

ĐẶC ĐIỂM TỔN THƯƠNG THẬN CẤP Ở BỆNH NHÂN PHẪU THUẬT TIM HỞ TẠI BỆNH VIỆN QUÂN Y 103

Vũ Đức Thắng¹, Nguyễn Thế Kiên^{1*}

Tóm tắt

Mục tiêu: Nhận xét một số đặc điểm tổn thương thận cấp (acute kidney injury - AKI) ở bệnh nhân (BN) phẫu thuật tim hở có sử dụng tuần hoàn ngoài cơ thể (THNCT). **Phương pháp nghiên cứu:** Nghiên cứu hồi cứu, mô tả loạt ca bệnh, không đối chứng trên 231 BN được phẫu thuật tim hở tại Bệnh viện Quân y 103 từ tháng 6/2018 - 10/2025. **Kết quả:** Có 231 BN, độ tuổi trung bình là $58,4 \pm 13,8$. Tỷ lệ AKI là 67,5%; trong đó 54,5% độ I; 11,7% độ II và 1,3% độ III. BN AKI có độ tuổi cao, nguy cơ phẫu thuật, nồng độ ure, thời gian cấp động mạch chủ (ĐMC), thời gian tuần hoàn ngoài cơ thể (THNCT), truyền khối hồng cầu cao hơn ($p < 0,05$) và chức năng tim, mức lọc cầu thận (MLCT) kém hơn so với nhóm không AKI. **Kết luận:** AKI là biến chứng thường gặp sau phẫu thuật tim hở, tuy chủ yếu ở mức độ nhẹ nhưng làm tăng chi phí và thời gian điều trị cho người bệnh đáng kể.

Từ khóa: Tổn thương thận cấp; Phẫu thuật tim hở; Tuần hoàn ngoài cơ thể.

CHARACTERISTICS OF ACUTE KIDNEY INJURY IN PATIENTS UNDERGOING OPEN-HEART SURGERY AT MILITARY HOSPITAL 103

Abstract

Objectives: To evaluate characteristics of acute kidney injury (AKI) in patients undergoing open-heart surgery with cardiopulmonary bypass (CPB). **Methods:** A retrospective, descriptive case series, uncontrolled study was conducted on 231 patients who underwent open-heart surgery at Military Hospital 103 from June 2018 to October 2025. **Results:** A total of 231 patients were included, with a mean age of 58.4 ± 13.8 . The incidence of AKI was 67.5%, of which 54.5% at stage 1, 11.7% at stage 2, and 1.3% at stage 3. Patients in the AKI group had significantly higher age,

¹Bệnh viện Quân y 103, Học viện Quân y

*Tác giả liên hệ: Nguyễn Thế Kiên (thekien103@gmail.com)

Ngày nhận bài: 23/12/2025

Ngày được chấp nhận đăng: 21/01/2026

<http://doi.org/10.56535/jmpm.v51i2.1811>

surgical risk scores, urea levels, aortic cross-clamp time, and CPB duration compared to the non-AKI group ($p < 0.05$). Furthermore, the AKI group exhibited poorer cardiac function, lower glomerular filtration rate, and required more red blood cell transfusions ($p < 0.05$). **Conclusion:** AKI is a common complication following open-heart surgery, primarily occurring at a mild stage of severity. However, it significantly increases treatment costs due to prolonged ICU and postoperative hospital stays.

Keywords: Acute kidney injury; Open-heart surgery; Cardiopulmonary bypass.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Tổn thương thận cấp là hội chứng được đặc trưng bởi tình trạng suy giảm nhanh chóng chức năng thận, làm mất khả năng đào thải nước tiểu và duy trì sự cân bằng nội môi trong cơ thể. Tỷ lệ AKI chiếm từ 2 - 40% ở BN phẫu thuật tim hở phụ thuộc vào loại phẫu thuật. Đặc biệt tỷ lệ tử vong chiếm 60% ở nhóm BN AKI phải điều trị thay thế thận so với chỉ 2 - 6% BN phẫu thuật tim chung [1, 2]. Mặt khác, tỷ lệ AKI của các nghiên cứu là không đồng nhất, phụ thuộc vào tiêu chuẩn chẩn đoán và quần thể mẫu nghiên cứu. Xuất phát từ thực tiễn đó, chúng tôi tiến hành nghiên cứu nhằm: *Nhận xét một số đặc điểm AKI ở BN phẫu thuật tim hở có sử dụng THNCT.*

ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Đối tượng nghiên cứu

Gồm 231 BN được phẫu thuật tim hở tại Bệnh viện Quân y 103 từ tháng 6/2018 - 10/2025.

* *Tiêu chuẩn lựa chọn:* BN phẫu thuật tim hở không phân biệt độ tuổi, giới tính; BN đủ hồ sơ nghiên cứu.

* *Tiêu chuẩn loại trừ:* BN phẫu thuật tim từ các bệnh viện khác chuyển đến; BN mắc bệnh thận mạn tính trước phẫu thuật cần phải điều trị thay thế thận; BN có dị tật hệ tiết niệu; BN tử vong sớm không đánh giá đầy đủ mức độ AKI tại các thời điểm.

2. Phương pháp nghiên cứu

* *Thiết kế nghiên cứu:* Nghiên cứu hồi cứu, mô tả loạt ca bệnh, không đối chứng.

* *Cỡ mẫu nghiên cứu*: Sử dụng công thức tính cỡ mẫu cho nghiên cứu ước lượng 1 tỷ lệ:

$$n = \frac{pqZ^2(1 - \alpha/2)}{d^2}$$

Trong đó:

$$Z_{1-\alpha/2} = 1,96 (\alpha = 0,05),$$

d là sai số mong muốn, lấy ở mức 6%. Lấy giá trị trung bình $p = 20\%$ là tỷ lệ AKI theo tiêu chuẩn KDIGO;

$$q = 1 - p.$$

Tính ra được cỡ mẫu nghiên cứu tối thiểu là 171 BN.

* *Chỉ tiêu đánh giá*: Đặc điểm trước phẫu thuật về độ tuổi, giới tính, chỉ số nhân trắc, các bệnh kèm theo, mức độ suy tim, chức năng tim trên siêu âm, xét nghiệm nồng độ ure, creatinine, (MLCT) được thu thập. Sau mổ đánh giá các thời điểm ngay khi BN về phòng hồi sức (T1), ngày thứ 1 (T2), ngày thứ 2 (T3) và ngày thứ 3 (T4). Các xét nghiệm sau phẫu thuật được lấy tương ứng với thời điểm đánh giá. Chẩn đoán AKI theo Tiêu chuẩn KDIGO (2012) dựa trên sự biến đổi creatinine máu, tiêu chuẩn số lượng nước tiểu khó theo dõi và không chính xác nên không sử dụng trong nghiên cứu [3]. Chẩn đoán AKI theo Tiêu chuẩn KDIGO (2012) cho thấy tăng creatinine

máu $\geq 0,3$ mg/dL ($\geq 26,5$ $\mu\text{mol/L}$) hoặc tăng $\geq 1,5$ lần trong 48 giờ hoặc tăng creatinine máu $\geq 1,5$ lần giá trị nền trong vòng 7 ngày hoặc lượng bài niệu $< 0,5$ mL/kg/giờ trong 6 giờ. Phân độ AKI theo Tiêu chuẩn KDIGO (2012) bao gồm: Độ I: Creatinine tăng $\geq 1,5$ lần hoặc $\geq 0,3$ mg/dL; độ II: Creatinine tăng ≥ 2 lần; độ III: Creatinine máu tăng ≥ 3 lần hoặc ≥ 4 mg/dL (353,6 $\mu\text{mol/L}$) hoặc BN phải thẩm phân máu, hoặc BN < 18 tuổi có giảm eGFR < 15 mL/phút/1,73m².

Điểm STS: BN được đánh giá nguy cơ phẫu thuật theo thang điểm STS trên nền tảng web (<https://acsdriskcalc.research.sts.org>).

* *Xử lý số liệu*: Thu thập theo mẫu bệnh án, nhập số liệu bằng phần mềm Microsoft Excel 2019. Xử lý số liệu với phần mềm thống kê SPSS 22.0. Tính giá trị trung bình (\bar{X}), tỷ lệ phần trăm (%), test χ^2 để so sánh 2 tỷ lệ, independent T-test để so sánh 2 giá trị trung bình. Mức có ý nghĩa thống kê được xác định với $p < 0,05$.

3. Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện theo đúng quy định trong nghiên cứu của Bệnh viện Quân y 103. Số liệu nghiên cứu được Bệnh viện Quân y 103 cho phép sử dụng và công bố. Nhóm tác giả cam kết không có xung đột lợi ích trong nghiên cứu.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

231 BN phẫu thuật tim được chọn vào nghiên cứu, với độ tuổi trung bình là 58,4 ± 13,8; có 156 BN (67,5%) xuất hiện AKI.

Bảng 1. Đặc điểm chung BN trước mổ.

Đặc điểm	Chung (n = 231)	AKI (n = 156)	Không AKI (n = 75)	p
Tuổi (năm), $\bar{X} \pm SD$	58,4 ± 13,8 (13 - 80)	60,8 ± 11,3	53,3 ± 16,9	0,001
Nam giới, n (%)	131 (56,7)	90 (57,7)	41 (54,7)	0,673
BMI (kg/m ²), $\bar{X} \pm SD$	21,5 ± 2,8 (15,2 - 33,5)	21,5 ± 2,8	21,5 ± 3,0	0,931
BSA (m ² da), $\bar{X} \pm SD$	1,6 ± 0,2 (1,0 - 2,0)	1,6 ± 0,2	1,5 ± 0,2	0,546
Bệnh kèm theo, n (%)				
THA	102 (44,2)	72 (46,2)	30 (40,0)	0,378
ĐTĐ	38 (16,5)	27 (17,3)	11 (14,7)	0,612
ĐQN	38 (16,5)	33 (21,2)	5 (6,7)	0,005
STMT	10 (4,3)	9 (5,8)	1 (1,3)	0,121
NYHA, n (%)				
Độ I, II	173 (74,9)	114 (73,1)	59 (78,7)	0,345
Độ III, IV	58 (25,1)	42 (26,9)	16 (21,3)	
EF (%), $\bar{X} \pm SD$	62,2 ± 12,0 (20 - 86)	61,2 ± 12,9	64,3 ± 9,6	0,039
Điểm STS (%), $\bar{X} \pm SD$	2,5 ± 1,9 (0,4 - 15,0)	2,7 ± 2,0	2,1 ± 1,7	0,021

(BMI: Chỉ số cơ thể; BSA: Diện tích da; THA: Tăng huyết áp; ĐTĐ: Đái tháo đường; ĐQN: Đột quy não; STMT: Suy thận mạn tính; NYHA: Phân độ suy tim; EF: Phân suất tổng máu; Điểm STS: Yếu tố nguy cơ phẫu thuật)

Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về giới tính, BMI, diện tích da, bệnh kèm theo, mức độ suy tim giữa 2 nhóm. Nhóm AKI có độ tuổi trung bình và yếu tố nguy cơ phẫu thuật cao hơn, trong khi phân suất tổng máu thất trái thấp hơn so với nhóm không AKI.

Bảng 2. Đặc điểm xét nghiệm máu BN trước phẫu thuật.

Đặc điểm	AKI (n = 156)	Không AKI (n = 75)	p
Ure (mmol/L), $\bar{X} \pm SD$	8,2 ± 2,8	6,8 ± 2,2	0,001
Creatinine (μmol/L), $\bar{X} \pm SD$	94,2 ± 21,7	88,9 ± 18,4	0,069
MLCT (mL/phút), $\bar{X} \pm SD$	56,0 ± 18,6	63,4 ± 21,5	0,008
Glucose (mmol/L), $\bar{X} \pm SD$	6,1 ± 2,0	6,2 ± 2,6	0,802
Bạch cầu (G/L), $\bar{X} \pm SD$	7,1 ± 1,7	7,6 ± 2,3	0,079
HCT (%), $\bar{X} \pm SD$	39,9 ± 4,5	41,1 ± 5,1	0,057
Tiểu cầu (G/L), $\bar{X} \pm SD$	232,9 ± 63,5	240,3 ± 72,5	0,433
PRL, $\bar{X} \pm SD$	137,3 ± 95,5	126,5 ± 57,4	0,367
proBNP (pg/mL), $\bar{X} \pm SD$	1081,5 ± 1601,5	729,8 ± 1557,7	0,138
CRP (mg/L), $\bar{X} \pm SD$	8,0 ± 19,6	4,9 ± 12,9	0,351

Nhóm AKI có giá trị ure trước mổ cao hơn và MLCT thấp hơn có ý nghĩa thống kê so với nhóm không AKI.

Bảng 3. Đặc điểm liên quan đến phẫu thuật.

Đặc điểm	AKI (n = 156)	Không AKI (n = 75)	p
THNCT (phút), $\bar{X} \pm SD$	177,0 ± 59,3	149,9 ± 51,2	0,001
Cấp ĐMC (phút), $\bar{X} \pm SD$	129,6 ± 42,1	109,8 ± 38,3	0,001
Khối hồng cầu (mL), $\bar{X} \pm SD$	562,2 ± 207,6	499,3 ± 225,6	0,044
Plasma (mL), $\bar{X} \pm SD$	425,0 ± 132,5	412,0 ± 106,2	0,459
Tiểu cầu (mL), $\bar{X} \pm SD$	329,5 ± 120,2	330,5 ± 106,1	0,949

Nhóm AKI có thời gian cấp ĐMC, thời gian THNCT dài hơn và truyền nhiều khối hồng cầu hơn nhóm không AKI.

Bảng 4. Tỷ lệ phân độ AKI tại các thời điểm.

Thời điểm	AKI	AKI - I	AKI - II	AKI - III
T1, n (%)	76 (32,9)	73 (31,6)	3 (1,3)	0
T2, n (%)	139 (60,2)	112 (48,5)	25 (10,8)	2 (0,9)
T3, n (%)	66 (28,6)	55 (23,8)	10 (4,3)	1 (0,4)
T4, n (%)	31 (13,4)	26 (11,3)	4 (1,7)	1 (0,4)
Tổng	156 (67,5)	126 (54,5)	27 (11,7)	3 (1,3)

AKI gặp nhiều nhất tại thời điểm T2, sau đó giảm dần cho đến thời điểm T4. AKI độ I là chủ yếu (54,5%).

Bảng 5. Mối liên quan giữa AKI và kết quả điều trị.

Thời gian	AKI (n = 156)	Không AKI (n = 75)	p
Nằm hồi sức (ngày), $\bar{X} \pm SD$	2,5 \pm 1,8	2,0 \pm 1,5	0,040
Nằm viện sau mổ (ngày), $\bar{X} \pm SD$	18,9 \pm 7,2	16,9 \pm 5,6	0,024

AKI làm kéo dài thời gian nằm hồi sức và nằm viện sau phẫu thuật.

BÀN LUẬN

1. Đặc điểm AKI sau phẫu thuật tim hở

AKI là một trong các biến chứng thường gặp và có ý nghĩa tiên lượng quan trọng ở BN sau phẫu thuật tim hở. Trong nghiên cứu của chúng tôi trên 231 BN phẫu thuật tim hở có sử dụng THNCT, tỷ lệ AKI theo Tiêu chuẩn KDIGO (2012) là 67,5%. Kết quả này cao hơn đáng kể so với nhiều nghiên cứu đã công bố trên thế giới, thường dao động từ 20 - 40%, phụ thuộc vào đặc điểm chọn mẫu nghiên cứu, loại phẫu thuật và tiêu chuẩn chẩn đoán AKI được sử dụng [1, 2]. Theo phân tích gộp của Tseng và CS,

tỷ lệ AKI sau phẫu thuật tim trong quần thể nghiên cứu là 24,3% khi áp dụng Tiêu chuẩn KDIGO (2012) và theo dõi trong 7 ngày đầu sau mổ [4]. Nghiên cứu trên quy mô rất lớn của Wang và CS trên 35.337 BN phẫu thuật tim cho thấy tỷ lệ AKI là 34,0%, chủ yếu là giai đoạn 1 [5]. So sánh với các kết quả trên, tỷ lệ AKI trong nghiên cứu của chúng tôi cao hơn rõ rệt. Sự khác biệt này có thể được giải thích bởi một số nguyên nhân. Thứ nhất, nghiên cứu của chúng tôi chủ yếu thực hiện trên các BN phẫu thuật van tim phức tạp, là nhóm có nguy cơ AKI cao hơn so với phẫu thuật bắc cầu ĐMC - động mạch vành đơn thuần. Nghiên cứu

của Wang và CS cũng cho thấy tỷ lệ AKI cao hơn rõ rệt ở nhóm phẫu thuật van và phẫu thuật van tim kết hợp phẫu thuật bắc cầu ĐMC - động mạch vành so với phẫu thuật bắc cầu ĐMC - động mạch vành đơn thuần [5]. Thứ hai, thời gian THNCT và thời gian cấp ĐMC trong nghiên cứu của chúng tôi tương đối dài, đây là yếu tố nguy cơ quan trọng của AKI đã được khẳng định trong nhiều nghiên cứu [4, 6].

Mặc dù tỷ lệ AKI cao nhưng đa số BN thuộc AKI độ I (54,5%), trong khi AKI độ II chiếm 11,7% và AKI độ III chỉ chiếm 1,3%. So với các nghiên cứu trong nước, tỷ lệ AKI nặng (độ III) của chúng tôi thấp hơn đáng kể. Nghiên cứu của Lưu Xuân Võ và CS là 2,9% AKI độ III, của Ngô Đình Trung với 4,0% độ III (10 BN) [6, 7]. Báo cáo của Tseng và CS ghi nhận rằng hầu hết các trường hợp AKI sau phẫu thuật tim là giai đoạn I, trong khi tỷ lệ AKI nặng (giai đoạn II - III) và phải điều trị thay thế thận chiếm tỷ lệ thấp [4]. Tương tự, Wang và CS báo cáo tỷ lệ AKI giai đoạn III là 1,3% và tỷ lệ BN cần lọc máu sau mổ là 0,7%, rất tương đồng với kết quả của chúng tôi [5]. Điều này cho thấy mặc dù tỷ lệ AKI sau phẫu thuật tim hở thường cao, song phần lớn là các rối loạn chức năng thận thoáng qua, có khả năng hồi phục. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu đã chứng minh ngay cả AKI giai đoạn I cũng liên quan đến tăng nguy cơ tử vong, kéo dài thời gian nằm viện và giảm tiên lượng lâu dài [8]. Do đó, việc phát hiện

sớm và can thiệp kịp thời AKI, kể cả ở giai đoạn nhẹ, vẫn có ý nghĩa lâm sàng rất quan trọng.

Về thời điểm xuất hiện AKI, kết quả nghiên cứu cho thấy AKI xuất hiện nhiều nhất vào ngày thứ nhất sau phẫu thuật (60,2%), sau đó giảm dần vào các ngày tiếp theo. Điều này phù hợp với cơ chế bệnh sinh của AKI liên quan đến phẫu thuật tim, trong đó các yếu tố như thiếu máu - tái tưới máu thận, phản ứng viêm toàn thân, rối loạn huyết động và ảnh hưởng của THNCT đóng vai trò chủ yếu trong giai đoạn sớm sau mổ. Nghiên cứu của Tseng và CS cũng ghi nhận phần lớn các trường hợp AKI xảy ra trong những ngày đầu sau phẫu thuật, phản ánh tác động cấp tính của các yếu tố trong và ngay sau mổ [4]. Việc AKI giảm dần sau ngày thứ 2 - 3 cho thấy nhiều trường hợp bị rối loạn chức năng thận thoáng qua, có thể hồi phục khi tình trạng huyết động và tưới máu thận được cải thiện.

Nghiên cứu của chúng tôi cho thấy AKI liên quan chặt chẽ với kéo dài thời gian nằm hồi sức và thời gian nằm viện sau mổ. Nhóm BN AKI có thời gian nằm hồi sức và nằm viện dài hơn có ý nghĩa thống kê so với nhóm không AKI. Kết quả này phù hợp với nhiều nghiên cứu trước đó. Nghiên cứu của Wang và CS ghi nhận BN AKI có thời gian nằm hồi sức và nằm viện dài hơn đáng kể, ngay cả đối với AKI giai đoạn nhẹ [5]. Điều này cho thấy AKI không chỉ là biến cố sinh hóa đơn thuần mà phản ánh mức độ nặng của tình trạng toàn thân sau phẫu thuật tim.

2. Các yếu tố liên quan đến AKI ở BN phẫu thuật tim hở

Một số cơ chế tổn thương cơ bản chính liên quan đến sự phát triển của AKI bao gồm giảm tưới máu, tổn thương thiếu máu cục bộ - tái tưới máu, hoạt hóa thần kinh nội tiết, viêm, stress oxy hóa, độc tố thận và các yếu tố cơ học [9]. Các nghiên cứu gần đây đã tập trung vào việc điều tra các yếu tố nguy cơ lâm sàng liên quan đến AKI sau phẫu thuật tim. Tuy nhiên, các nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào các yếu tố nguy cơ trước phẫu thuật và hạn chế việc đưa vào các biến số trong phẫu thuật [2].

Trong nghiên cứu của chúng tôi, BN AKI có độ tuổi cao hơn và MLCT trước mổ thấp hơn so với nhóm không AKI. Tuổi cao là yếu tố nguy cơ được xác nhận rộng rãi trong mô hình dự đoán AKI của nhiều tác giả như Tseng và CS [4], Wang và CS [5], cũng cho thấy tuổi tăng làm tăng nguy cơ AKI một cách độc lập. Chức năng thận nền kém, thể hiện qua MLCT thấp và nồng độ ure máu cao trước mổ, làm giảm dự trữ chức năng thận và khiến thận dễ bị tổn thương hơn trước các stress phẫu thuật. Điều này phù hợp với sinh lý bệnh và được nhiều tác giả khẳng định.

Kết quả nghiên cứu cho thấy nhóm AKI có EF thất trái thấp hơn và điểm STS cao hơn, phản ánh tình trạng tim mạch nặng hơn trước phẫu thuật. Nghiên cứu của Wang và CS chứng minh NT-proBNP

- chỉ dấu của suy tim và tăng áp lực đổ đầy - là yếu tố dự báo mạnh mẽ AKI sau phẫu thuật tim [5]. Mặc dù trong nghiên cứu của chúng tôi, NT-proBNP chưa cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê nhưng xu hướng cao hơn ở nhóm AKI vẫn gợi ý vai trò của suy tim trong cơ chế AKI.

Một trong những phát hiện quan trọng trong nghiên cứu của chúng tôi là thời gian THNCT và thời gian cấp ĐMC dài hơn có liên quan chặt chẽ với AKI. Đây là yếu tố nguy cơ đã được khẳng định trong nhiều nghiên cứu. Tseng và CS cho thấy các biến số trong mổ, đặc biệt là liên quan đến THNCT, có giá trị dự đoán AKI cao [4]. Wang và CS cũng ghi nhận thời gian THNCT và thời gian cấp ĐMC dài làm tăng nguy cơ AKI [5]. Cơ chế chính được giải thích là THNCT gây giảm tưới máu thận, tưới máu không mạch đập, kích hoạt phản ứng viêm toàn thân và tan máu, tất cả đều góp phần gây tổn thương ống thận cấp.

Nghiên cứu của chúng tôi cho thấy nhóm AKI được truyền nhiều khối hồng cầu hơn so với nhóm không AKI. Truyền máu là yếu tố nguy cơ đã được nhiều tác giả ghi nhận. Tseng và CS xác định truyền hồng cầu trong mổ là một trong ba yếu tố ảnh hưởng mạnh nhất đến nguy cơ AKI [4]. Truyền máu có thể làm tăng phản ứng viêm, rối loạn vi tuần hoàn và stress oxy hóa, từ đó thúc đẩy tổn thương thận.

KẾT LUẬN

Tỷ lệ AKI ở BN phẫu thuật tim hở còn cao (67,5%), chủ yếu ở mức độ I (54,5%). AKI liên quan đến tuổi cao, chức năng tim kém, điểm nguy cơ phẫu thuật cao, MLCT thấp, thời gian THNCT và kẹp ĐMC kéo dài, cũng như nhu cầu truyền máu nhiều hơn. Tình trạng này làm kéo dài thời gian nằm ICU và thời gian nằm viện sau mổ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury. *Nephron Clin Pract.* 2012; 120(4):c179-184.
2. Dimopoulos S, et al. Incidence and peri-operative risk factors for development of acute kidney injury in patients after cardiac surgery: A prospective observational study. *World J Clin Cases.* 2023; 11(16):3791-3801.
3. Wang XD, et al. The incidence, risk factors, and prognosis of acute kidney injury in patients after cardiac surgery. *Front Cardiovasc Med.* 2024; 11:1396889.
4. Tseng PY, et al. Prediction of the development of acute kidney injury

following cardiac surgery by machine learning. *Crit Care.* 2020; 24(1):478.

5. Wang C, et al. Prediction of acute kidney injury after cardiac surgery from preoperative N-terminal pro-B-type natriuretic peptide. *Br J Anaesth.* 2021; 127(6):862-870.
6. Lưu Xuân Võ, Nguyễn Thanh Huyền, Nguyễn Thu Duyên và CS. Tổn thương thận cấp sau phẫu thuật tim sử dụng THNCT. *Tạp chí Nghiên cứu Y học.* 2021; 147(11):228-235.
7. Ngô Đình Trung. Nghiên cứu giá trị chẩn đoán của chuẩn KDIGO, RIFLE, AKIN, cystatin C huyết thanh và các yếu tố nguy cơ dự báo tổn thương thận cấp sau mổ tim mở. *Luận án Tiến sĩ Y học,* Viện Nghiên cứu Khoa học Y Dược 108. 2020.
8. Hobson CE, et al. Acute kidney injury is associated with increased long-term mortality after cardiothoracic surgery. *Circulation.* 2009; 119(18):2444-2453.
9. Wang Y and R Bellomo. Cardiac surgery-associated acute kidney injury: Risk factors, pathophysiology and treatment. *Nat Rev Nephrol.* 2017; 13(11):697-711.