

# SỰ PHÙ HỢP CÁC CHỈ SỐ HUYẾT ĐỘNG CỦA PHƯƠNG PHÁP ĐO ĐIỆN HỌC VÀ HÒA LOÃNG NHIỆT SAU PHẪU THUẬT TIM HỒ

Nguyễn Bá Tư<sup>1</sup>, Vũ Hoàng Phương<sup>1,2</sup> và Vũ Ngọc Tú<sup>1,2,✉</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Y Hà Nội

<sup>2</sup>Bệnh viện Đại học Y Hà Nội

Phương pháp đo cung lượng tim không xâm lấn có thể thay thế các phương pháp xâm lấn trên lâm sàng. Nghiên cứu được thực hiện nhằm khảo sát mối tương quan và sự phù hợp khi đo chỉ số tim, biến thiên thể tích nhát bóp và chỉ số sức cản mạch toàn thân của phương pháp không xâm lấn điện học so với phương pháp xâm lấn hòa loãng nhiệt. Kết quả thu được 240 cặp số liệu từ 15 người bệnh với hệ số tương quan của các biến số này từ hai phương pháp tương ứng là 0,78; 0,84 và 0,84 ( $p < 0,01$ ). Phân tích Bland-Altman có trị số không phù hợp giữa hai phương pháp lần lượt là 16,6%; 53,0%, và 17,9%. Do vậy, có mối tương quan chặt giữa hai phương pháp và có thể sử dụng phương pháp đo huyết động điện học thay cho phương pháp hòa loãng nhiệt khi đo chỉ số tim và chỉ số sức cản mạch toàn thân nhưng cần có thêm các nghiên cứu khác để có thể đưa ra kết luận về sự tương đồng khi đo biến thiên thể tích nhát bóp.

**Từ khoá:** đo huyết động điện học, hoà loãng nhiệt, chỉ số tim, biến thiên chỉ số nhát bóp, chỉ số sức cản mạch toàn thân.

**Danh mục từ viết tắt:** EC (Electrical Cardiometry) - phương pháp đo huyết động điện học, TD (Thermodilution) - phương pháp đo huyết động hòa loãng nhiệt, PiCCO (Pulse contour cardiac output) - phương pháp đo cung lượng tim hòa loãng nhiệt kết hợp phân tích sóng mạch, CI (Cardiac index) - chỉ số tim, CO (Cardiac output) - cung lượng tim, SVV (Stroke volume variation) - biến thiên thể tích nhát bóp, SVRI (Systemic vascular resistance index) - chỉ số sức cản mạch toàn thân.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo dõi huyết động sau mổ tim giúp đánh giá hiệu quả của phẫu thuật cũng như phát hiện các rối loạn có thể có hoặc không liên quan tới bệnh lý tim mạch trước hoặc trong mổ, và đặc biệt là giúp bác sĩ lâm sàng phát hiện và xử trí sớm hội chứng cung lượng tim thấp. Từ năm 1970, đo cung lượng tim bằng ống thông (catheter) động mạch phổi dựa trên nguyên lý hòa loãng nhiệt (TD) qua phổi đã được coi là

tiêu chuẩn vàng.<sup>1,2</sup> Tuy nhiên, phương pháp này cũng có những rủi ro và các bất lợi khác như nhiễm trùng, loạn nhịp và chảy máu. Thực tế, các nghiên cứu gần đây cho thấy không có bằng chứng khuyến khích đo cung lượng tim qua động mạch phổi khi có suy tim, không làm cải thiện kết quả điều trị ở bệnh nhân nặng như tỉ lệ tử vong hoặc số ngày nằm viện.<sup>3</sup> Các phương pháp đo cung lượng tim hòa loãng nhiệt kết hợp phân tích sóng mạch (PiCCO) ít xâm lấn hơn, tránh tác động vào buồng tim đã được chứng minh hiệu quả và được ứng dụng rộng rãi trên lâm sàng, tuy nhiên, nó vẫn có một tỉ lệ nguy cơ liên quan đến nhiễm trùng và tổn thương mạch máu nhất định.

Tác giả liên hệ: Vũ Ngọc Tú

Trường Đại học Y Hà Nội

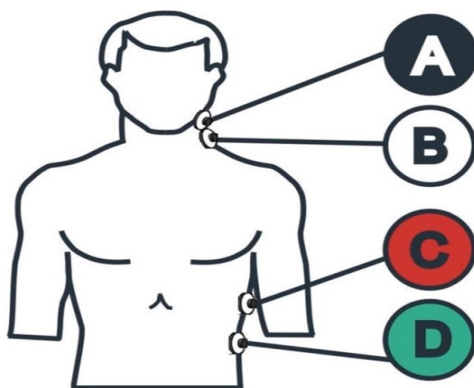
Email: vungoctu@hmu.edu.vn

Ngày nhận: 18/08/2022

Ngày được chấp nhận: 19/09/2022

Trong hơn ba thập kỉ gần đây, phương pháp đo cung lượng tim không xâm lấn dựa trên lí thuyết về kháng trở sinh học lồng ngực (thoracic electrical bioimpedance) đã được phát triển và áp dụng nhiều hơn.<sup>4,5</sup> Kỹ thuật đo cung lượng tim điện học (EC) đã được phát triển với kì vọng đưa ra số liệu chính xác hơn. Nguyên lí

đo của máy này là sử dụng hai cặp điện cực tim thu - phát tín hiệu điện có cường độ thấp và tần số cao. Một cặp được dán trên da theo đường đi của động mạch cảnh trái, một cặp được dán dọc theo đường đi của động mạch chủ ngực bụng trên đường nách trước (Hình 1).



**Hình 1. Sơ đồ đặt điện cực máy đo cung lượng tim điện học<sup>6</sup>**

*A - Ở góc hàm, trên đường đi động mạch cảnh trái; B - Ở nền cổ, trên đường đi động mạch cảnh trái; C - Ở thành ngực, đường nách trước ngang mũi ức; D - Ở mạn sườn trái, đường nách trước, dưới điểm đặt C 5cm*

Việc tìm ra một công cụ không xâm lấn để có thể theo dõi huyết động thay thế cho các phương tiện xâm lấn kinh điển sau phẫu thuật tim, vốn nặng nề, phức tạp và nhiều nguy cơ chảy máu do sử dụng chống đông, là hết sức cần thiết. Chúng tôi thực hiện nghiên cứu này với mục tiêu đánh giá sự tương quan và sự phù hợp khi đo số chỉ số tim (CI), biến thiên thể tích nhất bớp (SVV) và chỉ số sức cản mạch toàn thân (SVRI) đo được từ phương pháp đo cung lượng tim không xâm lấn điện học (EC) so với phương pháp xâm lấn hòa loãng nhiệt (TD).

## II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

### 1. Đối tượng

Tất các bệnh nhân được phẫu thuật tim hở tại Bệnh viện Đại học Y Hà Nội từ tháng 3/2022

đến tháng 9/2022, có đầy đủ thông tin, bệnh án đáp ứng được tiêu chí lựa chọn của nghiên cứu:

#### **Tiêu chuẩn chọn bệnh nhân**

Tất cả các bệnh nhân mổ tim mở theo chương trình.

Tuổi  $\geq 18$ .

Được đặt đồng thời catheter hoà loãng nhiệt và máy đo cung lượng tim điện học.

#### **Tiêu chuẩn loại trừ**

Bệnh nhân sau mổ có rung nhĩ, chạy máy tạo nhịp, có luồng thông trong tim.

Bệnh nhân có bệnh phổi tắc nghẽn mạn tính.

Bệnh nhân có BMI > 25.

Bệnh nhân tử vong hoặc nặng xin về trong 24h đầu nghiên cứu.

Bệnh nhân có bệnh tăng tiết mồ hôi toàn thân.

## 2. Phương pháp

*Thiết kế nghiên cứu:* mô tả cắt ngang.

*Các bước tiến hành*

- Trước mổ

+ Chuẩn bị bệnh nhân trước mổ: giải thích cho bệnh nhân, vệ sinh trước phẫu thuật, nhịn ăn tối thiểu 8 tiếng trước phẫu thuật.

+ Bệnh nhân vào phòng mổ được lắp máy theo dõi liên tục các chỉ số: tần số tim, huyết áp, tần số thở, SpO<sub>2</sub>. Đặt đường truyền lớn G18.

+ Gây mê toàn thân và thở máy bảo vệ phổi sau khi đặt ống nội khí quản: khởi mê bằng fentanyl 2 mcg/kg, propofol 2 mg/kg, rocuronium 0,6 mg/kg.

+ Đặt đường tĩnh mạch trung tâm ba nòng.

+ Đặt đường theo dõi động mạch cho TD ở đùi trái, kết nối với đường tĩnh mạch trung tâm. Đo các chỉ số CI, SVV, SVRI.

+ Đặt các điện cực của máy EC trên da tương ứng với động mạch cảnh và chủ bụng. Đo các chỉ số CI, SVV, SVRI.

- Trong mổ: Đo các chỉ số CI, SVV, SVRI của hai phương pháp sau khi ngừng máy tim phổi nhân tạo.

- Sau mổ: Đo các chỉ số CI, SVV, SVRI của hai phương pháp giờ thứ 1, 6, 12, 24, 48; trước và sau các thời điểm bù dịch hoặc đổi liều vận mạch.

### *Xử lý số liệu*

Các số liệu được xử lý bằng phần mềm SPSS 20.0. Các biến định lượng biểu hiện

bằng trung bình  $\pm$  độ lệch chuẩn, phép so sánh T-test, các biến định tính thể hiện bằng tỷ lệ phần trăm, phép so sánh  $\chi^2$ . Sự tương đồng của các chỉ số giữa TD và EC được ước tính theo phương pháp của Bland - Altman. Giá trị trung bình (m) và trung bình khác biệt (d) được tính toán kèm theo độ lệch chuẩn SD. Giới hạn tương đồng được tính bằng  $d \pm 1,96SD$  và phần trăm sai số (percentage error - PE) được tính bằng công thức  $PE = 1,96 \times SD/m$ . Sự tương quan giữa hai giá trị được đánh giá bởi hệ số tương quan Pearson (r) và sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính với giá trị  $p < 0,05$  được coi là có ý nghĩa thống kê.

## 3. Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu được sự chấp thuận tham gia của bệnh nhân, người nhà bệnh nhân. Nghiên cứu này cũng được thông qua bởi Ban lãnh đạo Khoa Gây mê hồi sức và chống đau, Bệnh viện Đại học Y Hà Nội và Bộ môn Gây mê hồi sức, Trường Đại học Y Hà Nội. Các thông tin trong nghiên cứu của bệnh nhân đều được bảo mật.

## III. KẾT QUẢ

Nghiên cứu thu được 240 cặp số liệu cho mỗi biến số nghiên cứu (CI, SVV, SVRI) từ 15 bệnh nhân. Độ tuổi trung bình của nhóm nghiên cứu là  $60,1 \pm 11,1$ ; tỉ lệ nam : nữ là 1:1; áp lực tĩnh mạch trung ương là  $8,6 \pm 2,4$  (mmHg) và phần suất tổng máu trung bình là  $62,1 \pm 8,2$  (%).

**Bảng 1. Khảo sát sự tương quan của các chỉ số cung lượng tim**

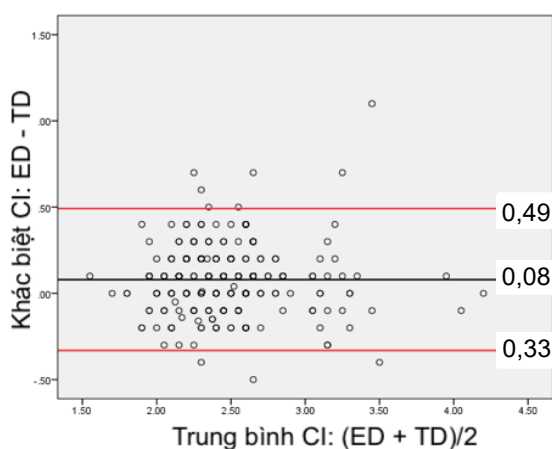
Trung bình	Phương pháp điện học (EC)	Phương pháp hòa loãng nhiệt (TD)	Tương quan (r)	p
CI (L/min/m <sup>2</sup> )	2,5 $\pm$ 0,3	2,4 $\pm$ 0,3	0,78	< 0,01
SVV (%)	12,6 $\pm$ 5,4	13,1 $\pm$ 6,0	0,84	< 0,01
SVRI (d.s/cm <sup>5</sup> /m <sup>2</sup> )	2298 $\pm$ 443	2378 $\pm$ 393	0,84	< 0,01

Có mối tương quan chặt giữa hai phương pháp khi đo các chỉ số CI, SVV và SVRI với các trị số r gần bằng 1.

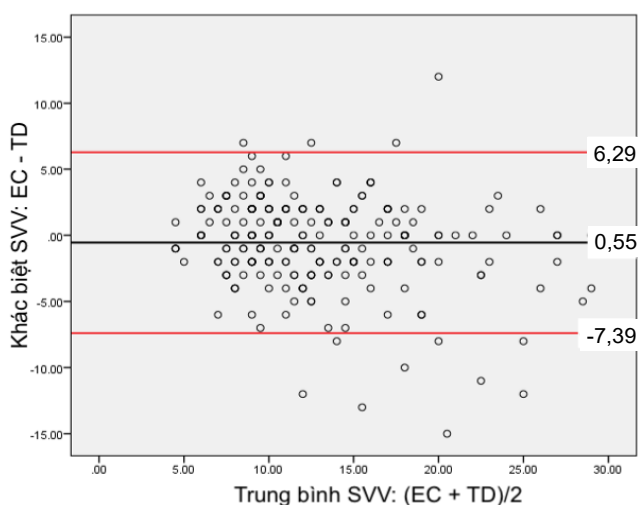
Bảng 2. Khảo sát sự tương đồng giữa các chỉ số cung lượng tim

Thông số	Trung bình hai phương pháp (ED + TD)/2	Trung bình khác biệt (EC - TD)	Giới hạn sự tương đồng	% sai số (PE)
CI (L/min/m <sup>2</sup> )	2,48 ± 0,39	0,08 ± 0,21	- 0,33 → 0,49	16,6%
SVV (%)	12,9 ± 5,15	-0,55 ± 3,49	-7,39 → 6,29	53,0%
SVRI (d.s/cm <sup>5</sup> /m <sup>2</sup> )	2134 ± 414	-64,1 ± 195,2	-446,59 → 381,59	17,9%

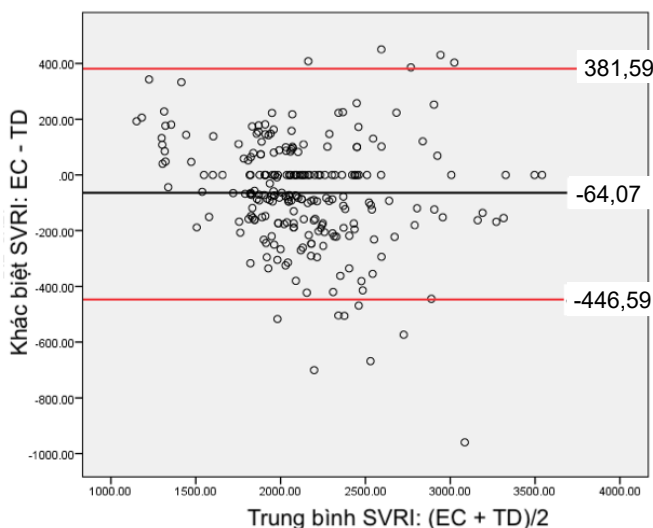
% sai số của các chỉ số CI và SVRI có giá trị dưới 20% trị số trung bình đo được từ hai phương pháp, hướng tới sự tương đồng của hai phương pháp khi đo các chỉ số này.



Biểu đồ 1. Biểu đồ Bland Altman đánh giá về sự tương đồng giữa hai phương pháp khi đo CI. Chỉ có 8/240 cặp số liệu (3,3%) là nằm ngoài giới hạn tương đồng (-0,33 - 0,49)



Biểu đồ 2. Biểu đồ Bland Altman đánh giá về sự tương đồng giữa hai phương pháp khi đo SVV. Có 13/240 cặp số liệu (chiếm 5,4%) nằm ngoài giới hạn tương đồng (-7,39 - 6,29)



**Biểu đồ 3. Biểu đồ Bland Altman đánh giá về sự tương đồng giữa hai phương pháp khi đo SVRI. Có 12/240 cặp số liệu (chiếm 5,0%) nằm ngoài giới hạn tương đồng (-446,59 -381,59)**

#### IV. BÀN LUẬN

Trong nghiên cứu của chúng tôi, độ tuổi trung bình là 64, nam và nữ có tỉ lệ tương đương nhau, huyết động tương đối ổn định với huyết áp trung bình trung bình là 78mmHg và áp lực tĩnh mạch trung ương trung bình là 8,4mmHg.

Trong một phân tích gộp so sánh các kĩ thuật đo cung lượng tim (CO), Critchley và cộng sự đã đưa ra CO trung bình là 4,8 L/min từ 23 nghiên cứu.<sup>7</sup> Trung bình khác biệt từ những nghiên cứu này là 0,6 L/min và giới hạn tương đồng chung là  $\pm 1,7$  L/min. Phần trăm sai số khi sử dụng TD là 37%. Các tác giả đã đưa ra các tiêu chí cho phép định lượng các giới hạn có thể chấp nhận được sự tương đồng giữa hai kĩ thuật đo CO. Tác giả giả định sai số cố hữu là  $\pm 20\%$  đối với phép đo các biến số sinh lí như CO. Ví dụ, sai số trong kĩ thuật pha loãng nhiệt là 22% khi thực hiện phép đo đơn lẻ.<sup>8,9</sup> Bằng cách kết hợp các sai số của cả thử nghiệm và tài liệu tham khảo sử dụng biểu đồ sai số, Critchley và các đồng nghiệp đã chứng minh rằng phần trăm sai số trung bình xấp xỉ 30% giữa hai phương pháp khác nhau là có thể chấp nhận được về

mặt lâm sàng nếu các sai số cố hữu trong cả hai kỹ thuật tương đương với sai số mong đợi trong phép đo CO pha loãng nhiệt. Dựa theo nghiên cứu này, chúng tôi lấy mốc phần trăm sai số dưới 30% là ngưỡng đạt được sự tương đồng giữa hai giá trị đo.

Các cá thể có chỉ số nhân trắc khác nhau sẽ có ngưỡng CO bình thường khác nhau nên rất khó để đánh giá trong khi thăm dò hoặc can thiệp hồi sức. Vì vậy, trong nghiên cứu này, chúng tôi đã lựa chọn thăm dò chỉ số tim (CI) được tính bằng công thức  $CI = CO / \text{diện tích da}$ . Chỉ số tim cho phép chuẩn hoá thông số cung lượng tim của từng bệnh nhân với mục đích đưa ra một con số trung bình và khoảng giá trị bình thường cụ thể hơn ( $2,5 \rightarrow 4$  L/phút/ $m^2$ ) để dễ dàng tiến hành các can thiệp hồi sức khi cần thiết.

Chỉ số tim (CI) đo bằng phương pháp EC và TD được so sánh sau mổ trong nghiên cứu của chúng tôi được lấy ở các thời điểm được xác định trước, bao gồm: thời điểm sau khi lắp xong cả hai thiết bị; sau khi ngừng tuần hoàn ngoài

cơ thể; sau khi bệnh nhân về khu hồi sức; các thời điểm tại khu hồi sức giờ thứ 1, 6, 12, 24, 48; các thời điểm trước và sau khi sử dụng các biện pháp can thiệp gồm bù dịch, điều chỉnh liều các thuốc trợ tim, vận mạch. Các chỉ số CI thu được ở hai phương pháp là tương quan mạnh và có ý nghĩa thống kê xuyên suốt nghiên cứu với hệ số tương quan  $r = 0,78$ , và  $p < 0,01$  (Bảng 1). Phần trăm sai số 16,6% trong đánh giá tương đồng là được chấp nhận dựa theo kết quả phân tích gộp của Critchley và cộng sự ( $\leq 30\%$ ). Ngoài ra, chỉ có 3,3% số liệu nằm ở ngoài khoảng giới hạn tương đồng (Biểu đồ 1). Do đó, có thể kết luận hai phương pháp này có thể được sử dụng thay thế nhau để đo chỉ số tim. Kết quả này tương đồng với các tác giả Vishwas Malik với phần trăm sai số 3,59%, Gujjar với phần trăm sai số 26,4%.<sup>5,10</sup>

Ngược lại, Heringlake và cộng sự lại cho thấy sự tương quan kém về CI giữa hai phương pháp trong mổ.<sup>11</sup> Điều này có thể giải thích bởi sự nhiễu tín hiệu điện gây ra bởi các thiết bị sử dụng nguồn điện trong mổ làm ảnh hưởng đến việc thu phát tín hiệu của các điện cực của máy EC. Kết quả tương tự ở nghiên cứu của Tomaske và cộng sự, và Petter và cộng sự lần lượt trên những bệnh nhân có bệnh về bất thường cấu trúc tim hoặc bệnh tăng áp lực động mạch phổi.<sup>12,13</sup> Van der Meer và cộng sự cho thấy tương quan yếu giữa TD và EC khi đo CO ở bệnh nhân béo. Do đó, chúng tôi đưa những tiêu chí này vào mục tiêu chuẩn loại trừ của nghiên cứu.<sup>14</sup>

Biến thiên thể tích nhất bóp (SVV) đo được ở hai phương pháp là có sự tương quan mạnh với hệ số  $r = 0,84$  và  $p < 0,01$  (Bảng 1). Tuy nhiên, khi đánh giá mức độ tương đồng, mặc dù chỉ có 5,4% số liệu nằm ngoài giới hạn tương đồng (Biểu đồ 2), chúng tôi phát hiện phần trăm sai số giữa hai phương pháp lên tới 53,0% (Bảng 2). Ngoài ra, hiện tại chúng tôi cũng chưa

thu thập được các nghiên cứu và phân tích gộp đủ lớn để đưa ra tiêu chuẩn kết luận sự tương đồng giữa hai phương pháp khi đo SVV. Do vậy, chúng tôi khuyến cáo các bác sĩ lâm sàng nếu sử dụng EC để tham khảo bù dịch theo SVV nên đánh giá thêm các dấu hiệu lâm sàng khác. Đặc biệt, dưới sự phát triển mạnh mẽ vai trò của siêu âm trong hồi sức, siêu âm tim và đánh giá thay đổi đường kính tĩnh mạch chủ dưới là các phương tiện phối hợp hữu ích trong việc đánh giá tình trạng thiếu dịch lòng mạch của bệnh nhân.

Đối với chỉ số SVRI, chúng tôi nhận thấy có sự tương quan mạnh mẽ ( $r = 0,835$ ,  $p < 0,001$ ) khi đo bằng hai phương pháp (Bảng 1). Độ tương đồng SVRI của cả hai phương pháp cũng được chấp thuận trên lâm sàng với phần trăm sai số thấp (17,9%) (Bảng 2). Biểu đồ Bland - Altman cho thấy 5,0% số liệu nằm ngoài khoảng giới hạn tương đồng (Biểu đồ 3). Qua kết quả của nghiên cứu này, chúng tôi nhận thấy có thể sử dụng EC thay thế cho TD để theo dõi SVRI trên lâm sàng cho các bệnh nhân sau phẫu thuật tim hở.

Như vậy, kết quả nghiên cứu cho thấy sự chênh lệch khá cao của hai phương pháp đo, với các trị số phần trăm sai khác là 16,6%, 53,0%, và 17,9%. Sự khác biệt này có thể do một số yếu tố gây nhiễu sau:

- + Một số thời điểm máy EC bị nhiễu điện từ do các nguồn điện của các thiết bị theo dõi không được nối đất. Điều này đã được giải quyết bằng nối đất cho máy EC.

- + Ở bệnh nhân béo phì, tổ chức mỡ dày cũng có thể ảnh hưởng đáng kể đến sự thu phát xung điện của các điện cực.

- + Kết quả đo EC hay thay đổi với vị trí dán điện cực, thân nhiệt và độ ẩm vùng da tương ứng của bệnh nhân. Bởi các yếu tố này liên quan trực tiếp đến tính dẫn điện của cơ thể. Do đó, người bệnh cần được lưu ý giữ ở nhiệt

độ phòng phù hợp, tránh tăng tiết mồ hôi cũng như không thay đổi vị trí điện cực khi thay hay vệ sinh cho người bệnh.

## V. KẾT LUẬN

Sự phức tạp của huyết động không thể chỉ đánh giá qua các chỉ số cơ bản như huyết áp, tần số tim, áp lực tĩnh mạch trung ương. Thăm dò huyết động chuyên sâu không thể thiếu chỉ số cung lượng tim để giúp phản ánh bộ mặt thật của huyết động, từ đó xác định được yếu tố nào thật sự đang bị rối loạn để đưa ra các can thiệp chính xác và kịp thời. Đo cung lượng tim điện học là một trong những phương pháp hứa hẹn đem lại thông tin chính xác và an toàn hơn cho bệnh nhân. Nghiên cứu của chúng tôi cho thấy phương pháp điện học có thể cung cấp chỉ số tim, sức cản mạch toàn thân với độ chính xác có thể chấp nhận để theo dõi bệnh nhân sau phẫu thuật tim hở nói riêng và trên lâm sàng nói chung, khi mà các phương pháp xâm lấn không có sẵn hoặc cần tránh thực hiện.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Mathews L, Singh RKK. Swan-Ganz Catheter in Hemodynamic Monitoring. *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology*. 2006;22(4).
2. Schirmer U. Pulmonary artery catheter in anaesthesia and intensive care medicine. *Anaesthetist*. 2007;56(3):273-5; author reply 276, 278-80. doi: <http://doi.org/10.1007/s00101-007-1139-3>.
3. Binanay C, Califf RM, Hasselblad V, et al. Evaluation study of congestive heart failure and pulmonary artery catheterization effectiveness: The ESCAPE trial. *JAMA*. 2005;294(13):1625-1633. doi: <http://doi.org/10.1001/jama.294.13.1625>.
4. Appel PL, Kram HB, Mackabee J, et al. Comparison of measurements of cardiac output by bioimpedance and thermodilution

in severely ill surgical patients. *Crit Care Med*. 1986;14(11):933-935. doi: <http://doi.org/10.1097/00003246-198611000-00004>.

5. Malik V, Subramanian A, Chauhan S, et al. Correlation of electric cardiometry and continuous thermodilution cardiac output monitoring systems. *World Journal of Cardiovascular Surgery*. 2014;04(07):101-108. doi: <http://doi.org/10.4236/wjcs.2014.47016>.
6. Soliman R. Prediction of fluid status and survival by electrical cardiometry in septic patients with acute circulatory failure. *The Egyptian Journal of Critical Care Medicine*. 2017;5(2):65-68. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejccm.2017.03.001>.
7. Critchley LA, Critchley JA. A meta-analysis of studies using bias and precision statistics to compare cardiac output measurement techniques. *Journal of clinical monitoring and computing*. 1999;15(2):85-91.
8. Mackenzie JD, Haites NE, Rawles JM. Method of assessing the reproducibility of blood flow measurement: Factors influencing the performance of thermodilution cardiac output computers. *Heart*. 1986;55(1):14-24. doi: <http://doi.org/10.1136/hrt.55.1.14>.
9. Stetz CW, Miller RG, Kelly GE, et al. Reliability of the thermodilution method in the determination of cardiac output in clinical practice. *American Review of Respiratory Disease*. 1982;126(6):1001-1004.
10. Shoemaker WC, Belzberg H, Wo CC, et al. Multicenter study of noninvasive monitoring systems as alternatives to invasive monitoring of acutely ill emergency patients. *Chest*. 1998;114(6):1643-1652.
11. Heringlake M, Handke U, Hanke T, et al. Lack of agreement between thermodilution and electrical velocimetry cardiac output measurements. *Intensive Care Medicine*. 2007;33(12):2168-2172.

12. Tomaske M, Knirsch W, Kretschmar O, et al. Cardiac output measurement in children: comparison of Aesculon cardiac output monitor and thermodilution. *British journal of anaesthesia*. 2008;100(4):517-520.
13. Petter H, Erik A, Björn E, et al. Measurement of cardiac output with non-invasive Aesculon impedance versus thermodilution. *Clinical physiology and functional imaging*. 2011;31(1):39-47.
14. Van Der Meer B, VRIES JMD, Schreuder W, et al. Impedance cardiography in cardiac surgery patients: Abnormal body weight gives unreliable cardiac output measurements. *Acta anaesthesiologica scandinavica*. 1997;41(6):708-712.

## Summary

### THE RELEVANCE OF THE CARDIAC OUTPUT INDICES MEASURED BY ELECTRICAL CARDIOMETRY VERSUS THERMODILUTION IN PATIENTS AFTER OPEN-HEART SURGERY

Objective: Non-invasive cardiac output measurement can replace invasive clinical methods. The study was conducted to investigate the correlation and the agreement of the cardiac output indices (cardiac index, stroke volume variation, and systemic vascular resistance index) measured by the non-invasive method Electrical Cardiometry (EC) compared with the invasive method Thermodilution (TD). 240 pairs of data were obtained from 15 patients; the correlation coefficients of these indices from the two methods calculated were 0.78, 0.84, and 0.84 respectively ( $p < 0.01$ ). The Bland-Altman analysis reveals the percentage error of these indices between the two methods was 16.6%, 53.0%, and 17.9%, respectively. Therefore, there is a strong correlation between the two methods. The agreement between EC and TD is clinically acceptable and these two techniques can be used interchangeably when measuring cardiac index and systemic vascular resistance index, but more studies are needed to be able to conclude about the relevance when measuring stroke volume variation.

**Keywords:** electrical cardiometry, thermodilution, cardiac index, cardiac output, stroke volume variation, systemic vascular resistance index.