ thể là vận tốc dòng chảy qua van hai lá thời kỳ tâm trương sớm (E) giảm rất có ý nghĩa sau ca lọc máu với  $p < 0,0001$  trong khi vận tốc sóng A thì rất ít thay đổi sau lọc máu, tỷ lệ E/A giảm, điều này phù hợp với các nghiên cứu trước đây về ảnh hưởng của lọc máu chu kỳ đến các thông số siêu âm tim đánh giá sự làm đầy thất trái.<sup>456</sup> İrem Dincer và cộng sự đã chỉ ra rằng vận tốc đỉnh sóng E qua vòng van hai lá cũng như tỷ lệ E/A thu được từ cả năm mặt cắt của vòng van hai lá đều bị ảnh hưởng bởi tình trạng quá tải dịch của bệnh nhân, các tỷ lệ này đều giảm đáng kể sau lọc máu với  $p < 0,001$ .<sup>4</sup>

Tỷ lệ E/e' trung bình giảm đáng kể sau lọc máu, trước lọc máu là  $12,4 \pm 4,7$  và sau lọc máu là  $10,6 \pm 4,3$  có khác biệt rất có ý nghĩa thống kê  $p < 0,0001$ . Đây là một trong các chỉ số quan trọng để đánh giá chức năng tâm trương thất trái. Kết quả này khá tương đồng với các nghiên cứu trên thế giới. Cụ thể trong nghiên cứu của tác giả Wang X và cộng sự cũng cho kết quả tỷ lệ E/e' giảm đáng kể sau lọc máu, từ  $12,54 \pm 4,08$  giảm xuống  $11,28 \pm 4,52$  sau lọc máu với  $p < 0,05$  có ý nghĩa thống kê. Trong nghiên cứu của chúng tôi sự cải thiện tỷ lệ này có ý nghĩa thống kê hơn có thể giải thích bằng sự khác biệt về thời gian làm siêu âm trong nghiên cứu của chúng tôi là ngay trước và sau lọc máu 1h, trong khi nghiên cứu của tác giả Wang X siêu âm tim được thực hiện trong vòng 24h trước và sau lọc máu.<sup>6</sup> Điều này gợi ý về ảnh hưởng của quá tải thể tích dịch đến chức năng tâm trương thất trái ở người bệnh thận nhân tạo chu kỳ.

Thể tích dịch thẩm tách biểu hiện thể tích dịch thừa của cơ thể do mất chức năng thận. Khi thể tích dịch thẩm tách cũng như lượng dịch thừa càng nhiều, thể tích tuần hoàn càng lớn, thì gánh nặng cho tim càng lớn. Nếu thể tích tuần hoàn quá lớn có thể dẫn đến tình trạng phù phổi cấp, suy tim cấp, nhưng khi sự quá tải thể tích tuần hoàn không quá lớn, mạn tính thì cần thời gian đủ dài mới có thể gây nên

những biến đổi cấu trúc và chức năng tim trên siêu âm tim, cũng như lâm sàng của người bệnh, điều này tùy thuộc vào khả năng bù trừ của cơ tim với quá tải dịch cũng như sự tuân thủ với các biện pháp điều trị của bệnh nhân.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi chưa tìm thấy mối liên quan nào giữa số cân tăng với các chỉ số đánh giá chức năng thất trái trên siêu âm tim trước lọc máu. Tuy nhiên, kết quả siêu âm tim sau ca lọc máu lại có mối tương quan nghịch giữa thể tích dịch thẩm tách với sóng e' vách liên thất, với hệ số tương quan  $r = -0,324$  và  $p = 0,034 < 0,05$  có ý nghĩa thống kê. Nghĩa là khi thể tích dịch thẩm tách càng cao thì e' vách liên thất càng giảm. Điều này gợi ý có sự rối loạn chức năng tâm trương thất trái sau lọc máu khi bệnh nhân thừa nhiều dịch.

Nghiên cứu của tác giả Assa và cộng sự năm 2013 cho thấy rằng có những mối liên hệ đáng kể giữa sự thay đổi sóng E và một số chỉ số thể tích ở phút thứ 60 và 180 của ca lọc máu. Điều này không phải là không xảy ra bởi vì sự giảm thể tích máu liên tục đủ để ảnh hưởng đến việc lấp đầy tâm thất bởi giảm tiền gánh, tuy nhiên không tìm thấy mối liên hệ đáng kể giữa những thay đổi trên Doppler mô thành thất trái và chỉ số thể tích trong quá trình lọc máu, ngoại trừ mức BNP ở 180 phút của ca lọc máu.<sup>7</sup>

Nghiên cứu của tác giả İrem Dincer và cộng sự năm 2001, thực hiện trên 62 bệnh nhân thận nhân tạo chu kỳ thấy có mối tương quan giữa phần trăm thay đổi trọng lượng cơ thể và phần trăm thay đổi trong các thông số dòng chảy qua van hai lá. Trong đó các chỉ số e' thành bên ( $r = 0,329$ ,  $p = 0,009$ ), sóng E ( $r = 0,392$ ,  $p = 0,002$ ), tỷ lệ E/A ( $r = 0,280$ ,  $p = 0,027$ ), e' vách liên thất ( $r = 0,376$ ,  $p = 0,003$ ) tương quan thuận với phần trăm giảm trọng lượng cơ thể. Kết quả nghiên cứu của chúng tôi chỉ ghi nhận sự tương quan ở chỉ số e' thành bên thất trái sau lọc máu. Điều này có thể giải thích khi so sánh thể tích dịch thẩm tách ở nhóm bệnh nhân nghiên cứu của chúng tôi là  $2331,2 \pm 795,5$  ml (min 500ml, max 3500 ml) thấp hơn nhiều so với thể tích dịch thẩm tách trong nghiên cứu của Dincer I là 2580 ml (min 500ml, max 4300ml).<sup>4</sup>

Một phát hiện đáng chú ý nữa khi so sánh 2 nghiên

cứu này là thời gian lọc máu trung bình của nhóm bệnh nhân trong nghiên cứu của tác giả Dincer I là  $5,4 \pm 4,1$  năm (dài nhất là 14,9 năm) ngắn hơn nhiều so với thời gian lọc máu trung bình trong nghiên cứu của chúng tôi ( $9,3 \pm 5,7$ , dài nhất là 26 năm). Như vậy, mặc dù thời gian lọc máu chu kỳ ngắn hơn, nhưng thể tích dịch thẩm tách (thể tích dịch quá tải) cao hơn thì mức độ rối loạn chức năng tâm trương thất trái cũng nặng hơn. Ngược lại thời gian lọc máu dù dài hơn, nhưng thể tích dịch quá tải thấp hơn thì cũng góp phần làm chậm quá trình rối loạn chức năng tim.

Từ kết quả nghiên cứu này cũng như khi đem so sánh với kết quả nghiên cứu của chúng tôi, có thể kết luận rằng, có sự phụ thuộc của các thông số đánh giá rối loạn chức năng tâm trương thất trái vào thể tích dịch thẩm tách ở người bệnh thận nhân tạo chu kỳ.

#### Hạn chế của nghiên cứu

Nghiên cứu này là một nghiên cứu mô tả cắt ngang, đơn trung tâm với cỡ mẫu nhỏ, do đó chưa thể mô tả đầy đủ, cũng chưa bộc lộ được hết đặc điểm của quần thể nghiên cứu, không thể làm mù nghiên cứu vì bác sĩ làm siêu âm tim biết thông tin của người bệnh.

#### Kết luận

Siêu âm tim đánh giá chức năng tâm trương thất trái có sự cải thiện có ý nghĩa thống kê giữa thời điểm trước và sau ca lọc máu. Sự khác biệt này có liên quan đến thể tích thẩm tách máu trong phiên lọc máu đó.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Streja E, Norris KC, Budoff MJ, Hashemi L, Akbilgic O, Kalantar-Zadeh K. The quest for cardiovascular

- disease risk prediction models in patients with nondialysis chronic kidney disease. *Curr Opin Nephrol Hypertens.* 2021;30(1):38-46. doi:10.1097/MNH.0000000000000672
2. Tsilonis K, Sarafidis PA, Kamperidis V, et al. Echocardiographic Parameters During Long and Short Interdialytic Intervals in Hemodialysis Patients. *Am J Kidney Dis.* 2016;68(5):772-781. doi:10.1053/j.ajkd.2016.06.017
3. Mitchell C, Rahko PS, Blauwet LA, et al. Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic Examination in Adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2019;32(1):1-64. doi:10.1016/j.echo.2018.06.004
4. Dincer I, Kumbasar D, Sayin T. Assessment of left ventricular diastolic function with Doppler tissue imaging: Effects of preload and place of measurements. :6.
5. Agmon Y, Oh JK, McCarthy JT, Khandheria BK, Bailey KR, Seward JB. Effect of volume reduction on mitral annular diastolic velocities in hemodialysis patients. *Am J Cardiol.* 2000;85(5):665-668. doi:10.1016/S0002-9149(99)00833-4
6. Wang X, Hong J, Zhang T, Xu D. Changes in left ventricular and atrial mechanics and function after dialysis in patients with end-stage renal disease. *Quant Imaging Med Surg.* 2021;11(5):1899-1908. doi:10.21037/qims-20-961
7. Assa S, Hummel YM, Voors AA, et al. Changes in Left Ventricular Diastolic Function During Hemodialysis Sessions. *Am J Kidney Dis.* 2013;62(3):549-556. doi:10.1053/j.ajkd.2013.02.356