

PREDICTION MODELS FOR PROLONGED POST-ANESTHESIA CARE UNIT LENGTH OF STAY AFTER SURGERY: A SYSTEMATIC REVIEW

Lam An Nhu¹, Bui Dinh Hoan^{1*}, Nguyen Thi Hong Uyen

¹University of Medicine and Pharmacy at Ho Chi Minh City - 217 Hong Bang, Ward Cho Lớn, Ho Chi Minh City, Viet Nam

Received: 10/04/2026

Revised: 24/05/2026; Accepted: 18/06/2026

ABSTRACT

Objective: To synthesize and evaluate prediction models for post-anesthesia care unit length of stay (PACU LOS), focusing on prolonged recovery and delayed discharge after surgery.

Methods: A systematic review was conducted following PRISMA 2020 guidelines. Cochrane Library, Embase, PubMed và Google Scholar were searched for studies published between 1998 and 2025. Eligible studies developed or validated prediction models related to PACU recovery time, including prolonged PACU LOS, readiness for discharge, or delayed PACU discharge, and reported at least one performance metric (AUC, C-index, or R^2). Risk of bias was assessed using the PROBAST tool.

Results: A total of 747 records were identified, and 11 studies met inclusion criteria. Models were categorized into three groups: traditional logistic regression, logistic-based models (nomograms or risk scores), and machine learning models. Predictive performance ranged from moderate to high (AUC/C-index: 0.66–0.94). Common predictors included surgical duration, type of surgery, age, BMI and ASA classification and comorbidities. Definitions of prolonged PACU LOS varied across studies. Only a minority of studies performed external validation, and reduced performance was observed when models were applied to external populations.

Conclusion: Prediction models for PACU recovery show moderate to good performance; however, heterogeneity in outcome definitions and predictors limits comparability. While machine learning models may achieve higher internal performance, models with appropriate validation appear more suitable for clinical implementation. In Vietnam, evidence remains limited, highlighting the need for local validation and model adaptation.

Keywords: post-anesthesia care unit length of stay; prediction model; prolonged recovery; systematic review.

*Corresponding author

Email: hoanbui@ump.edu.vn Phone: (+84) 979894506 DOI: 10.52163/yhc.v67i6.5538



PHƯƠNG TRÌNH TIỀN ĐOÁN THỜI GIAN NẪM PHÒNG HỒI TỈNH KÉO DÀI SAU PHẪU THUẬT: TỔNG QUAN HỆ THỐNG CÁC BẰNG CHỨNG HIỆN CÓ

Lâm Ân Như¹, Bùi Đình Hoàn^{1*}, Nguyễn Thị Hồng Uyên¹

¹Đại học Y Dược Thành phố Hồ Chí Minh – 217 Hồng Bàng, Phường Chợ Lớn, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài: 10/04/2026

Ngày chỉnh sửa: 24/05/2026; Ngày duyệt đăng: 18/06/2026

TÓM TẮT

Mục tiêu: Tổng hợp và đánh giá các mô hình tiên đoán thời gian hồi tỉnh tại PACU, tập trung vào hồi tỉnh kéo dài và trì hoãn xuất PACU sau phẫu thuật.

Phương pháp: Tổng quan hệ thống theo PRISMA 2020. Tìm kiếm trên Cochrane Library, Embase, PubMed và Google Scholar (1998–2025). Các nghiên cứu được đưa vào khi xây dựng/kiểm định mô hình tiên đoán liên quan đến PACU LOS kéo dài, đạt tiêu chuẩn xuất PACU hoặc trì hoãn xuất PACU, và báo cáo ít nhất một chỉ số hiệu năng (AUC, C-index hoặc R^2). Nguy cơ sai lệch được đánh giá bằng PROBAST.

Kết quả: 747 nghiên cứu được xác định, trong đó 11 nghiên cứu được đưa vào phân tích. Các mô hình gồm hồi quy logistic, nomogram và học máy. Hiệu năng dao động từ trung bình đến cao (AUC/C-index: 0,66–0,94). Các yếu tố dự báo thường gặp gồm thời gian phẫu thuật, loại phẫu thuật, tuổi, BMI và phân loại ASA, bệnh kèm. Định nghĩa PACU LOS kéo dài không đồng nhất. Số nghiên cứu có kiểm định ngoại bộ còn hạn chế và ghi nhận giảm hiệu năng khi áp dụng trên quần thể bên ngoài.

Kết luận: Các mô hình tiên đoán PACU LOS có hiệu năng từ trung bình đến tốt, nhưng còn hạn chế do không đồng nhất về định nghĩa kết cục và thiếu kiểm định ngoại mẫu. Cần nghiên cứu kiểm định và hiệu chỉnh mô hình trên dữ liệu thực tế để tăng khả năng ứng dụng. Tại Việt Nam, bằng chứng còn hạn chế, cho thấy nhu cầu phát triển và kiểm định mô hình trên dữ liệu trong nước.

Từ khóa: Thời gian nằm phòng hồi tỉnh; mô hình tiên đoán; hồi tỉnh kéo dài; tổng quan hệ thống.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Giai đoạn hồi tỉnh sau gây mê đóng vai trò quan trọng trong đảm bảo người bệnh phục hồi ổn định về hô hấp, tuần hoàn và tri giác trước khi chuyển về khoa điều trị hoặc xuất viện. Theo khuyến cáo của các hiệp hội gây mê, người bệnh cần được theo dõi tại phòng hồi tỉnh (Post-Anesthesia Care Unit – PACU) cho đến khi đạt các tiêu chuẩn xuất viện an toàn. PACU LOS không chỉ phản ánh tốc độ hồi phục sau gây mê mà còn ảnh hưởng đến luồng bệnh nhân, hiệu quả sử dụng phòng mổ và chi phí chăm sóc y tế.

PACU LOS kéo dài có thể gây tắc nghẽn hệ thống và làm chậm tiến độ phẫu thuật. Tuy nhiên, định nghĩa PACU LOS kéo dài hiện chưa thống nhất giữa các nghiên cứu, với các cách tiếp cận khác nhau như mốc thời gian tuyệt đối, phân vị quần thể hoặc tiêu chí lâm sàng.

Trong những năm gần đây, nhiều mô hình tiên đoán PACU LOS đã được phát triển bằng các phương pháp như hồi quy logistic, nomogram và học máy. Tuy nhiên, sự khác biệt về định nghĩa kết cục, biến dự báo và phương pháp đánh giá hiệu năng làm hạn chế khả năng so sánh và ứng dụng trong thực hành lâm sàng. Do đó, nghiên cứu này nhằm tổng hợp các bằng chứng hiện có về các mô hình tiên đoán PACU LOS kéo dài sau phẫu thuật và đánh giá đặc điểm cũng như hiệu năng của các mô hình này.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thiết kế nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện dưới dạng tổng quan hệ thống nhằm tổng hợp các mô hình hoặc phương trình tiên đoán PACU LOS sau phẫu thuật. Quy trình nghiên cứu tuân thủ hướng dẫn PRISMA 2020. Câu hỏi nghiên cứu được xây dựng theo khung PICOS:

- **P (Population):** Người bệnh ≥ 18 tuổi trải qua phẫu thuật và được theo dõi tại PACU.
- **I (Intervention):** Các mô hình hoặc phương trình tiên đoán PACU LOS kéo dài.
- **C (Comparison):** So sánh hiệu năng giữa các mô hình tiên đoán khác nhau hoặc giữa các phương pháp xây dựng mô hình.
- **O (Outcome):** Hiệu năng mô hình dự đoán PACU LOS kéo dài.
- **S (Study design):** Các nghiên cứu phát triển hoặc kiểm định mô hình tiên đoán.

2.2. Tiêu chí lựa chọn nghiên cứu

Các nghiên cứu được đưa vào tổng quan khi đáp ứng các tiêu chí sau: nghiên cứu gốc trên người bệnh ≥ 18 tuổi trải qua phẫu thuật và được theo dõi tại PACU; có xây dựng mô hình hoặc phương trình tiên đoán liên quan đến thời gian

*Tác giả liên hệ

Email: hoanbui@ump.edu.vn Điện thoại: (+84) 979894506 DOI: 10.52163/yhc.v67i6.5538

hồi tỉnh tại PACU (bao gồm PACU LOS kéo dài, thời gian đạt trạng thái sẵn sàng xuất PACU hoặc tri hoãn xuất PACU); báo cáo ít nhất một chỉ số đánh giá hiệu năng mô hình (AUC, C-index, R^2); và có toàn văn bằng tiếng Anh hoặc tiếng Việt.

Các nghiên cứu bị loại trừ nếu không xây dựng mô hình tiên đoán; không sử dụng hoặc không định nghĩa rõ ràng kết cục liên quan đến thời gian hồi tỉnh tại PACU; không báo cáo chỉ số hiệu năng mô hình; không có toàn văn; hoặc không liên quan đến PACU.

2.3. Chiến lược tìm kiếm

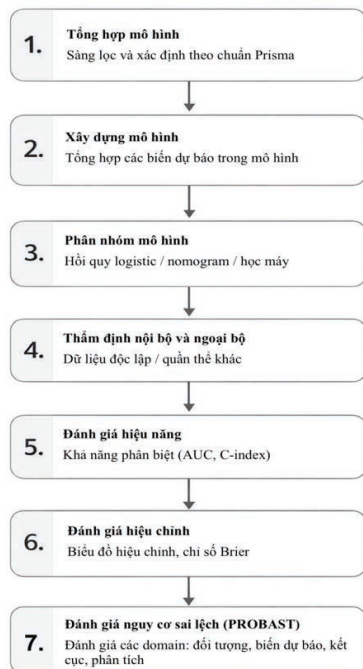
Các tài liệu được tìm kiếm trên các cơ sở dữ liệu Cochrane Library, Embase, PubMed và Google Scholar trong giai đoạn 1998–2025. Các từ khóa tìm kiếm được xây dựng dựa trên nhóm chủ đề: PACU LOS, mô hình tiên đoán, hồi tỉnh chậm/kéo dài, bối cảnh phẫu thuật.

Chuỗi tìm kiếm chính: (“post-anesthesia care unit” OR PACU OR “recovery room”) AND (“length of stay” OR “prolonged stay” OR “delayed recovery”) AND (“prediction model” OR “risk model” OR nomogram OR “machine learning”) AND (surgery OR postoperative OR perioperative)

2.4. Quy trình lựa chọn nghiên cứu và trích xuất dữ liệu

Các nghiên cứu thu được được quản lý bằng phần mềm EndNote để loại bỏ các bản trùng lặp. Quá trình lựa chọn nghiên cứu được thực hiện theo sơ đồ PRISMA, bao gồm các bước: sàng lọc tiêu đề, đánh giá tóm tắt và đọc toàn văn. Quá trình sàng lọc và trích xuất dữ liệu được thực hiện độc lập bởi hai nhà nghiên cứu. Các bất đồng được thảo luận để đạt được sự thống nhất; trong trường hợp cần thiết, ý kiến của người thứ ba được tham khảo.

Chất lượng phương pháp luận được đánh giá bằng công cụ PROBAST. Các dữ liệu trích xuất bao gồm đặc điểm nghiên cứu, biến dự báo và chỉ số hiệu năng mô hình. Các mô hình sau đó được tổng hợp và phân tích theo quy trình xây dựng, thẩm định và đánh giá mô hình tiên đoán như trình bày trong Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ pipeline xây dựng và đánh giá mô hình tiên đoán PACU LOS kéo dài

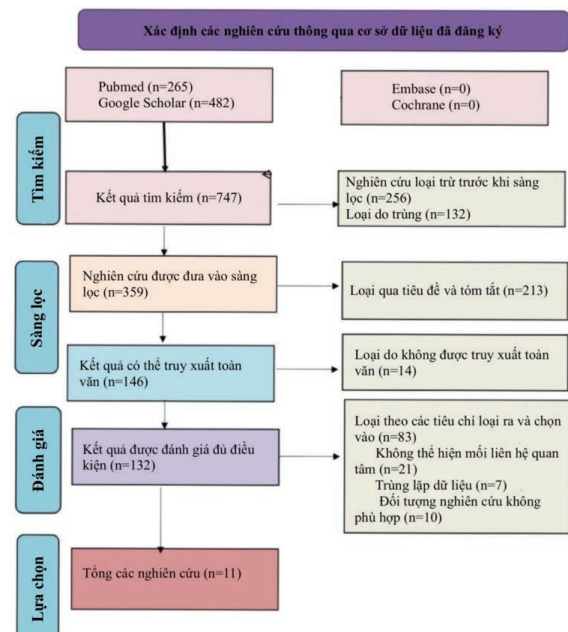
Nghiên cứu này chưa được đăng ký trên PROSPERO. Tuy nhiên, toàn bộ quy trình được xây dựng và báo cáo theo hướng dẫn PRISMA 2020 nhằm đảm bảo tính minh bạch và hệ thống.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Kết quả tìm kiếm và sàng lọc nghiên cứu

Quá trình tìm kiếm được thực hiện trên các cơ sở dữ liệu Embase, Cochrane Library, PubMed và Google Scholar. Không có nghiên cứu phù hợp được ghi nhận từ Embase và Cochrane. Tổng cộng 747 tài liệu được xác định từ PubMed (n=265) và Google Scholar (n=482). Sau khi loại bỏ trùng lặp và các nghiên cứu không liên quan, 359 nghiên cứu được đưa vào sàng lọc tiêu đề và tóm tắt. Sau bước đánh giá toàn văn, 11 nghiên cứu đáp ứng đầy đủ tiêu chí lựa chọn và được đưa vào tổng hợp.

Hình 2. Sơ đồ PRISMA thể hiện quy trình tìm kiếm tài liệu nghiên cứu



3.2. Đặc điểm các nghiên cứu được lựa chọn

Sau sàng lọc, 11 nghiên cứu được đưa vào tổng hợp, chủ yếu sử dụng thiết kế đoàn hệ hồi cứu. Các mô hình tiên đoán PACU LOS kéo dài được xây dựng bằng nhiều phương pháp, bao gồm hồi quy logistic, nomogram, học máy và hồi quy tuyến tính, trong đó hồi quy logistic là phương pháp phổ biến nhất. Các biến dự báo có xu hướng hội tụ vào một nhóm yếu tố lâm sàng cốt lõi, bao gồm thời gian phẫu thuật/gây mê, loại phẫu thuật, tuổi, BMI và phân loại ASA, bệnh kèm. Ngoài ra, một số mô hình bổ sung các yếu tố hậu mê hoặc cận lâm sàng nhằm cải thiện hiệu năng dự báo.

Bảng 1. Đặc điểm các mô hình tiên đoán PACU LOS kéo dài

Tác giả (năm)	Các biến dự báo chính	Định nghĩa PACU LOS kéo dài
Waddle (1998)	Thời gian gây mê, phương pháp vô cảm, lượng dịch truyền	<60 phút
Gabriel (2017)	BMI ≥ 40 kg/m ² , tăng huyết áp, thời gian mổ dự kiến, gây mê toàn thân, loại phẫu thuật	$\geq P75$ (~90–100 phút)
Elsharydah (2019)	OSA, thời gian mổ, gây mê toàn thân, loại phẫu thuật	$\geq P75$ (~178 phút)

Tác giả (năm)	Các biến dự báo chính	Định nghĩa PACU LOS kéo dài
Cao (2021)	Tuổi, giới tính, BMI, hút thuốc, bệnh tiểu hóa, bệnh tim mạch, bệnh gan.	$\geq P75$ (~66–72 phút)
Fang (2023)	Tuổi ≥ 55 , BMI $< 21 \text{ kg/m}^2$, ASA, loại phẫu thuật, run lạnh, mê sáng, đau, sử dụng naloxone, thời gian mổ, truyền máu.	$\geq P75$ (~80 phút)
Zhang (2023)	Tuổi, ASA III, phẫu thuật thần kinh, thời gian gây mê, kháng sinh trong mổ, giảm đau sau mổ.	≥ 120 phút
Rupp (2023)	Tuổi, giới, BMI, bệnh gan, bệnh mạch máu ngoại biên, tiền sử buồn nôn - nôn sau mổ, gây mê toàn thân, ngoại trú, thời gian mổ, loại phẫu thuật	> 4 giờ
Xie (2025)	Số lượng hồng cầu, ALT, glucose, thời gian gây mê, BIS, PaCO_2 , nhiệt độ PACU	Trì hoãn > 30 phút
Tully (2023)	Tuổi, giới, BMI, ASA, thời gian mổ dự kiến, loại phẫu thuật, bệnh kèm	≥ 3 giờ
Maroufi (2025)	Tuổi, giới, BMI, ASA, bệnh kèm, loại phẫu thuật, thời gian gây mê	Thời điểm sẵn sàng xuất PACU (≤ 15 phút hoặc > 15 phút)
Aspi (2020)	ASA, loại phẫu thuật, thời gian phẫu thuật, kỹ thuật gây mê, biến chứng trong và sau mổ	Liên tục; trung bình $4,59 \pm 2,36$

Bảng 2. Tần suất xuất hiện biến dự báo trong mô hình tiên đoán PACU LOS kéo dài

Dự báo	Số nghiên cứu	Tỷ lệ (%)
Thời gian phẫu thuật / gây mê	10	83%
Loại phẫu thuật	8	67%
Tuổi	6	50%
BMI	6	50%
ASA	6	50%
Bệnh kèm	5	42%

Bảng 3. Phân loại mô hình tiên đoán PACU LOS kéo dài theo phạm vi phẫu thuật

Nhóm mô hình	Nghiên cứu	Đặc điểm
Đa chuyên khoa	Waddle (1998), Zhang (2023), Fang (2023), Aspi (2020), Maroufi (2025), Rupp (2023)	Nhiều loại phẫu thuật, tính khái quát cao
Đa chuyên khoa ngoại trú	Tully (2023), Elsharydah, Gabriel (2017)	Phẫu thuật trong ngày
Bán chuyên khoa	Xie (2025)	Ngoại tổng quát + lồng ngực
Chuyên biệt	Cao (2021)	Phẫu thuật tiêu hóa

3.3. So sánh hiệu năng giữa các nhóm mô hình

Hiệu năng các mô hình tiên đoán PACU LOS được đánh giá bằng AUC, C-index hoặc R^2 , dao động từ 0,66 đến 0,94. Nhóm học máy đạt AUC cao nhất (0,71–0,94), tiêu biểu Xie (2025) với AUC 0,909–0,939, nhưng chủ yếu dựa trên thẩm định nội bộ. Ngược lại, các mô hình hồi quy logistic cho hiệu năng ổn định hơn (AUC/C-index khoảng 0,75–0,82), trong khi nomogram thấp hơn (0,66–0,77). Mô hình hồi quy tuyến tính báo cáo R^2 hiệu chỉnh = 0,422.

Bảng 4. So sánh hiệu năng các nhóm mô hình tiên đoán PACU LOS kéo dài

Nhóm mô hình	Tác giả	Chỉ số hiệu năng	Nội kiểm	Ngoại kiểm
Học máy	Maroufi (2025)	AUC = 0,88	Có	Không
	Tully (2023)	AUC = 0,71	Có	Không
	Xie (2025)	AUC = 0,909–0,939	Có	Có
Hồi quy logistic	Rupp (2023)	AUC = 0,82	Có	Có
	Gabriel (2017)	AUC = 0,754–0,722	Có	Không
	Elsharydah (2019)	AUC = 0,804–0,809	Có	Không
	Waddle (1998)	C-index = 0,772	Có	Không
Nomogram / mô hình dựa trên hồi quy logistic	Fang (2023)	AUC = 0,773–0,757	Có	Không
	Zhang (2023)	AUC = 0,77–0,70	Có	Có
	Cao (2021)	C-index = 0,662	Có	Không
Hồi quy tuyến tính	Aspi (2020)	$R^2 = 0,422$	Có	Không

Tiêu chí đánh giá hiệu chỉnh của các mô hình tiên đoán được xây dựng dựa trên các khuyến cáo của TRIPOD, PROBAST và tài liệu về mô hình tiên đoán của Steyerberg. Theo đó, hiệu chỉnh được xem là thành phần cốt lõi trong đánh giá độ tin cậy của xác suất dự đoán, bên cạnh khả năng phân biệt. Mức độ đánh giá hiệu chỉnh được phân loại như sau:

Không đánh giá: không báo cáo phương pháp đánh giá hiệu chỉnh.

Hạn chế: chỉ sử dụng biểu đồ hiệu chỉnh hoặc kiểm định Hosmer–Lemeshow, không có chỉ số định lượng.

Trung bình: có biểu đồ hiệu chỉnh kết hợp thẩm định nội bộ hoặc ngoại bộ, nhưng thiếu các chỉ số định lượng (calibration slope, intercept, Brier score).

Tốt: đánh giá hiệu chỉnh toàn diện với các chỉ số định lượng và/hoặc trên nhiều tập dữ liệu.

Bảng 5. Đánh giá hiệu chỉnh các mô hình tiên đoán PACU LOS kéo dài

Tác giả	Phương pháp	Đặc điểm chính	Mức độ
Rupp (2023)	Biểu đồ hiệu chỉnh + Brier score	Đánh giá trên nhiều tập dữ liệu, có chỉ số định lượng (Brier), có hiệu chỉnh lại mô hình	Tốt
Xie (2025)	Biểu đồ + Brier, R^2 , Dxy	Có nhiều chỉ số định lượng, đánh giá cả nội kiểm và ngoại kiểm	Tốt
Gabriel (2017)	Hosmer–Lemeshow + biểu đồ	Có kiểm định HL và biểu đồ trên tập huấn luyện/kiểm tra	Tốt
Zhang (2023)	Biểu đồ hiệu chỉnh	Có nội kiểm và ngoại kiểm, chưa có chỉ số định lượng	Trung bình
Fang (2023)	Biểu đồ hiệu chỉnh	Chỉ có biểu đồ, chưa có chỉ số định lượng	Trung bình
Cao (2021)	Biểu đồ + Hosmer–Lemeshow	Có kiểm định HL và chia tập dữ liệu	Trung bình
Tully (2023)	Biểu đồ hiệu chỉnh	Chỉ đánh giá trên tập kiểm tra	Hạn chế
Elsharydah (2019)	Hosmer–Lemeshow + biểu đồ	Có kiểm định HL, chưa có chỉ số nâng cao	Hạn chế

Tác giả	Phương pháp	Đặc điểm chính	Mức độ
Waddle (1998)	Không báo cáo	Không đánh giá hiệu chỉnh	Không
Aspi (2020)	Phân tích phần dư	Không phải đánh giá hiệu chỉnh chuẩn	Không
Maroufi (2025)	Không thực hiện	Chỉ báo cáo AUC, không đánh giá hiệu chỉnh	Không

3.4. Đánh giá nguy cơ sai lệch theo PROBAST

Kết quả đánh giá nguy cơ sai lệch của 11 nghiên cứu theo công cụ PROBAST cho thấy mức độ không đồng đều giữa các nghiên cứu. Trong đó, 2 nghiên cứu được phân loại nguy cơ sai lệch thấp (Rupp et al., 2023; Zhang et al., 2023), 6 nghiên cứu ở mức trung bình (Gabriel et al., 2017; Elsharydah et al., 2019; Cao et al., 2021; Fang et al., 2023; Tully et al., 2023; Xie et al., 2025), và 3 nghiên cứu còn lại ở mức cao. Nhìn chung, domain “phân tích” là nguồn sai lệch phổ biến nhất, chủ yếu liên quan đến thiếu đánh giá hiệu chỉnh và kiểm định ngoại mẫu.

Bảng 6. Đánh giá nguy cơ sai lệch theo công cụ PROBAST

Mức nguy cơ	Số nghiên cứu
Thấp	2
Trung bình	6
Cao	3

4. BÀN LUẬN

Tổng quan này cho thấy các mô hình tiên đoán PACU LOS đạt hiệu năng phân biệt từ trung bình đến rất cao, với AUC 0,66–0,94. Tuy nhiên, sự khác biệt hiệu năng không chỉ phản ánh phương pháp xây dựng mà còn liên quan đến chiến lược thẩm định và cách đánh giá mô hình.

Đáng chú ý, các mô hình học máy thường đạt AUC cao nhất nhưng chủ yếu dựa trên thẩm định nội bộ và thiếu đánh giá hiệu chỉnh đầy đủ [2,3,7]. Nhiều nghiên cứu chỉ báo cáo AUC mà không phân tích calibration hoặc chỉ sử dụng Hosmer–Lemeshow [6,10], trong khi các chỉ số định lượng như Brier hiếm khi được báo cáo. Điều này cho thấy mô hình có thể đạt khả năng phân biệt tốt nhưng chưa đảm bảo độ tin cậy của xác suất dự đoán, đồng thời tiềm ẩn nguy cơ quá khớp khi thiếu kiểm định ngoại bộ.

Ngược lại, các mô hình hồi quy logistic và nomogram thường có hiệu năng thấp hơn nhưng cấu trúc rõ ràng, dễ diễn giải và một số đã được kiểm định ngoại mẫu [1,4,5]. Tuy nhiên, số nghiên cứu có ngoại kiểm còn hạn chế [1,4,7] và đều ghi nhận giảm hiệu năng trên quần thể độc lập, phản ánh khoảng cách giữa nội suy và ngoại suy.

Bên cạnh yếu tố phương pháp, tính không đồng nhất giữa các nghiên cứu là nguồn sai lệch quan trọng. Sự khác biệt về loại phẫu thuật, bối cảnh lâm sàng và đặc biệt là định nghĩa PACU LOS kéo dài làm thay đổi phân bố kết cục và ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu năng mô hình [4,5,8]. Việc sử dụng các ngưỡng khác nhau ($P75$, ≥ 120 phút, >4 giờ hoặc thời gian sẵn sàng) làm hạn chế khả năng so sánh. Các định nghĩa theo phân vị phụ thuộc quần thể, trong khi ngưỡng tuyệt đối giúp chuẩn hóa nhưng có thể giảm tính linh hoạt lâm sàng. Đáng chú ý, các mô hình có xu hướng hội tụ vào nhóm biến lâm sàng cốt lõi gồm thời gian phẫu thuật/gây mê, loại phẫu thuật, tuổi, BMI, phân loại ASA và bệnh kèm. Các yếu tố này xuất hiện nhất quán, dễ thu thập và có khả năng ngoại suy cao, trong khi các biến bổ sung chủ yếu cải thiện hiệu năng nội bộ hơn là giá trị khái quát hóa [4,5,8].

Hiệu năng mô hình cũng khác theo phạm vi phẫu thuật: mô hình chuyên biệt thường cao hơn nhưng kém khái quát, trong khi mô hình đa chuyên khoa có tính ngoại suy tốt hơn.

Tổng hợp các yếu tố trên cho thấy AUC cao không đồng nghĩa với giá trị lâm sàng cao. Một mô hình có ý nghĩa ứng dụng cần đồng thời đảm bảo khả năng phân biệt, đánh giá hiệu chỉnh đầy đủ và được kiểm định trên các quần thể độc lập. Đánh giá PROBAST cho thấy sai lệch chủ yếu ở domain phân tích, liên quan đến thiếu hiệu chỉnh và ngoại kiểm. Trong bối cảnh Việt Nam, các mô hình sử dụng biến lâm sàng cốt lõi và có bằng chứng ngoại suy rõ ràng phù hợp hơn [1,4], trong khi các mô hình học máy cần được kiểm định và hiệu chỉnh trước khi triển khai.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu tổng hợp 11 mô hình tiên đoán PACU LOS, cho thấy hiệu năng dao động từ trung bình đến rất tốt nhưng giá trị bằng chứng chưa đồng đều. Các mô hình học máy đạt hiệu năng nội bộ cao nhưng thiếu ngoại kiểm, trong khi nhóm hồi quy tỏ ra ổn định và dễ diễn giải hơn. Sự nhất quán về các biến dự báo cốt lõi (thời gian phẫu thuật, loại phẫu thuật, tuổi, BMI, ASA, bệnh kèm) đối lập với sự thiếu thống nhất trong định nghĩa kết cục và bối cảnh lâm sàng. Hiệu năng mô hình nhìn chung giảm khi ngoại suy, khẳng định hiệu năng cao không thay thế được yêu cầu về độ hiệu chỉnh và kiểm định độc lập. Tại Việt Nam, cần thực hiện thêm các nghiên cứu kiểm định trên dữ liệu nội địa để đảm bảo tính phù hợp và độ tin cậy trong ứng dụng lâm sàng.

6. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Rupp S, Ahrens E, Rudolph MI, Azimaraghi O, Schaefer MS, Fassbender P, et al. Development and validation of an instrument to predict prolonged length of stay in the postanesthesia care unit following ambulatory surgery. *Can J Anaesth*. 2023;70(12):1939-49. doi: 10.1007/s12630-023-02604-1.
- [2] Maroufi SS, Movahed MS, Ejmalian A, Sarkhosh M, Behmanesh A. Post-Anesthesia Care Unit (PACU) readiness predictions using machine learning: a comparative study of algorithms. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2025;25(1):146. doi: 10.1186/s12911-025-02982-0.
- [3] Tully JL, Zhong W, Simpson S, Curran BP, Macias AA, Waterman RS, et al. Machine Learning Prediction Models to Reduce Length of Stay at Ambulatory Surgery Centers Through Case Resequencing. *J Med Syst*. 2023;47(1):71. doi: 10.1007/s10916-023-01966-9.
- [4] Zhang Q, Xu F, Xuan D, Huang L, Shi M, Yue Z, et al. Risk factors for delayed recovery in postanesthesia care unit after surgery: a large and retrospective cohort study. *Int J Surg*. 2023;109(5):1281-90. doi: 10.1097/JS9.0000000000000364.
- [5] Fang F, Liu T, Li J, Yang Y, Hang W, Yan D, et al. A novel nomogram for predicting the prolonged length of stay in post-anesthesia care unit after elective operation. *BMC Anesthesiol*. 2023;23(1):404. doi: 10.1186/s12871-023-02365-w.
- [6] Elsharydah A, Walters DR, Somasundaram A, Bryson TD, Minhajuddin A, Gabriel RA, et al. A preoperative predictive model for prolonged post-anesthesia care unit stay after outpatient surgeries. *J Perioper Pract*. 2019;30(4):91-6. doi: 10.1177/1750458919850377.
- [7] Xie GH, Shen J, Li F, Yan HH, Qian Y. Development and Validation of a Clinical Model for Predicting Delay in Postoperative Transfer Out of the Post-Anesthesia Care Unit: A Retrospective Cohort Study. *J Multidiscip Healthc*. 2024;17:2535-50. doi: 10.2147/JMDH.S458784.
- [8] Cao B, Li L, Su X, Zeng J, Guo W. Development and validation of a nomogram for determining patients requiring prolonged postanesthesia care unit length of stay after laparoscopic cholecystectomy. *Ann Palliat Med*. 2021;10(5):5128-36. doi: 10.21037/apm-20-2182.
- [9] Aspi MTB, Ko-Villa E. The use of determinants of length of stay in the postanesthesia care unit (PACU) at the Philippine General Hospital among postoperative patients who underwent elective surgeries to create a predictive model for PACU length of stay. *Acta Medica Philippina*. 2020;54(5):490-7. doi: 10.47895/amp.v54i5.2227.
- [10] Gabriel RA, Waterman RS, Kim J, Ohno-Machado L. A Predictive Model for Extended Postanesthesia Care Unit Length of Stay in Outpatient Surgeries. *Anesth Analg*. 2017;124(5):1529-36. doi: 10.1213/ANE.0000000000001827.