Original Article • นิพนธ์ต้นฉบับ

# ปัจจัยที่สัมพันธ์และระบบคะแนนความเสี่ยงอย่างง่ายสำหรับการเสียชีวิตในโรงพยาบาลหลังผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจ

สุวิมลทิพย์ เธียรประธาน, วรัญญา เสริมเกษมสิน, ดำริ เศรษฐจินดา, ธิดารัตน์ อริยานุชิตกุล
*กลุ่มงานวิสัญญีวิทยา โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา นครราชสีมา 30000 ประเทศไทย*

# Associated Factors and Simple Preoperative Risk Score for In-hospital Mortality Following Coronary Artery Bypass Graft

Suwimonthip Thienpratharn, Waranya Sermkasemsin, Damri Srethajinda, Thidarat Ariyanuchitkul
*Department of Anesthesiology, Maharat Nakhonratchasima Hospital, Nakhonratchasima 30000, Thailand*

## Abstract

**Introduction:** Myocardial infarction is the most common cause of acute sudden death worldwide. The standard treatment is coronary artery bypass graft (CABG), with an overall in-hospital mortality rate of 2.5% to 12.5%. The objective of the study is to describe the associated factors and simple preoperative risk score for in-hospital mortality following CABG.

**Methods:** A retrospective case-control study was conducted between January 1, 2016, and December 31, 2021. Medical records were collected. Multivariable logistic regression was used to explore for potential risk factors. The selected logistic coefficients were transformed into risk-based scoring system.

**Results:** A total of 255 cases were included in analysis and predictive model development, 51 in in-hospital mortality group and 204 in survivals group. The factors associated with mortality included age >80 years, combined aortic surgery, ACC time >120 min, preoperative

## บทคัดย่อ

**บทนำ:** ภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด เป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 1 ของโลก ปัจจุบันมาตรฐานในการรักษา คือ การผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจ ซึ่งมีอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลร้อยละ 2.5-15 วัตถุประสงค์ของการศึกษา เพื่อหาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเสียชีวิตในโรงพยาบาล และระบบคะแนนประเมินความเสี่ยง

**วิธีการศึกษา:** การศึกษาย้อนหลังแบบมีกลุ่มควบคุม รวบรวมข้อมูลผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจในโรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2564 วิเคราะห์โดยวิธี multivariable logistic regression จากนั้นใช้ logistic coefficients เป็นตัวปรับฐานคะแนนความเสี่ยง

**ผลการศึกษา:** ผู้ที่ได้รับการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจ 255 ราย เสียชีวิตในโรงพยาบาล 51 ราย รอดชีวิต 204 ราย ปัจจัยที่เพิ่มอัตราเสียชีวิตในโรงพยาบาลมีดังนี้ อายุ >80 ปี combined aortic surgery, ACC time >120 นาที preoperative alb <3.5 ก/ดล และ IMA graft สร้างคะแนนประเมินความเสี่ยงต่ออัตราเสียชีวิตในโรงพยาบาลจากปัจจัย อายุ CHF preoperative albumin และ aortic disease ได้คะแนนอยู่ในช่วง

*Correspondence to: Suwimonthip Thienpratharn, E-mail: suwi.kae@gmail.com*
*Received October 29, 2023, Revised August 7, 2024, Accepted August 7, 2024*

albumin <3.5 g/dL, and IMA graft. Preoperative factors including age, CHF, aortic disease and serum albumin were used to develop the score-based model with showing AuROC of 0.75 (95% CI 0.67-0.83). The scoring system ranged from 0 to 8.5 was classified into 3 subcategories. The likelihood ratio of positive for in-hospital mortality was 0.17 (95% CI 0.02-0.68) in the low risk, 1.02 (95% CI 0.77-1.34) in the moderate risk, and 4.61 (95% CI 1.94-10.92) in the high-risk category.

**Conclusion:** A simple risk scoring system may help care providers become aware of in-hospital mortality. Patients in the high-risk category should be informed about their risk and deserve closed observation and monitoring. The consideration of IMA graft utilization and minimizing ACC time may help to diminish mortality rates.

**Keywords:** coronary artery bypass graft, in-hospital mortality, myocardial infarction, risk factor

0-8.5 คะแนน (AuROC of 0.75, 95% CI 0.67-0.83) แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ความเสี่ยงต่ำ (LHR+ 0.17, 95% CI 0.02-0.68) ความเสี่ยงปานกลาง (LHR+ 1.02, 95% CI 0.77-1.34) และความเสี่ยงสูง (LHR+ 4.61, 95% CI 1.94-10.92)

**สรุป:** ระบบคะแนนความเสี่ยงอย่างง่ายช่วยเพิ่มความตระหนักในการเกิดอัตราเสียชีวิตในโรงพยาบาล ผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงสูงควรได้รับทราบถึงความเสี่ยงของตนและควรเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิด การลดเวลา aortic cross clamp time ให้สั้นที่สุด และการพิจารณาใช้ IMA graft สามารถช่วยลดอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลได้

**คำสำคัญ:** การผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจ การเสียชีวิตในโรงพยาบาล กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด ปัจจัยเสี่ยง

## บทนำ

ภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดจากหลอดเลือดหัวใจอุดตันเป็นปัญหาสำคัญ ข้อมูลสถิติขององค์การอนามัยโลกในปี พ.ศ. 2563 พบว่ากลุ่มโรคหัวใจและหลอดเลือดเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 1ในประเทศสหรัฐอเมริกา[1] และทั่วโลก[2] มีผู้เสียชีวิตจากกลุ่มโรคนี้ประมาณ 17.9 ล้านคน โดยมีคนเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจเป็นจำนวนถึง 7.2 ล้านคน (ร้อยละ 12.2 ของสาเหตุการเสียชีวิตทั้งหมด) ข้อมูลของประเทศไทยมีอัตราการเสียชีวิตจากภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดคิดเป็นร้อยละ 12 โดยความรุนแรง อาการและอาการแสดงของโรค ขึ้นอยู่กับการตีบแคบของหลอดเลือด และ onset ของการเกิดโรค

การรักษาโรคนี้ประกอบด้วย การใช้ยา และการทำ revascularization โดยวัตถุประสงค์หลักของการทำ revascularization คือเพื่อให้ผู้ป่วยหายจากอาการเจ็บหน้าอก และลดอัตราการตายเฉียบพลันจากกล้ามเนื้อหัวใจตาย หัตถการในการเพิ่มเลือดไปยังหลอดเลือด coronary เพื่อ myocardial revascularization มีอยู่ 2 วิธีหลักด้วยกัน คือ percutaneous coronary intervention (PCI) และ coronary artery bypass grafting (CABG) การจะเลือกวิธีใดนั้นขึ้นกับความรุนแรงในการตีบตันของหลอดเลือด สภาวะและโรคประจำตัวของผู้ป่วย รวมถึงความถนัดและความพร้อมของแต่ละสถาบัน ที่ผ่านมามีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการทำ PCI กับ CABG และเป็นที่ยอมรับกันคือ SYNTAX trial[3] พบว่าการผ่าตัด CABG ยังคงเป็นวิธีการรักษา

มาตรฐานในผู้ป่วย CAD โดยเฉพาะกลุ่มที่มีความซับซ้อนทางกายวิภาคค่อนข้างสูง (SYNTAX score >22) พบว่าการทำ CABG ให้ผลดีกว่า PCI ชัดเจน ทั้งในเรื่องของการผ่าตัดซ้ำและอัตราการรอดชีวิต

ผู้ป่วยที่มีภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดที่เข้ารับการรักษาในศูนย์โรคหัวใจ โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2562 ได้รับการรักษาวิธี PCI เทียบกับ CABG คิดเป็น 14 ต่อ 1 (ในประเทศไทยโดยรวมมีสัดส่วนการทำหัตถการ PCI และ CABG เท่ากับ 6 ต่อ 1) มีอัตราการเสียชีวิตร้อยละ 4.8 โดยเสียชีวิตในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจร้อยละ 3.0 และเสียชีวิตหลังผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจร้อยละ 8.9 มีการศึกษาปัจจัยเสี่ยงและอัตราการเสียชีวิตมากมายในผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจ พบว่ามีอัตราการเสียชีวิตร้อยละ 2.5-15[4-7] ทั้งนี้จำนวนการผ่าตัดมีผลต่อ outcome[8,9]โดยสถาบันที่มีการผ่าตัดมากมี outcome ที่ดีกว่าสถาบันที่มีจำนวนการผ่าตัดน้อย[6] และสถาบันที่มีจำนวนการผ่าตัดน้อยมีอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลมากกว่า[4,7] ในขณะที่อายุงานของศัลยแพทย์ (<10 ปี) ไม่มีผลต่ออัตราการเสียชีวิตในผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจ[10]

ผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจ ณ ศูนย์โรคหัวใจ รพ.มหาราชนครราชสีมาในช่วงปี พ.ศ. 2554-2564 ทั้งหมด 1,088 คน เสียชีวิตในโรงพยาบาล 114 คน (ร้อยละ 10.5) ในอดีตมีการศึกษาปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลเพิ่มอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลหลังผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจมากมาย[4-7,11-18] การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเสียชีวิตในโรงพยาบาลหลังการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจของ รพ.มหาราชนครราชสีมา แล้วนำมาพัฒนา preoperative risk score อย่างง่าย เพื่อเพิ่มความตระหนักถึงปัจจัยเสี่ยงที่เพิ่มอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาล กระตุ้นให้เกิดการเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิด และให้การป้องกันรักษาได้อย่างถูกต้องเหมาะสมเพื่อลดอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลหลังการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจต่อไป

## วิธีการศึกษา

การศึกษาย้อนหลังแบบมีกลุ่มควบคุม คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้การทำ pilot study ในผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจในช่วงปี พ.ศ. 2562 จำนวน 20 คน นำข้อมูลที่ได้มาหาปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการเกิดการเสียชีวิตในโรงพยาบาล แล้วนำข้อมูลค่าเฉลี่ยและสัดส่วนของแต่ละตัวแปรดังกล่าวมาคำนวณขนาดตัวอย่างทีละตัวแปรด้วยวิธี two samples compare of mean 1 to mean 2 โดยยอมรับค่า type I error เท่ากับ 5% อำนาจการทดสอบ (power) เท่ากับ 90% และกำหนดค่า r เท่ากับ 2 คำนวณได้ขนาดตัวอย่างในกลุ่มที่เสียชีวิตจำนวน 51 คน และกลุ่มที่รอดชีวิตจำนวน 204 คน รวมเป็นขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 255 คน

เมื่อผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนโรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมาแล้ว เก็บข้อมูลย้อนหลังในผู้ป่วยทุกรายที่เข้ารับการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจ โรงพยาบาลมหาราช นครราชสีมา ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2564 จะถูกเลือกตัวอย่างกลุ่มเสียชีวิตมาทั้งหมดได้ 51 คน และเลือกตัวอย่างกลุ่มที่รอดชีวิตโดยวิธี time-matching โดยอัตราส่วนระหว่างกลุ่มเสียชีวิตต่อกลุ่มรอดชีวิตเป็น 1:4 ได้ตัวอย่างกลุ่มรอดชีวิตเป็น 204 คน รวมเป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 255 คน เก็บข้อมูลพื้นฐาน และปัจจัยที่อาจสัมพันธ์กับการเสียชีวิตในโรงพยาบาลดังต่อไปนี้ อายุ >80 ปี obesity (BMI >30 กก/ม$^2$) poor left ventricular ejection fraction (LVEF <35%) hypertension (HT: systolic blood pressure >140 มม.ปรอท และ/หรือ diastolic blood pressure >90 มม.ปรอท) diabetes mellitus (DM: fasting glucose >125 มก% หรือ normal on hypoglycemic therapy และ random plasma glucose >200 มก/ดล) acute kidney injury (AKI: serum creatinine rising >0.3 มก/ดล) chronic kidney disease (CKD: GFR <50 มล/นาที/1.73 ม$^2$ เป็นเวลา ≥3 เดือน), LM coronary

artery stenosis ≥50%, CAD (ลดลงของ arterial lumen diameter >70%) MI (significant ST segment changed in ECG หรือ elevated cardiac enzyme หรือ diagnosed in medical record) มีโรคหรือภาวะผิดปกติที่ลิ้นหัวใจ มีโรคหรือความผิดปกติที่หลอดเลือดแดงเอออต้า ชนิดการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจ การผ่าตัดร่วมลิ้นหัวใจ การผ่าตัดร่วมหลอดเลือดแดงเอออต้า การใส่เครื่องพยุงหัวใจและระบบไหลเวียนด้วยบอลลูน (intra-aortic balloon pump: IABP) การใช้เครื่องพยุงการทำงานของหัวใจและปอดเทียม (extracorporeal membrane oxygenation: ECMO) ภาวะแทรกซ้อนหลังผ่าตัด เช่น ปอดอักเสบติดเชื้อ ใช้เครื่องช่วยหายใจ >96 ชม การใส่ท่อช่วยหายใจนานเกิน 3 วัน การผ่าตัดซ้ำภายใน 48 ชม เนื่องจากภาวะเลือดออก การให้ส่วนประกอบของเลือดหลังผ่าตัดภายใน 48 ชม และ postoperative dialysis

วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการแจกแจงความถี่และร้อยละ เปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างกลุ่มโดยใช้ Chi-squared test หรือ Fisher's exact test ข้อมูลเชิงปริมาณนำเสนอโดยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD) หรือค่ากลาง (median, range) ข้อมูลต่อเนื่อง (continuous variables) ใช้การทดสอบ Student's t-test ใช้ univariable และ multivariable logistic regression และใช้ full-model ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเสียชีวิตในโรงพยาบาล จากนั้นนำปัจจัยมาสร้าง predicted preoperative mortality risk score อย่างง่ายเพื่อทำนายความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตในโรงพยาบาลโดยทดสอบ sensitivity และ specificity ด้วย AuROC curve โดยใช้ค่า P-value ของ Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit test >0.05 ถือว่า good fit และทดสอบความแม่นยำภายในด้วยการทำ Bootstrapping การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป STATA/MP 16.1 โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

## ผลการศึกษา

ผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจในโรงพยาบาลมหาราช นครราชสีมา ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2559 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2564 มีทั้งหมด 527 คน เสียชีวิตในโรงพยาบาล 51 คน คิดเป็นร้อยละ 9.7 (เฉลี่ย 8.5 คน/ปี) สาเหตุของการเสียชีวิตในโรงพยาบาลส่วนมากเกิดจาก major adverse cardiac events 25 ราย (ร้อยละ 49.0) ผู้เสียชีวิตทั้งหมด 51 คน และกลุ่มควบคุม 204 คน รวมทั้งหมด 255 คน มีอายุเฉลี่ย 65.4±9.0 ปี ส่วนมากเป็นเพศชาย 171 คน BMI เฉลี่ย 23.8±4 กก/ม$^2$ ส่วนใหญ่ได้รับการวินิจฉัยเป็น triple vessel disease (TVD) เป็น LM disease และมีโรคลิ้นหัวใจร่วม 112 คน นอกจากนี้ยังพบว่ามีภาวะและโรคร่วมอื่นๆ โดยข้อมูลพื้นฐานอื่นดังแสดงในตารางที่ 1 และข้อมูลระหว่างการผ่าตัดแสดงในตารางที่ 2

หลังผ่าตัดผู้ป่วยได้รับการดูแลที่หอผู้ป่วยวิกฤตโรคหัวใจพบว่า มีระยะเวลาการใส่ท่อช่วยหายใจเฉลี่ย 3.7±7.0 วัน อัตราการใส่ท่อช่วยหายใจซ้ำร้อยละ 11.2 ผู้ป่วยได้รับการเจาะคอร้อยละ 5.5 ได้รับการใส่ IABP ร้อยละ 19.2 ต้องใช้เครื่อง ECMO ร้อยละ1.6 ผ่าตัดซ้ำด้วยเหตุเลือดออกหลังผ่าตัดร้อยละ 5.1 ได้รับเลือดหรือส่วนประกอบของเลือดหลังผ่าตัดภายใน 48 ชม ร้อยละ 74.9 ในการศึกษานี้หลังผ่าตัดพบผู้ป่วยเป็นปอดอักเสบ 32 คน (ร้อยละ 12.6) ไตวายฉับพลัน 112 คน (ร้อยละ 43.9) ได้รับการฟอกไต 31 คน (ร้อยละ 12.2) มีภาวะแทรกซ้อนทางระบบประสาทส่วนกลาง 9 คน (ร้อยละ 3.5) และภาวะแทรกซ้อนอื่นดังแสดงในตารางที่ 3

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยวิธี univariable logistic regression พบว่า ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเสียชีวิตในโรงพยาบาลดังนี้ อายุ >80 ปี มีประวัติโรคหลอดเลือดแดงเอออต้า CHF, NYHA class IV, emergency surgery, previous PCI, previous MI within 14 days, preoperative Hct <30%, preoperative serum Alb <3.5 gm/dl ผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจมากกว่า 3 เส้น isolated CABG, IMA graft,

**ตารางที่ 1** Baseline demographic and clinical characteristics

| | In-hospital death (n=51) | Survivals (n=204) | *P*-value |
|---|---|---|---|
| Age (yr), mean±SD | 68.8±8.5 | 64.5±9.0 | 0.002* |
| Gender, n (%)<br>Male gender<br>Female | 30 (58.8)<br>21 (41.2) | 141 (69.1)<br>6 3 (30.9) | 0.162 |
| BMI (kg/m$^2$), mean±SD | 24.0±4.1 | 23.8±3.8 | 0.693 |
| Diagnosis, n (%<br>Single vessel disease<br>Double vessel disease<br>Triple vessel disease<br>Quadruple vessel disease<br>Others | 5 (9.8)<br>7 (13.7)<br>29 (56.9)<br>7 (13.7)<br>3 (5.9) | 27 (13.3)<br>22 (10.8)<br>108 (53.2)<br>46 (22.7)<br>0 | 0.006* |
| LM disease, n (%) | 23 (46.0) | 89 (43.8) | 0.783 |
| Combined VHD, n (%) | 27 (52.9) | 85 (41.7) | 0.147 |
| Combined aortic disease, n (%) | 6 (11.8) | 3 (1.5) | <0.001* |
| ASA physical status, n (%)<br>III<br>IV | <br>37 (74.0)<br>13 (26.0) | <br>171 (84.2)<br>32 (15.8) | 0.090 |
| Emergency surgery, n (%) | 6 (12.0) | 5 (2.5) | 0.003* |
| Preoperative LVEF (%), mean±SD | 49.4±14.7 | 49.4±18.2 | 0.994 |
| NYHA class IV, n (%) | 5 (12.5) | 7 (4.0) | 0.034* |
| Congestive heart failure, n (%) | 23 (45.1) | 41 (20.1) | <0.001* |
| Diabetes, n (%) | 23 (45.1) | 91 (44.6) | 0.950 |
| Hypertension, n (%) | 44 (86.3) | 172 (84.3) | 0.728 |
| Chronic kidney disease, n (%) | 21 (41.2) | 64 (31.4) | 0.184 |
| Peripheral vascular disease, n (%) | 0 | 3 (1.5) | 0.384 |
| Cerebrovascular disease, n (%) | 5 (9.8) | 18 (8.8) | 0.827 |
| Pulmonary disease, n (%) | 10 (19.6) | 20 (9.8) | 0.052 |
| Liver disease, n (%) | 4 (7.8) | 6 (3.0) | 0.109 |
| Preoperative history of PCI, n (%) | 7 (38.9) | 11 (61.1) | 0.038* |
| Previous cardiac surgery, n (%) | 0 | 1 (0.5) | 0.616 |

**ตารางที่ 1** Baseline demographic and clinical characteristics (ต่อ)

| | In-hospital death (n=51) | Survivals (n=204) | *P*-value |
|---|---|---|---|
| Previous MI within 14 days, n (%) | 15 (30.0) | 32 (16.0) | 0.023* |
| Pre-operative laboratory data, mean±SD | | | |
| Hct (%) | 35.6±5.5 | 37.5±4.9 | 0.019* |
| WBC count (x $10^3$cell/hpf) | 10.9±17.4 | 7.5±2.2 | 0.007* |
| Platelet count (x $10^3$cell/hpf) | 231.1±76.7 | 233.6±80.1 | 0.845 |
| Creatinine (mg/dl) | 1.4±1.3 | 1.3±1.2 | 0.439 |
| GFR (ml/min) | 56.4±22.3 | 67.5±24.5 | 0.008* |
| aPTT (sec) | 34.3±39.0 | 26.5±4.4 | 0.167 |
| INR | 1.1±0.2 | 1.1±0.6 | 0.989 |
| Albumin (gm/dl) | 3.5±0.6 | 3.8±0.5 | <0.001* |
| Preoperative hemodynamics, mean±SD | | | |
| Systolic blood pressure (mmHg) | 137.1±26.2 | 143.5±23.1 | 0.091 |
| Diastolic blood pressure (mmHg) | 72.2±12.4 | 77.6±12.0 | 0.005* |
| Heart rate (beats/min) | 86.4±19.3 | 76.5±17.6 | 0.001* |

**ตารางที่ 2** Intraoperative data

| | In-hospital death (n=51) | Survivals (n=204) | *P*-value |
|---|---|---|---|
| Types of operation, n (%) | | | |
| CABG 1 | 3 (5.9) | 23 (11.3) | 0.255 |
| CABG 2 | 9 (17.7) | 17 (8.3) | 0.049* |
| CABG 3 | 20 (39.2) | 53 (26.0) | 0.061 |
| CABG 4 | 19 (37.3) | 111 (54.4) | 0.028* |
| Isolated CABG | 29 (56.9) | 154 (75.5) | 0.008* |
| IMA graft | 14 (29.2) | 109 (56.2) | 0.001* |
| Combined valve surgery | 18 (35.3) | 45 (22.1) | 0.050 |
| Combined other surgery | | | <0.001* |
| Aortic surgery | 8 (15.7) | 3 (1.5) | |
| Repair cardiac chamber | 4 (7.8) | 0 | |
| Maze/pace maker | 2 (3.9) | 0 | |
| Anesthetic time (min), mean±SD | 431.6±111.1 | 391.9±81.3 | 0.022* |
| CPB time (min), mean±SD | 188.9±112.4 | 139.5±55.9 | 0.004* |
| CPB time >150 min, n (%) | 25 (50.0) | 56 (27.6) | 0.002* |
| ACC time (min), mean±SD | 120.5±74.2 | 91.4±28.7 | 0.009* |
| ACC time >120 min, n (%) | 16 (32.0) | 26 (12.9) | 0.001* |
| Surgeon experience < 5 yr, n (%) | 5 (9.8) | 16 (8.0) | 0.670 |

**ตารางที่ 2** Intraoperative data (ต่อ)

| | In-hospital death (n=51) | Survivals (n=204) | *P*-value |
|---|---|---|---|
| Pre-CPB ACT (sec), mean±SD | 126.2±17.0 | 125.1±14.6 | 0.663 |
| Post-CPB ACT (sec), mean±SD | 150.4±85.0 | 122.6±11.6 | 0.034* |
| Pre-CPB medication, n (%) | | | |
| Transamine | 45 (93.8) | 168 (83.6) | 0.072 |
| Dexamethasone | 30 (62.5) | 105 (52.2) | 0.200 |
| Post-CPB medication, n (%) | | | |
| Protamine | 35 (89.7) | 158 (99.4) | 0.001* |
| Chlorpheniramine | 43 (89.6) | 156 (82.5) | 0.235 |
| Ranitidine | 42 (87.5) | 151 (79.9) | 0.226 |
| Blood transfusion | | | |
| Pack red cell (unit), mean±SD | 4.1±3.0 | 3.0±1.7 | 0.020* |
| > 4, n (%) | 16 (32.7) | 32 (16.7) | 0.012* |
| Fresh frozen plasma (unit), mean±SD | 4.1±2.1 | 3.4±1.4 | 0.026* |
| > 4, n (%) | 15 (31.3) | 16 (8.3) | <0.001* |
| Platelet (unit), mean±SD | 2.4±2.3 | 2.0±2.0 | 0.224 |
| n (%) | 43 (87.8) | 172 (89.6) | 0.713 |
| Cryoprecipitate, mean±SD | 4.5±7.1 | 1.3±4.2 | 0.004* |
| n (%) | 16 (32.7) | 19 (9.9) | <0.001* |
| Autologous blood, n (%) | 4 (8.2) | 11 (5.7) | 0.517 |
| Inotropic agents used to wean off CBP, n (%) | | | |
| Nitroglycerine | 38 (74.5) | 186 (91.2) | 0.001* |
| Milrinone | 10 (19.6) | 16 (7.8) | 0.013* |
| Dobutamine | 28 (54.9) | 90 (44.1) | 0.167 |
| Dopamine | 24 (47.1) | 80 (39.2) | 0.308 |
| Adrenaline | 24 (47.1) | 24 (11.8) | <0.001* |
| Norepinephrine | 7 (2.8) | 3 (5.9) | 0.125 |

combined aortic surgery, CPB time >150 นาที ACC >120 นาที และการใช้ยา NTG, adrenaline, milrinone และ protamine (ตารางที่ 4) จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยวิธี stepwise multivariable logistic regression ได้ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเพิ่มอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลดังนี้ อายุ >80 ปี combined aortic surgery, ACC time >120 นาที preoperative alb <3.5 ก/ดล ส่วนการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจโดยการใช้ IMA graft สัมพันธ์กับการลดอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาล (OR 0.35, 95% CI 0.15-0.81) ดังแสดงในตารางที่ 5

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี multivariable logistic regression แบบ full model ได้ผลดังนี้ อายุ >80 ปี aortic disease, preoperative CHF และ preoperative alb <3.5 ก/ดล แสดงในตารางที่ 6 จากนั้นนำมาพัฒนา predicted preoperative mortality risk score ได้ผล 0-8.5 คะแนน แสดงในตารางที่ 7 โดยมีการทดสอบ sensitivity และ specificity ด้วยการใช้ AuROC ได้ 0.75 (95% CI 0.67-0.83) แสดงในรูปที่ 1 มีค่า P-value ของ Hosmer-Lemeshow

**ตารางที่ 3** Postoperative data and complications

| | In-hospital death (n=51) | Survivals (n=204) | *P*-value |
|---|---|---|---|
| Duration of intubation (days), mean±SD | 8.2±13.7 | 2.5±3.8 | 0.005* |
| > 3, n (%) | 24 (47.1) | 38 (19.0) | <0.001* |
| Respirator > 96 h, n (%) | 33 (64.7) | 57 (27.9) | <0.001* |
| Re-intubation, n (%) | 15 (30.0) | 13 (6.5) | <0.001* |
| Tracheostomy, n (%) | 9 (17.7) | 5 (2.5) | <0.001* |
| IABP, n (%) | 32 (62.8) | 17 (8.3) | <0.001* |
| ECMO, n (%) | 3 (5.9) | 1 (0.5) | 0.006* |
| Blood transfusion within 48 h, n (%) | 42 (82.4) | 149 (73.4) | 0.186 |
| Reoperation from bleeding, n (%) | 8 (15.7) | 5 (2.5) | <0.001* |
| Pneumonia, n (%) | 22 (43.1) | 10 (4.9) | <0.001* |
| Arrhythmia, n (%) | 36 (70.6) | 79 (38.7) | <0.001* |
| Acute kidney injury, n (%) | 44 (86.3) | 68 (33.3) | <0.001* |
| Dialysis, n (%) | 22 (43.1) | 9 (4.4) | <0.001* |
| Cardiac arrest/CPR, n (%) | 38 (74.5) | 9 (4.4) | <0.001* |
| Stroke/neurology, n (%) | 4 (7.8) | 5 (2.5) | 0.062 |
| Hospital stay (days), mean±SD | 26.2±28.0 | 17.8±20.3 | 0.048* |
| In-hospital mortality, n (%) | 51 (100.0) | 0 | <0.001* |

**ตารางที่ 4** Univariable logistic regression

| | Odds ratio | *P*-value | 95% Confidence interval | |
|---|---|---|---|---|
| **Preoperative data** | | | | |
| Age ≥ 80 yr | 8.93 | 0.003* | 2.153 | 37.073 |
| BMI < 18.5 kg/m$^2$ | 0.51 | 0.380 | 0.113 | 2.300 |
| BMI > 30 kg/m$^2$ | 1.46 | 0.489 | 0.500 | 4.259 |
| History of aortic disease | 8.93 | 0.003* | 2.153 | 37.073 |
| Preoperative CHF | 3.27 | <0.001* | 1.706 | 6.251 |
| NYHA class IV | 3.45 | 0.044* | 1.035 | 11.497 |

**ตารางที่ 4** Univariable logistic regression (ต่อ)

| | Odds ratio | *P*-value | 95% Confidence interval | |
|---|---|---|---|---|
| EF < 35% | 0.66 | 0.290 | 0.311 | 1.418 |
| LM disease | 1.09 | 0.280 | 0.783 | 0.586 |
| Underlying CKD | 1.53 | 0.186 | 0.815 | 2.879 |
| Emergency surgery | 5.40 | 0.007* | 1.577 | 18.492 |
| Preoperative history of PCI | 2.79 | 0.045* | 1.024 | 7.607 |
| Previous MI within 14 days | 2.25 | 0.026* | 1.103 | 4.592 |
| Hct < 30% | 2.79 | 0.045* | 1.024 | 7.607 |
| Preoperative serum alb < 3.5 gm/dl | 3.77 | <0.001* | 1.909 | 7.457 |
| GFR < 50 ml/min | 1.82 | 0.105 | 0.882 | 3.768 |
| Intraoperative data | | | | |
| CABG 2 | 2.36 | 0.055 | 0.983 | 5.652 |
| CABG 4 | 0.50 | 0.030* | 0.265 | 0.935 |
| Isolated CABG | 0.43 | 0.009* | 0.226 | 0.811 |
| IMA graft | 0.32 | 0.001* | 0.162 | 0.636 |
| Combined valve surgery | 1.93 | 0.052 | 0.993 | 3.739 |
| Combined aortic surgery | 14.49 | <0.001* | 4.047 | 51.856 |
| CPB time >150 min | 2.63 | 0.003* | 1.392 | 4.949 |
| ACC time >120 min | 3.17 | 0.002* | 1.537 | 6.527 |
| Surgeon experience < 5 yr | 1.26 | 0.671 | 0.438 | 3.609 |
| PRC transfusion > 4 units | 2.42 | 0.014* | 1.195 | 4.919 |
| FFP transfusion > 4 units | 5.00 | <0.001* | 2.255 | 11.089 |
| Cryoprecipitate transfusion | 4.41 | <0.001* | 2.060 | 9.460 |
| Platelet transfusion | 0.83 | 0.713 | 0.315 | 2.202 |
| NTG | 0.28 | 0.002* | 0.128 | 0.626 |
| Milrinone | 2.87 | 0.016* | 1.214 | 6.768 |
| Adrenaline | 6.63 | <0.001* | 3.307 | 13.292 |
| Protamine | 0.23 | <0.001* | 0.133 | 0.385 |

**ตารางที่ 5** Stepwise multivariable logistic regression

| | Odds ratio | *P*-value | 95% Confidence interval | |
|---|---|---|---|---|
| Age ≥ 80 yr | 13.19 | 0.010* | 1.849 | 94.047 |
| Preoperative CHF | 2.30 | 0.075 | 0.918 | 5.761 |
| Emergency surgery | 2.99 | 0.221 | 0.518 | 17.217 |
| History of PCI | 1.84 | 0.409 | 0.432 | 7.846 |
| Pre-operative albumin < 3.5 gm/dl | 2.96 | 0.015* | 1.236 | 7.082 |
| NTG | 0.36 | 0.058 | 0.127 | 1.035 |
| IMA graft | 0.35 | 0.014* | 0.152 | 0.808 |
| Isolated CABG | 1.23 | 0.676 | 0.467 | 3.229 |
| Combined aortic surgery | 5.44 | 0.036* | 1.113 | 26.604 |
| ACC time > 120 min | 3.56 | 0.011* | 1.330 | 9.539 |

**ตารางที่ 6** Multivariable logistic regression (Full model for preoperative variable)

| Preoperative factors | In-hospital mortality (n=51) | Survivals (n=204) | Odds ratio (95% CI) | *P*-value | ROC (95% CI) |
|---|---|---|---|---|---|
| Age > 60 yr, n (%) | 38 (74.5) | 104 (51.0) | 3.17 (1.19-8.41) | 0.021* | 0.62 (0.55-0.69) |
| BMI < 18.5 kg/m$^2$, n (%) | 2 (3.9) | 15 (7.4) | 0.14 (0.01-2.29) | 0.167 | 0.48 (0.45-0.51) |
| BMI > 30 kg/m$^2$, n (%) | 5 (9.8) | 14 (6.9) | 0.97 (0.16-5.87) | 0.975 | 0.51 (0.47-0.56) |
| LM disease, n (%) | 23 (46.0) | 89 (43.8) | 1.63 (0.65-4.05) | 0.294 | 0.51 (0.43-0.59) |
| EF < 35%, n (%) | 10 (20.0) | 55 (27.4) | 0.58 (0.20-1.72) | 0.329 | 0.46 (0.40-0.53) |
| History of aortic disease, n (%) | 6 (11.8) | 3 (1.5) | 11.74 (1.32-104.16) | 0.027* | 0.55 (0.51-0.60) |
| Previous MI within 14 days, n (%) | 15 (30.0) | 32 (16.0) | 0.60 (0.16-2.27) | 0.449 | 0.57 (0.50-0.64) |
| Emergency surgery, n (%) | 6 (12.0) | 5 (2.5) | 3.04 (0.36-26.09) | 0.310 | 0.55 (0.50-0.59) |
| NYHA class IV, n (%) | 5 (12.5) | 7 (12.5) | 0.74 (0.13-4.14) | 0.727 | 0.54 (0.49-0.60) |
| Preoperative CHF, n (%) | 23 (45.1) | 41 (20.1) | 3.57 (1.16-10.91) | 0.026* | 0.63 (0.55-0.70) |
| History of PCI, n (%) | 7 (13.7) | 11 (5.4) | 1.24 (0.22-7.12) | 0.807 | 0.54 (0.49-0.59) |
| Underlying CKD, n (%) | 21 (41.2) | 64 (31.4) | 0.64 (0.27-1.61) | 0.347 | 0.55 (0.47-0.62) |
| Hct < 30%, n (%) | 7 (13.7) | 11 (5.4) | 1.19 (0.24-5.92) | 0.829 | 0.54 (0.49-0.59) |
| Albumin < 3.5 g/dl, n (%) | 21 (42.9) | 32 (16.6) | 3.45 (1.21-9.90) | 0.021* | 0.63 (0.56-0.71) |

Area Under Receiver Operating Curve (ROC)

**ตารางที่ 7** Preoperative mortality risk score derivation using multivariable logistic regression coefficient

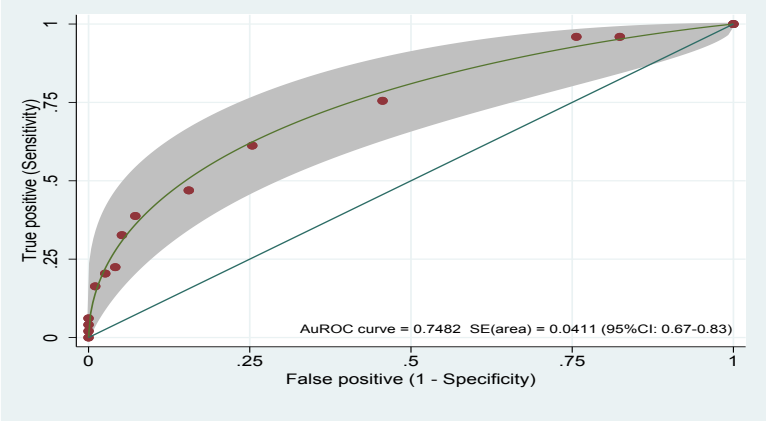
| Potential predictors | Odds ratio | 95% confidence interval | | *P*-value | Coefficients | Assigned item scores |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Age | | | | | | |
| ≤ 60 | 1 | reference | | | - | 0 |
| 61-70 | 2.77 | 1.000 | 7.659 | 0.050 | 1.02 | 1.5 |
| > 70 | 3.35 | 1.177 | 9.530 | 0.023* | 1.21 | 2 |
| CHF | | | | | | |
| 0 | 1 | reference | | | - | 0 |
| 1 | 2.05 | 0.943 | 4.446 | 0.070 | 0.72 | 1 |
| Aortic disease | | | | | | |
| 0 | 1 | reference | | | - | 0 |
| 1 | 9.99 | 1.924 | 51.869 | 0.006* | 2.30 | 3 |
| Serum albumin | | | | | | |
| ≤ 3 | 5.16 | 1.874 | 14.256 | 0.002* | 1.64 | 2.5 |
| 3.1-3.49 | 2.14 | 0.830 | 5.525 | 0.116 | 0.76 | 1 |
| ≥ 3.5 | 1 | reference | | | - | 0 |

goodness-of-fit test of 0.53 ทดสอบความแม่นยำภายในด้วยวิธี Bootstrapping ได้ AuROC ลดลงมาที่ 0.68 (95% CI 0.58-0.77) สามารถนำมาทำนายความเสี่ยงในการเสียชีวิต แบ่งเป็น 3 ระดับ แสดงในตารางที่ 8 ได้ผลดังนี้ ความเสี่ยงต่ำ (LHR+ 0.17, 95% CI 0.02-0.68) ความเสี่ยงปานกลาง (LHR+ 1.02, 95% CI 0.77-1.34) และความเสี่ยงสูง (LHR+ 4.61, 95% CI 1.94-10.92) ทดสอบความแม่นยำของการทำนายอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลแสดงในรูปที่ 2

## วิจารณ์

การศึกษามากมายในอดีตพบปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลเพิ่มอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลหลังผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจดังต่อไปนี้คือ อายุ >80 ปี BMI <18.5 กก/ม$^2$ LVEF <35%, pre-operative myocardial infarction within 24 ชม pre-operative New York Heart Association class IV, chronic renal failure (creatinine clearance <50 หรือ on dialysis), preoperative critical state (IABP, shock), non-elective surgery, LM disease, prior cardiac surgery และ combined valve surgery และ CBP time >115 นาที[4-7,11-18]

การศึกษานี้พบปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเพิ่มอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลสอดคล้องกับการศึกษาข้างต้นดังนี้ อายุ >80 ปี pre-operative NYHA class IV, pre-operative critical stage (CHF, IABP, ECMO) CBP time >150 นาที ในขณะที่ BMI <18.5 กก/ม$^2$ และ >30 กก/ม$^2$ chronic kidney disease, prior cardiac surgery, LVEF <35%, LM disease และ combined valve surgery ยังไม่สามารถสรุปได้ว่ามีความสัมพันธ์กับการเสียชีวิตในโรงพยาบาล นอกจากนี้ยังพบว่า combined aortic surgery, pre-operative serum albumin <3.5 ก/ดล และ ACC time >120 นาที เป็นปัจจัยสำคัญที่สัมพันธ์กับการเพิ่มอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้ IMA graft ช่วยลดอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งสอดคล้องกับ

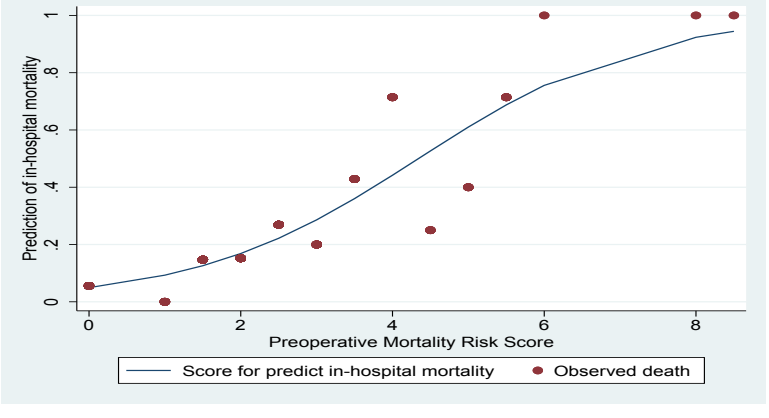



**รูปที่ 1** Area under receiver operating characteristic curve of preoperative mortality risk score and 95% confidence interval on prediction of in-hospital mortality after CABG

**ตารางที่ 8** Distribution of in-hospital deaths *vs* survivals into different level of risk categories

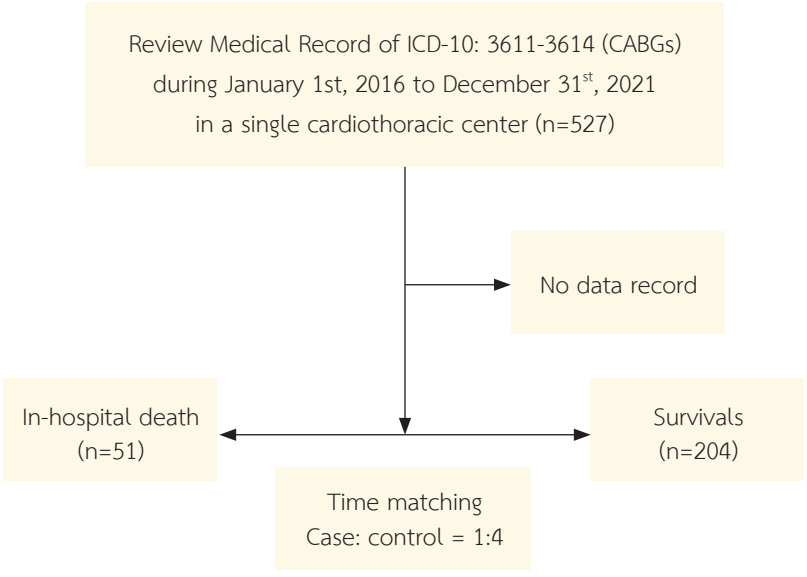
| Risk category | Score | In-hospital deaths | | Survivals | | LHR+ | 95%CI | | *P*-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | n | % | n | % | | | | |
| Low | < 2 | 2 | 4.08 | 47 | 24.35 | 0.17 | 0.019 | 0.683 | 0.003* |
| Moderate | 2-4 | 36 | 73.47 | 138 | 71.50 | 1.02 | 0.769 | 1.343 | 0.504 |
| High | > 4 | 11 | 22.45 | 8 | 4.15 | 4.61 | 1.942 | 10.928 | 0.001* |
| Mean±SE | - | 3.13 | ±0.26 | 1.74 | ±0.08 | | | | <0.001* |

LHR+, likelihood ratio of positive




**รูปที่ 2** Observed risk (circle) *vs* score predicted risk (solid line) of in-hospital mortality after CABG

การศึกษาที่ผ่านมา[14] ส่วนปัจจัยอื่นเช่น emergency surgery, history of PCI ประวัติ MI ภายใน 14 วัน isolated CABG, pre-operative Hct <30%, PRC transfusion >4 ยูนิต FFP transfusion >4 ยูนิต cryoprecipitate transfusion รวมทั้งการใช้ยา NTG และ adrenaline ยังไม่สามารถสรุปได้ว่ามีความสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาล เนื่องจากเมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธี multivariate logistic regression




แล้วยังไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเกิดจากขนาดตัวอย่างของการศึกษานี้ไม่เพียงพอสำหรับบางปัจจัย

ปัจจุบันมีระบบคะแนนสำหรับการประเมินความเสี่ยงในผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจแล้ว แต่ต้องใช้ข้อมูลหลายปัจจัย ทาให้มีความยุ่งยาก ซับซ้อน ต้องใช้เวลาในการรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินความเสี่ยง การศึกษานี้ได้ข้อสรุปเป็นระบบคะแนนอย่างง่าย เพื่อให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการดูแลผู้ป่วยสามารถประเมินได้ง่ายและรวดเร็ว เพิ่มความตระหนักถึงความเสี่ยงของการเกิดอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลหลังผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจ รวมถึงประโยชน์ในการให้ข้อมูลผู้ป่วยทราบถึงความเสี่ยงของตนและอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้บุคลากรที่มีส่วนช่วยดูแลพึงตระหนักถึงความสำคัญในการดูแลและเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิดเพื่อลดโอกาสการเสียชีวิตในโรงพยาบาล ผลการศึกษานี้ยังสนับสนุนให้พิจารณาใช้ IMA graft และลดระยะเวลา aortic cross-clamp ให้สั้นที่สุด เพื่อช่วยลดอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การศึกษานี้เป็นแบบ case-control ดังนั้นข้อมูลที่แสดงผลในค่าสัดส่วนหรือร้อยละ จึงไม่ใช่ค่าที่แท้จริงที่จะไปอ้างถึงสัดส่วนร้อยละของประชากรทั้งหมด แต่ทั้งนี้ยังสามารถวิเคราะห์หาปัจจัยที่สัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลและสร้างระบบคะแนนประเมินความเสี่ยง ในอนาคตหากต้องการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลสัดส่วนที่แท้จริงของทั้งข้อมูลพื้นฐาน ภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นหลังผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจ อัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาล รวมไปถึง survival rate อาจต้องออกแบบการศึกษาเป็นแบบ cohort และเพิ่มจำนวนประชากรในการศึกษา โดยใช้ข้อมูลปัจจัยเสี่ยงของการศึกษานี้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ต่อไป

## สรุป

การใช้ระบบคะแนนความเสี่ยงอย่างง่ายช่วยประเมินผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจ เพิ่มความตระหนักถึงความเสี่ยงในการเกิดอัตราเสียชีวิตในโรงพยาบาล โดยเฉพาะผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงสูงควรได้รับทราบถึงความเสี่ยงของตน รวมทั้งให้การเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิด ใช้เวลาผ่าตัดให้น้อยที่สุด ลดระยะเวลา aortic cross clamp ร่วมกับการใช้ IMA graft จะสามารถช่วยลดอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลได้

## เอกสารอ้างอิง


1. Dalen JE, Alpert JS, Goldberg RJ, Weinstein RS. The epidemic of the 20(th) century: coronary heart disease. Am J Med. 2014;127:807-12.
2. Wang F, Yu Y, Mubarik S, et al. Global burden of ischemic heart disease and attributable risk factors, 1990-2017: a secondary analysis based on the Global Burden of Disease Study 2017. Clin Epidemiol. 2021;13:859-70.
3. Serruys PW, Morice MC, Kappetein AP, et al. Percutaneous coronary intervention versus coronary-artery bypass grafting for severe coronary artery disease. New Eng J Med. 2009;360:961-72.
4. Zheng Z, Zhang L, Hu S, Li X, Yuan X, Gao H. Risk factors and in-hospital mortality in Chinese patients undergoing coronary artery bypass grafting: analysis of a large multi-institutional Chinese database. J Thorac Cardiovasc Surg. 2012;144:355-9, 9.e1.
5. Hua M, Scales DC, Cooper Z, Pinto R, Moitra V, Wunsch H. Impact of public reporting of 30-day mortality on timing of death after coronary artery bypass graft surgery. Anesthesiology. 2017;127:953-60.
6. Ruigómez FJG, Elola FJ, Durante-López A, Pérez CF, Bernal JL, Macaya C. Coronary artery bypass grafting in Spain. Influence of procedural volume on outcomes. Rev Esp Cardiol. 2020;73:488-94.
7. Kim LK, Looser P, Swaminathan RV, et al. Outcomes in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery in the United States based on hospital volume, 2007 to 2011. J Thorac Cardiovasc Surg. 2016;151:1686-92.
8. Birkmeyer JD, Stukel TA, Siewers AE, Goodney PP, Wennberg DE, Lucas FL. Surgeon volume and operative mortality in the United States. New Eng J Med. 2003;349:2117-27.
9. Gutacker N, Bloor K, Cookson R, et al. Hospital surgical volumes and mortality after coronary artery bypass grafting: using international comparisons to determine a safe threshold. Health Serv Res. 2017;52:863-78.
10. Weininger G, Mori M, Brooks 2nd C, et al. Association between cardiac surgeons' number of years in practice and surgical outcomes in New York cardiac centers. JAMA Netw Open. 2020;3:e2023671.
11. Kamal YA, Al-Elwany S, Ghoneim A, El-minshawy A. Traditional predictors of in-hospital mortality after coronary artery bypass grafting: current status. Cardiothorac Vasc Sci. 2017;1:1-5.
12. Wang W, Wang Y, Xu R, et al. Outcomes following coronary artery bypass graft surgery in patients with mild preoperative renal insufficiency. Braz J Cardiovasc Surg. 2018;33:155-61.
13. Trzeciak P, Karolak W, Gasior M, Zembala M. In-hospital and long-term outcomes of coronary artery bypass graft surgery in patients ≤ 45 years of age and older (from the KROK registry). Kardiol Pol. 2017;75:884-92.
14. Piatek J, Kedziora A, Konstanty-Kalandyk J, et al. Risk factors for in-hospital mortality after coronary artery bypass grafting in patients 80 years old or older: a retrospective case-series study. Peer J. 2016;4:e2667.
15. Nichols EL, McCullough JN, Ross CS, et al. Optimal timing from myocardial infarction to coronary artery bypass grafting on hospital mortality. Ann Thorac Surg. 2017;103:162-71.
16. Hu Z, Chen S, Du J, et al. An in-hospital mortality risk model for patients undergoing coronary artery bypass grafting in China. Ann Thorac Surg. 2020;109:1234-42.
17. Santos CAD, Oliveira MABd, Brandi AC, et al. Risk factors for mortality of patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. Rev Bras Cir Cardiovasc. 2014;29:513-20.
18. Chung PJ, Carter TI, Burack JH, Tam S, Alfonso A, Sugiyama G. Predicting the risk of death following coronary artery bypass graft made simple: a retrospective study using the American College of Surgeons National Surgical Quality Improvement Program database. J Cardiothorac Surg. 2015;10:62.