GIÁ TRỊ CỦA MÔ HÌNH HỌC MÁY RANDOM FOREST TRONG DỰ ĐOÁN TỬ VONG Ở BỆNH NHÂN ĐA CHẤN THƯƠNG

Lê Đăng Mạnh[1], Vũ Minh Dương[1], Nguyễn Quang Huy[1], Vũ Anh Dũng[2]
Phạm Ngọc Thảo[3], Phạm Minh Tuấn[4], Lê Duy Chí[5]*

Tóm tắt

Mục tiêu: Đánh giá hiệu suất của mô hình học máy rừng ngẫu nhiên (Random Forest - RF) trong dự đoán tử vong ở bệnh nhân (BN) đa chấn thương và so sánh với ISS (injury severity score) và lactate máu lúc nhập viện. ***Phương pháp nghiên cứu:*** Nghiên cứu mô tả, hồi cứu trên 196 BN đa chấn thương điều trị tại Khoa Hồi sức Ngoại, Bệnh viện Quân y 103 từ tháng 6/2020 - 6/2023. Các biến lâm sàng, xét nghiệm và kết cục tử vong được thu thập từ hồ sơ bệnh án. Dữ liệu được chia thành tập huấn luyện và tập kiểm tra theo tỷ lệ 60:40. Boruta được sử dụng để lựa chọn đặc trưng. Hiệu suất được đánh giá bằng diện tích dưới đường cong (AUC), độ nhạy (Se), độ đặc hiệu (Sp), giá trị tiên đoán dương tính (PPV), giá trị tiên đoán âm tính (NPV), Brier score và phân tích đường cong quyết định. ***Kết quả:*** Có 80 BN tử vong, chiếm 40,8%. Sau khi lựa chọn đặc trưng, 8 biến được đưa vào mô hình. Trên tập kiểm tra, mô hình RF đạt AUC 0,94, Se 90,62%, Sp 95,74%, PPV 93,55% và NPV 93,75%, cao hơn ISS và lactate máu đơn độc ($p < 0,01$; kiểm định DeLong). ***Kết luận:*** Mô hình RF cho thấy hiệu suất cao trong dự đoán tử vong ở BN đa chấn thương và có thể hỗ trợ bác sĩ phân tầng nguy cơ sớm trong thực hành lâm sàng.

Từ khóa: Đa chấn thương; Mô hình Random Forest; Dự đoán tử vong.

THE VALUE OF A RANDOM FOREST MACHINE LEARNING MODEL IN PREDICTING MORTALITY IN PATIENTS WITH POLYTRAUMA

Abstract

Objectives: To evaluate the performance of a Random Forest model in predicting mortality in patients with polytrauma and to compare its performance with ISS and blood lactate level at admission. ***Methods:*** A retrospective, descriptive study was conducted on

[1]Trung tâm Hồi sức cấp cứu - Chống độc, Bệnh viện Quân y 103, Học viện Quân y
[2]Trung tâm Chấn thương chỉnh hình, Bệnh viện Quân y 103, Học viện Quân y
[3]Bộ môn - Khoa Chẩn đoán chức năng, Bệnh viện Quân y 103, Học viện Quân y
[4]Bộ Tư lệnh vùng 4, Quân chủng Hải quân
[5]Trung tâm Chẩn đoán hình ảnh, Bệnh viện Quân y 103, Học viện Quân y
[*]Tác giả liên hệ: Lê Duy Chí (duychi346@gmail.com)
Ngày nhận bài: 02/5/2026
Ngày được chấp nhận đăng: 10/7/2026
http://doi.org/10.56535/jmpm.v51i9.2121

196 patients with polytrauma treated at the Surgical Intensive Care Unit, Military Hospital 103, from June 2020 to June 2023. Clinical variables, laboratory parameters, and mortality outcomes were collected from medical records. The dataset was divided into training and test sets at a 60:40 ratio. Boruta was used for feature selection. Model performance was assessed using AUC, sensitivity, specificity, PPV, NPV, Brier score, and decision curve analysis. ***Results:*** There were 80 deaths, accounting for 40.8% of all patients. After feature selection, 8 variables were included in the model. On the test set, the Random Forest model achieved an AUC of 0.94, sensitivity of 90.62%, specificity of 95.74%, PPV of 93.55%, and NPV of 93.75%, which were higher than those of ISS and blood lactate alone ($p < 0.01$, DeLong test). ***Conclusion:*** The Random Forest model showed high performance in predicting mortality in patients with polytrauma and may help physicians in early risk stratification in clinical practice.

Keywords: Polytrauma; Random Forest model; Mortality prediction.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Đa chấn thương là tình trạng tổn thương nặng ở ít nhất hai vùng cơ thể, trong đó có ít nhất một tổn thương hoặc kết hợp các tổn thương đe dọa đến tính mạng. Đây là vấn đề quan trọng trong hồi sức cấp cứu vì BN thường nhập viện trong tình trạng nặng, diễn biến nhanh và cần quyết định điều trị sớm. Trên thế giới, tai nạn giao thông là nguyên nhân chủ yếu gây chấn thương nặng, với khoảng 1,19 triệu ca tử vong mỗi năm theo báo cáo của Tổ chức Y tế Thế giới năm 2023 [1]. Tại Việt Nam, nghiên cứu của Ngô Đình Trung và CS trên BN đa chấn thương cho thấy tỷ lệ tử vong là 27,4%, đồng thời ISS và lactate máu lúc nhập viện đều có giá trị dự đoán tử vong [2].

Trong thực hành lâm sàng, nhiều thang điểm và chỉ số được sử dụng để tiên lượng BN đa chấn thương như Glasgow, ISS, RTS và lactate máu [3]. Đây là những công cụ quen thuộc và dễ áp dụng. Tuy nhiên, mỗi chỉ số thường chỉ phản ánh một khía cạnh của tình trạng BN. Trong khi đó, tử vong sau đa chấn thương là kết quả của nhiều yếu tố phối hợp, bao gồm tổn thương thần kinh, mất máu, rối loạn đông máu, suy tuần hoàn và rối loạn chuyển hóa.

Gần đây, mô hình học máy trong dự đoán chấn thương ngày càng được quan tâm vì có khả năng phân tích đồng thời nhiều biến lâm sàng và xét nghiệm. Nghiên cứu của He W và CS cho thấy mô hình RF có tiềm năng dự đoán tử vong sớm ở BN đa chấn thương [4]. Ngoài ra, Zhou và CS ghi nhận Glasgow, ISS và các rối loạn sinh lý là những yếu tố quan trọng liên quan đến tử vong ở BN đa chấn thương nặng [5]. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm: *Đánh giá hiệu suất của mô hình học máy RF và so sánh với ISS và lactate máu lúc nhập viện.*

ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Đối tượng nghiên cứu

Gồm 196 BN đa chấn thương điều trị tại Khoa Hồi sức Ngoại, Bệnh viện Quân y 103, từ tháng 6/2020 - 6/2023.

** Tiêu chuẩn lựa chọn:* BN ≥ 18 tuổi, được chẩn đoán đa chấn thương theo định nghĩa Berlin (2014) [6]. Theo định nghĩa này, BN có điểm AIS ≥ 3 ở ít nhất hai vùng giải phẫu khác nhau, kèm theo ít nhất một rối loạn sinh lý như huyết áp tâm thu ≤ 90mmHg, điểm Glasgow ≤ 8, toan chuyển hóa với BE ≤ -6,0, rối loạn đông máu với thời gian thromboplastin ≥ 40 giây hoặc INR ≥ 1,4, hoặc tuổi ≥ 70.

** Tiêu chuẩn loại trừ:* Các trường hợp nhập viện sau tai nạn quá 24 giờ; đã phẫu thuật hoặc điều trị tại bệnh viện tuyến trước; phụ nữ có thai; BN mắc bệnh mạn tính nặng như xơ gan, suy thận mạn giai đoạn cuối, suy tim sung huyết, bệnh ác tính; đã ngừng tuần hoàn trước nhập viện và được hồi sức thành công.

2. Phương pháp nghiên cứu

** Thiết kế nghiên cứu:* Nghiên cứu mô tả, hồi cứu.

** Các chỉ số trong nghiên cứu:* Các biến nghiên cứu được thu thập tại thời điểm nhập viện và được phân loại thành các nhóm. Nhóm đặc điểm chung bao gồm tuổi và giới tính. Nhóm các chỉ số lâm sàng lúc nhập viện gồm điểm Glasgow, chỉ số sốc và thời gian từ chấn thương đến khi nhập viện. Mức độ nặng của chấn thương được đánh giá bằng ISS. Nhóm xét nghiệm cận lâm sàng bao gồm các chỉ số huyết học và sinh hóa như hồng cầu, huyết sắc tố, creatinine, albumin, lactate, glucose, INR và aPTT. Kết cục của nghiên cứu là tử vong trong vòng 30 ngày sau khi nhập viện. BN được phân loại vào nhóm tử vong nếu tử vong trong thời gian nằm viện hoặc ở trong tình trạng nặng, dự đoán tử vong sau khi hội chẩn khoa (hôn mê sâu kèm sốc không đáp ứng với vận mạch, suy đa tạng không đáp ứng với điều trị, đe dọa ngừng tim gần) và gia đình xin đưa về.

** Mô hình học máy trong dự đoán tử vong*: Nghiên cứu này sử dụng mô hình RF để dự báo tình trạng tử vong. Dữ liệu được chia thành tập huấn luyện và tập kiểm tra theo tỷ lệ 60:40, có phân tầng theo biến đích để duy trì tỷ lệ hai nhóm. Trước khi huấn luyện, dữ liệu được kiểm tra giá trị thiếu và ngoại lai (những ca có giá trị thiếu bị loại bỏ trước khi đưa vào dữ liệu đầu vào). Các biến liên tục được chuẩn hóa bằng phương pháp Min-Max scaling, trong khi biến phân loại được mã hóa bằng one-hot encoding. Việc lựa chọn biến cho mô hình RF được thực hiện bằng Boruta trên tập huấn luyện [7]. Boruta là phương pháp chọn biến dựa trên RF, giúp xác định các đặc trưng có mức độ quan trọng cao hơn các biến ngẫu nhiên. Sau đó, mô hình RF được tối ưu siêu tham số bằng RandomizedSearchCV với xác thực chéo 5 lần trên tập huấn luyện. Bộ tham số tốt nhất được dùng để huấn luyện mô hình cuối cùng và đánh giá trên tập kiểm tra độc lập nhằm hạn chế quá khớp (overfitting) và ước lượng hiệu suất mô hình khách quan hơn. Mô hình được xây dựng trên máy tính cá nhân bằng ngôn ngữ lập trình Python (phiên bản 3.9) và triển khai trên môi trường Google Colab với cấu hình hỗ trợ tăng tốc độ tính toán.

** Xử lý số liệu*: Phần mềm phân tích thống kê SPSS 21.0 được sử dụng để phân tích số liệu. Biến liên tục được mô tả

bằng giá trị trung vị và khoảng tứ phân vị. Kiểm định giữa hai nhóm sử dụng kiểm định Independent Samples T-test (với dữ liệu phân phối chuẩn) hoặc kiểm định Mann-Whitney (với dữ liệu không phân phối chuẩn). Kiểm định sự khác biệt giữa hai nhóm với biến phân loại bằng kiểm định Chi-square. Hiệu suất chẩn đoán của mô hình học máy trong việc xác định tình trạng tử vong được đánh giá bằng AUC, Se, Sp, PPV và NPV. Kiểm định DeLong được sử dụng để so sánh AUC giữa các mô hình. Giá trị $p < 0,05$ được xem là có ý nghĩa thống kê. Đánh giá độ hiệu chuẩn của mô hình được thực hiện bằng biểu đồ calibration curve và chỉ số Brier score trên tập kiểm tra. Lợi ích lâm sàng được đánh giá bằng phân tích đường cong quyết định (decision curve analysis - DCA) và so sánh với các biến tham chiếu (lactate máu, ISS).

3. Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện dựa trên dữ liệu hồi cứu từ hồ sơ bệnh án và tuân thủ các quy định về đạo đức trong nghiên cứu y sinh học của Bệnh viện Quân y 103. Số liệu nghiên cứu được Khoa Hồi sức Ngoại, 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

1. Đặc điểm của đối tượng nghiên cứu

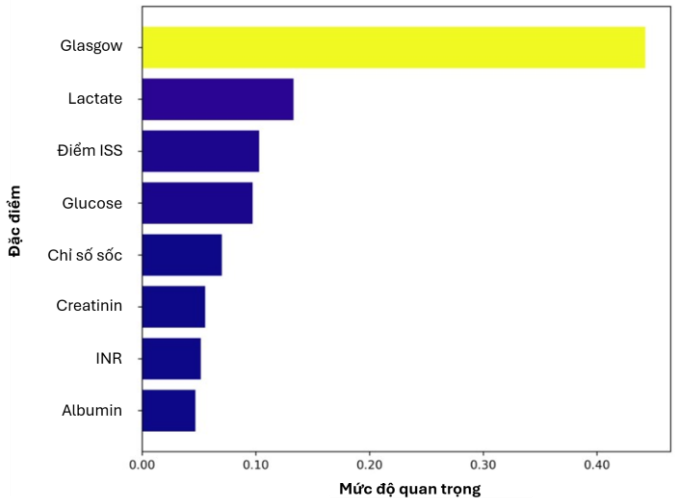
Bảng 1. Đặc điểm lâm sàng, xét nghiệm và so sánh giữa nhóm sống và nhóm tử vong.

Đặc điểm	Nhóm sống (n = 116)	Nhóm tử vong (n = 80)	p
Tuổi	37,0 (25,0 - 56,0)	45,0 (28,0 - 58,0)	0,16
Giới tính (nam/nữ)	93/23	64/16	0,976
Điểm Glasgow	8 (7 - 9)	5 (4 - 5)	< 0,001
ISS	32 (25 - 35)	41 (34 - 45)	< 0,001
Chỉ số sốc	0,88 (0,70 - 1,25)	1,14 (0,83 - 1,60)	0,001
Hồng cầu ($\times 10^{12}$/L)	3,74 (3,18 - 4,43)	3,35 (2,84 - 4,15)	0,084
Huyết sắc tố (g/L)	112,0 (93,0 - 132,0)	105,0 (103,1 - 121,8)	0,06
Creatinine (µmol/L)	89,2 (75,1 - 110,4)	110,6 (87,4 - 132,8)	< 0,001
Albumin (g/L)	34,2 (28,0 - 39,2)	30,0 (23,6 - 35,4)	< 0,001
Lactate (mmol/L)	3,7 (2,5 - 5,5)	6,6 (3,7 - 9,3)	< 0,001
Glucose (mmol/L)	9,4 (7,4 - 12,7)	12,8 (8,9 - 17,9)	< 0,001
INR	1,13 (1,04 - 1,27)	1,34 (1,12 - 1,60)	< 0,001
aPTT (s)	29,6 (27,0 - 36,4)	38,1 (30,3 - 53,0)	< 0,001
Thời gian đến viện (giờ)	3,0 (2,0 - 4,0)	3,0 (2,0 - 3,0)	0,241

Nhóm tử vong có tình trạng nặng hơn rõ rệt với điểm Glasgow thấp hơn, ISS cao hơn và chỉ số sốc cao hơn ($p < 0,01$). Các rối loạn sinh hóa cũng nặng hơn, gồm tăng creatinine, lactate, glucose, INR và aPTT và giảm albumin ($p < 0,001$).

2. Kết quả lựa chọn biến trong mô hình RF

Trong nghiên cứu này, ban đầu có 14 biến đầu vào được đưa vào mô hình. Sau quá trình lựa chọn đặc trưng, 8 biến quan trọng nhất được giữ lại để xây dựng mô hình RF (*Hình 1*). Trong đó, điểm Glasgow là biến có mức độ quan trọng cao nhất, vượt trội so với các biến còn lại, tiếp theo là lactate máu và ISS. Các biến như glucose, chỉ số sốc, creatinine, INR và albumin cũng đóng góp vào mô hình nhưng với mức độ thấp hơn.



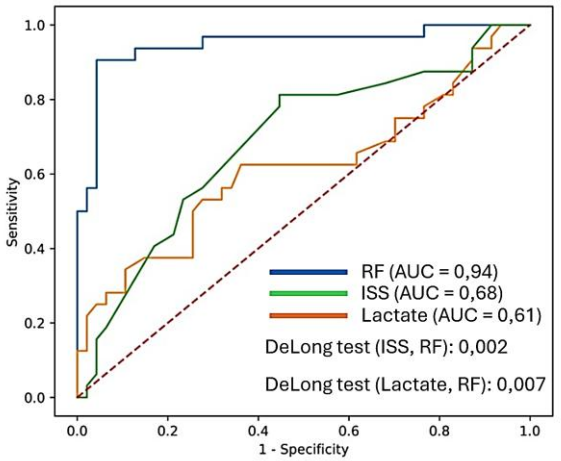
Hình 1. Tầm quan trọng của các đặc điểm trong mô hình RF.

3. So sánh hiệu suất dự đoán tử vong giữa mô hình RF, ISS và lactate máu

Bảng 2. So sánh hiệu suất dự đoán tử vong giữa mô hình RF, ISS và lactate máu.

Mô hình/chỉ số	Tập dữ liệu	AUC	Se	Sp	PPV	NPV
RF	Tập huấn luyện (n = 117)	0,98	95,83	94,20	92,00	97,01
	Tập kiểm tra (n = 79)	0,94	90,62	95,74	93,55	93,75
ISS	Tập huấn luyện (n = 117)	0,80	66,67	81,16	71,11	77,88
	Tập kiểm tra (n = 79)	0,68	81,25	55,32	55,32	81,25
Lactate máu	Tập huấn luyện (n = 117)	0,75	62,50	85,51	75,00	76,62
	Tập kiểm tra (n = 79)	0,61	62,50	63,83	54,05	71,43
Điểm Glasgow	Tập huấn luyện (n = 117)	0,70	66,67	56,60	71,88	64,96
	Tập kiểm tra (n = 79)	0,55	57,45	48,72	67,50	58,23

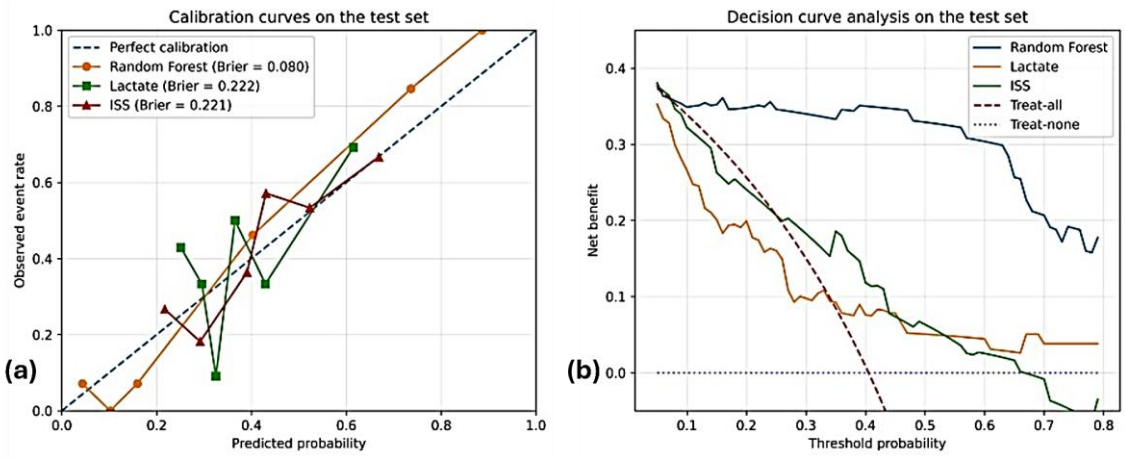
Mô hình RF cho hiệu suất dự đoán tử vong cao nhất trên cả tập huấn luyện và tập kiểm tra, với AUC lần lượt là 0,98 và 0,94. Trên tập kiểm tra, mô hình RF duy trì Se 90,62%, Sp 95,74%, PPV 93,55% và NPV 93,75%, cho thấy khả năng phân loại ổn định. Trong khi đó, ISS, lactate máu và điểm Glasgow có AUC thấp hơn rõ rệt trên tập kiểm tra, lần lượt là 0,68, 0,61 và 0,55.



Hình 2. Đường cong ROC so sánh khả năng dự đoán tử vong của RF, ISS và lactate máu.

Kết quả trên đường cong ROC tiếp tục khẳng định hiệu suất vượt trội của mô hình RF so với ISS và lactate máu. Mô hình RF đạt AUC cao nhất là 0,94, trong khi ISS và lactate máu chỉ đạt AUC lần lượt là 0,68 và 0,61. Kiểm định DeLong cho thấy sự khác biệt về giá trị AUC giữa mô hình RF với ISS và lactate máu đều có ý nghĩa thống kê, với p lần lượt là 0,002 và 0,007.

4. Đánh giá hiệu chuẩn và lợi ích lâm sàng



Hình 3. Đánh giá độ hiệu chuẩn và lợi ích lâm sàng của mô hình RF, ISS, và lactate máu trên tập kiểm tra.

Hình 3 cho thấy mô hình RF có độ hiệu chuẩn tốt nhất trên tập kiểm tra, với Brier score thấp nhất là 0,080 so với ISS và lactate máu. Trên phân tích đường cong quyết định, mô hình RF duy trì lợi ích cao hơn ISS, lactate máu, "treat-all" và "treat-none" trong hầu hết các ngưỡng xác suất.

BÀN LUẬN

Nghiên cứu này cho thấy mô hình RF có khả năng dự đoán tử vong ở BN đa chấn thương với hiệu suất cao hơn có ý nghĩa thống kê so với ISS và lactate máu đơn độc. Kết quả này cho thấy việc kết hợp đồng thời nhiều biến lâm sàng và xét nghiệm có thể phản ánh tốt hơn tình trạng BN so với việc sử dụng một chỉ số riêng lẻ. Xu hướng này phù hợp với nghiên cứu của He W và CS, trong đó các mô hình học máy sử dụng dữ liệu lâm sàng sẵn có cho thấy tiềm năng dự đoán tử vong sớm ở BN đa chấn thương [4].

Trong bệnh cảnh đa chấn thương, nguyên nhân tử vong sớm thường là tổn thương không thể cứu vãn của các cơ quan quan trọng (não, tim, động mạch lớn...). Chấn thương sọ não nặng kết hợp với sốc chấn thương thường là nguyên nhân hàng đầu. Tam chứng tử vong bao gồm hạ thân nhiệt, toan chuyển hóa và rối loạn đông máu, tạo vòng lặp ác tính làm tăng tử vong. Hạ thân nhiệt làm chậm đông máu và chuyển hóa; toan do thiếu oxy mô làm giãn mạch và tiêu thụ yếu tố đông máu; rối loạn đông máu do mất máu và tiêu thụ yếu tố. Đáp ứng viêm hệ thống giải phóng cytokine làm tổn thương nội mô, tăng tính thấm mạch và mất dịch vào khoang thứ ba, đẩy nhanh sốc. Nếu không phá vỡ vòng lặp bằng ủ ấm, truyền chế phẩm máu và cầm máu, BN nhanh chóng bị suy đa cơ quan và tử vong. Giai đoạn muộn hơn (từ vài ngày đến vài tuần), BN thường tử vong vì suy đa tạng, nhiễm trùng. Đây là nguyên nhân chiếm 20% số ca tử vong ở BN đa chấn thương [8].

Trong nghiên cứu của chúng tôi, điểm Glasgow là biến quan trọng nhất trong mô hình, tiếp theo là lactate máu và ISS. Điều này phù hợp với các nghiên cứu trước đây cho thấy Glasgow, ISS và các chỉ số phản ánh rối loạn tưới máu là những yếu tố liên quan chặt chẽ với tử vong sau chấn thương. Islam và CS cũng ghi nhận Glasgow, tuổi, ISS và lactate máu là các yếu tố dự báo độc lập của tử vong 72 giờ ở BN chấn thương nguy cơ cao [9]. Ngoài ra, Zhou và CS báo cáo BE, ISS và Glasgow là các yếu tố dự báo tử vong quan trọng ở BN đa chấn thương nặng [5]. Tuy nhiên, khi đánh giá riêng lẻ, điểm Glasgow chỉ đạt AUC 0,70 trên tập huấn luyện và 0,55 trên tập kiểm tra, thấp hơn so với mô hình RF tương ứng là 0,98 và 0,94. Điều này cho thấy mặc dù Glasgow là biến có đóng góp lớn nhất, mô hình không chỉ đơn thuần phản ánh quy luật "Glasgow thấp thì nguy cơ tử vong cao". Việc kết hợp thêm các biến lâm sàng và xét nghiệm giúp mô hình đánh giá toàn diện hơn tình trạng thần kinh, tuần hoàn, chuyển hóa và rối loạn đông máu của BN.

Về giá trị dự báo tử vong của ISS, trong nghiên cứu của chúng tôi, ISS đạt AUC 0,80 trên tập huấn luyện và 0,68 trên tập kiểm tra. Giá trị AUC trên tập kiểm tra thấp hơn so với kết quả của Ngô Đình Trung và CS (AUC = 0,80) [2]. Điều này có thể được lý giải do ISS phản ánh gánh nặng tổn thương giải phẫu, trong

khi tử vong ở BN đa chấn thương nặng tại Khoa Hồi sức còn phụ thuộc vào rối loạn sinh lý cấp tính như sốc, giảm tưới máu, rối loạn đông máu và suy đa cơ quan. Do đó, việc kết hợp ISS với các biến lâm sàng và xét nghiệm trong mô hình RF có thể giúp phản ánh toàn diện hơn nguy cơ tử vong. Lactate máu trong nghiên cứu này cao hơn có ý nghĩa ở nhóm tử vong, nhưng khi sử dụng đơn độc, chỉ đạt AUC 0,61 trên tập kiểm tra. Điều này gợi ý lactate máu là chỉ dấu quan trọng của giảm tưới máu mô, nhưng giá trị tiên lượng có thể bị giới hạn nếu không kết hợp với các thông tin lâm sàng khác. Một số nghiên cứu gần đây cũng cho thấy lactate máu có liên quan đến tử vong ở BN chấn thương, tuy nhiên, giá trị tiên lượng có thể thay đổi theo thời điểm đo, mức độ chấn thương và quần thể nghiên cứu [10].

Một điểm đáng chú ý là mô hình RF không chỉ có AUC cao mà còn có Brier score thấp và lợi ích lâm sàng tốt hơn trên phân tích DCA. Hướng triển khai phù hợp là tích hợp mô hình vào một công cụ hỗ trợ quyết định lâm sàng, ví dụ như web-based calculator, ứng dụng nội bộ của Khoa Hồi sức hoặc tích hợp vào hệ thống hồ sơ bệnh án điện tử. Hệ thống sẽ trả về xác suất nguy cơ tử vong và nhóm nguy cơ. Mặc dù vậy, nguy cơ quá khớp vẫn cần được xem xét do cỡ mẫu nghiên cứu còn hạn chế và dữ liệu được thu thập tại một trung tâm. Nghiên cứu đã sử dụng lựa chọn biến bằng Boruta, xác thực chéo 5 lần và tập kiểm tra độc lập để hạn chế nguy cơ này. Tuy nhiên, đây vẫn là đánh giá nội bộ, chưa thể thay thế ngoại kiểm trên dữ liệu độc lập. Vì vậy, mô hình cần được kiểm định thêm trên các quần thể BN khác với cỡ mẫu lớn hơn và được nghiên cứu đa trung tâm trước khi triển khai rộng rãi trong thực hành lâm sàng.

KẾT LUẬN

Mô hình RF dựa trên các biến lâm sàng và xét nghiệm thường quy cho thấy hiệu suất cao trong việc dự đoán tử vong ở BN đa chấn thương. Trên tập kiểm tra, mô hình đạt AUC, Se và Sp cao hơn rõ rệt so với ISS và lactate máu đơn độc. Kết quả này gợi ý mô hình học máy có thể hỗ trợ bác sĩ lâm sàng phân tầng nguy cơ và nhận diện sớm BN có tiên lượng nặng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. World Health Organization. Global status report on road safety 2023: country and territory profiles. 2024.

2. Ngô Đình Trung, Nguyễn Chí Tâm, Nguyễn Thái Cường và CS. Giá trị tiên lượng tử vong của một số yếu tố lâm sàng, cận lâm sàng trong đa chấn thương. Tạp chí Y Dược Lâm sàng 108. 2024;19(1):1-6.

3. Çınar E, Usul E, Demirtaş E, Gökçe A. The role of trauma scoring systems and serum lactate level in predicting prognosis in thoracic trauma. Turkish Journal of Trauma and Emergency Surgery. 2021;27(6):619-23.

4. He W, Fu X, Chen S. Advancing polytrauma care: developing and validating machine learning models for early mortality prediction. Journal of Translational Medicine. 2023;21(1):664.

5. Zhou P, Ling L, Xia X, et al. Independent predictors of mortality for critically ill patients with polytrauma: a single center, retrospective study. Heliyon. 2024;10(5):e25163.

6. Pape H-C, Lefering R, Butcher N, et al. The definition of polytrauma revisited: an international consensus process and proposal of the new 'Berlin definition'. Journal of Trauma and Acute Care Surgery. 2014;77(5):780-6.

7. Kursa MB, Rudnicki WR. Feature selection with the Boruta package. Journal of Statistical Software. 2010;36:1-13.

8. Pape HC, Moore EE, McKinley T, Sauaia A. Pathophysiology in patients with polytrauma. Injury. 2022;53(7): 2400-12.

9. Islam MM. Development and validation of two prediction models for 72-hour mortality in high-risk trauma patients using a benchmark dataset: a comparative study of logistic regression and neural networks models. Cureus. 2023;15(6):e40773.

10. Özel A, İlbeği EN, Yüce S. Predictive value of initial lactate levels for mortality and morbidity in critically ill pediatric trauma patients: a retrospective study from a Turkish pediatric intensive care unit. Acute and Critical Care. 2025;40(1):87-94.