

## XÂY DỰNG NOMOGRAM ĐỘNG TIÊN LƯỢNG HỒI PHỤC CHỨC NĂNG THẦN KINH SAU CHẤN THƯƠNG CỘT SỐNG TỦY SỐNG CỔ

Ngô Đình Trung<sup>1\*</sup>, Đỗ Văn Nam<sup>1</sup>

### Tóm tắt

**Mục tiêu:** Xây dựng nomogram động trên nền tảng web nhằm cá thể hóa tiên lượng hồi phục chức năng thần kinh (CNTK) sau 1 năm ở bệnh nhân (BN) chấn thương cột sống tủy sống cổ (CTCSTSC) được điều trị phẫu thuật. **Phương pháp nghiên cứu:** Nghiên cứu hồi cứu, mô tả, đơn trung tâm trên 206 BN CTCSTSC được phẫu thuật tại Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 từ tháng 01/2016 - 6/2024. Sử dụng phần mềm R và ứng dụng web Shiny để xây dựng nomogram động, trực tuyến tiên lượng hồi phục CNTK sau CTCSTSC dựa trên mô hình hồi quy logistic đa biến. **Kết quả:** Tỷ lệ BN hồi phục CNTK sau 1 năm là 46,6%. 6 biến được đưa vào mô hình tiên lượng bao gồm tuổi, mức độ hẹp ống sống, chiều dài tổn thương tủy, phẫu thuật trong 24 giờ đầu sau chấn thương, thời gian nằm hồi sức và mở khí quản. Mô hình hồi quy logistic đa biến cho giá trị tiên lượng tốt (AUC = 0,916). Công cụ nomogram động cho tiên lượng hồi phục CNTK đã được xây dựng với đường link truy cập là <https://dynnomogramsicu.shinyapps.io/DynomogramTSCI/>. **Kết luận:** Nomogram động được xây dựng từ mô hình hồi quy logistic đa biến cho phép cá thể hóa tiên lượng khả năng hồi phục CNTK sau CTCSTSC, giúp định hướng chiến lược điều trị, phân tầng nguy cơ và tối ưu hóa kế hoạch phục hồi chức năng cho BN.

**Từ khóa:** Nomogram động; Cá thể hóa; Hồi phục chức năng thần kinh; Chấn thương cột sống tủy sống cổ.

## DEVELOPMENT OF A DYNAMIC NOMOGRAM FOR PREDICTING NEUROLOGICAL RECOVERY FOLLOWING TRAUMATIC CERVICAL SPINAL CORD INJURY

### Abstract

**Objectives:** To develop a web-based dynamic nomogram for individualized prediction of neurological recovery at 1 year in patients undergoing surgery for

<sup>1</sup>Bệnh viện Trung ương Quân đội 108

\*Tác giả liên hệ: Ngô Đình Trung (bsngotrung@gmail.com)

Ngày nhận bài: 07/12/2025

Ngày được chấp nhận đăng: 14/01/2026

<http://doi.org/10.56535/jmpm.v51i2.1800>

traumatic cervical spinal cord injury (TCSCI). **Methods:** A retrospective, descriptive, single-center study was conducted on 206 patients with TCSCI who underwent surgery at 108 Military Central Hospital between January 2016 and June 2024. R software and a Shiny web application, a dynamic, interactive nomogram was developed based on a multivariable logistic regression model to predict neurological recovery after TCSCI. **Results:** The neurological recovery rate at 1 year was 46.6%. 6 variables were incorporated into the prognostic model, including age, degree of cervical spinal canal stenosis, spinal cord lesion length, surgery within 24 hours after injury, intensive care unit length of stay, and tracheostomy. The multivariable logistic regression model demonstrated excellent predictive performance with an AUC of 0.916. A dynamic nomogram for predicting neurological recovery has been developed and is accessible at <https://dynnomogramsicu.shinyapps.io/DynomogramTSCI/>. **Conclusion:** The dynamic nomogram derived from a multivariable logistic regression model enables individualized prediction of neurological recovery following TCSCI. This prognostic tool may guide therapeutic decision-making, support risk stratification, and optimize rehabilitation planning for surgically treated patients.

**Keywords:** Dynamic nomogram; Individualized prediction; Neurological recovery; Traumatic cervical spinal cord injury.

## ĐẶT VẤN ĐỀ

Chấn thương cột sống tủy sống cổ là một trong những dạng chấn thương nặng nề nhất, thường gây liệt tứ chi và để lại gánh nặng lâu dài cho BN và hệ thống y tế. Nhiều nghiên cứu gần đây khẳng định vai trò của phẫu thuật giải ép sớm, đặc biệt trong 24 giờ đầu, cùng với các yếu tố lâm sàng và hình ảnh học trong tiên lượng khả năng hồi phục CNTT [1 - 4]. Trong khi đó, các thang điểm thần kinh như AIS và một số mô hình học máy tuy hữu ích nhưng còn hạn chế về khả

năng phản ánh đầy đủ xác suất hồi phục hoặc khó áp dụng rộng rãi trong thực hành lâm sàng thường quy [5 - 7].

Xuất phát từ nhu cầu về một công cụ tiên lượng đảm bảo được các yếu tố chính xác, trực quan và dễ sử dụng, chúng tôi tiến hành nghiên cứu “Xây dựng nomogram động tiên lượng hồi phục CNTT sau CTCSTSC” nhằm: *Phát triển nomogram động trên nền tảng web, hỗ trợ cá thể hóa tiên lượng và định hướng chiến lược điều trị, phục hồi chức năng cho từng BN.*

## ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 1. Đối tượng nghiên cứu

Gồm 206 BN CTCSTSC đã được phẫu thuật tại Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 từ tháng 01/2016 - 6/2024.

\* *Tiêu chuẩn lựa chọn*: BN  $\geq 14$  tuổi tại thời điểm nhập viện; BN liệt chi trên và/hoặc chi dưới tại thời điểm nhập viện; BN được theo dõi kết quả trong thời gian ít nhất 1 năm sau chấn thương.

\* *Tiêu chuẩn loại trừ*: BN có tiền sử liệt trước chấn thương; BN chấn thương sọ não nặng kèm theo hoặc tổn thương tủy sống ngoài đoạn cổ (ngực, thắt lưng...); BN tử vong trong vòng 1 năm sau chấn thương.

### 2. Phương pháp nghiên cứu

\* *Thiết kế nghiên cứu*: Nghiên cứu hồi cứu, mô tả, đơn trung tâm.

\* *Cỡ mẫu và phương pháp chọn mẫu*: Chọn mẫu toàn bộ.

\* *Chỉ tiêu nghiên cứu*: Tuổi, giới tính, cơ chế chấn thương, CNTT ở thời điểm nhập viện và thời điểm 1 năm sau chấn thương, sử dụng vận mạch, phẫu thuật giải ép tủy trong vòng 24 giờ sau chấn thương, mở khí quản, thời gian nằm hồi sức, mức độ tổn thương tủy cổ cao nhất,

mức độ hẹp ống sống, chiều dài tổn thương tủy, tín hiệu trên xung T2 trên cộng hưởng từ.

\* *Tiêu chuẩn áp dụng trong nghiên cứu*:

Đánh giá CNTT tuân theo Tiêu chuẩn Quốc tế Phân loại Tổn thương Tủy sống (ISNCSCI); BN được phân loại theo AIS gồm: AIS A, AIS B, AIS C, AIS D và AIS E.

Mức độ hẹp ống sống được đánh giá theo tỷ lệ Torg-Pavlov.

\* *Xử lý số liệu*: Bằng phương pháp thống kê y học sử dụng phần mềm R phiên bản 4.4.1 và ứng dụng web Shiny kết hợp phần mềm R để xây dựng công cụ nomogram động. Phần mềm R và ứng dụng web Shiny sử dụng trong nghiên cứu đều là phần mềm mở, được phép sử dụng miễn phí và không vi phạm bản quyền. Ngưỡng ý nghĩa thống kê được xác định với  $p < 0,05$ .

### 3. Đạo đức nghiên cứu

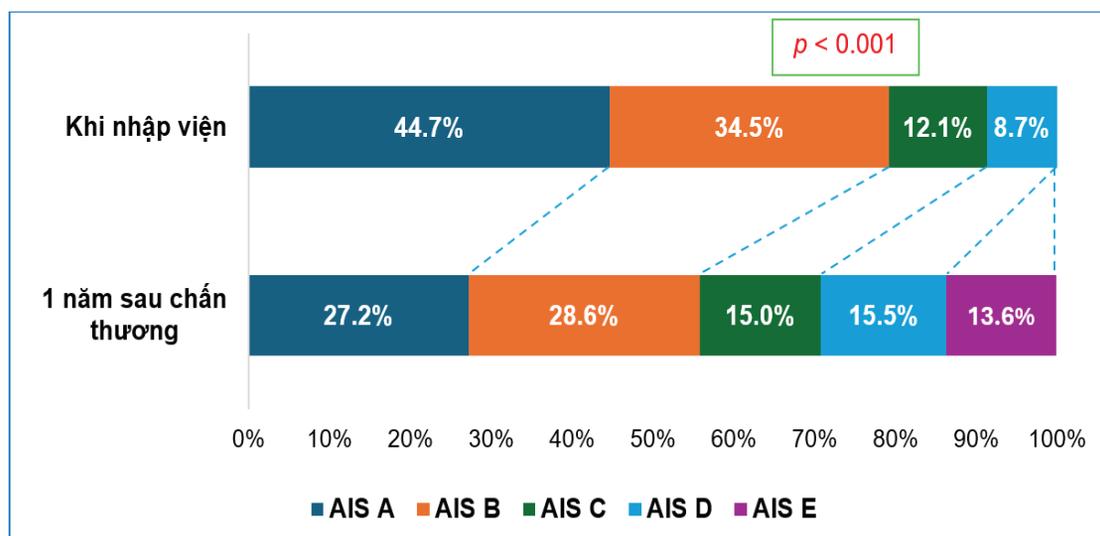
Nghiên cứu được tiến hành tuân thủ các quy định về đạo đức trong nghiên cứu y sinh học của Bệnh viện Trung ương Quân đội 108. Số liệu nghiên cứu được Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 cho phép sử dụng và công bố. Nhóm tác giả cam kết không có xung đột lợi ích trong nghiên cứu.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

**Bảng 1.** So sánh một số đặc điểm lâm sàng, cận lâm sàng giữa 2 nhóm.

<b>Biến số</b>	<b>Tổng (n = 206)</b>	<b>Không hồi phục (n = 110)</b>	<b>Có hồi phục (n = 96)</b>	<b>p</b>
<b>Đặc điểm lâm sàng</b>				
Nam giới, n (%)	170 (82,5)	88 (80,0)	82 (85,4)	0,307
Tuổi, trung vị (Q1 - Q3), năm	55 (38 - 64)	56 (42 - 66)	52 (37 - 63)	0,101
Cơ chế chấn thương, n (%)				0,018
Năng lượng cao	161 (78,2)	93 (84,5)	68 (70,8)	-
Năng lượng thấp	45 (21,8)	17 (15,5)	28 (29,2)	-
Điểm AIS lúc nhập viện, n (%)				< 0,001
AIS A	92 (44,7)	60 (54,5)	32 (33,3)	-
AIS B	71 (34,5)	42 (38,2)	29 (30,2)	-
AIS C	25 (12,1)	6 (5,5)	19 (19,8)	-
AIS D	18 (8,7)	2 (1,8)	16 (16,7)	-
Phải dùng thuốc vận mạch để nâng huyết áp, n (%)	57 (27,7)	42 (38,2)	15 (15,6)	< 0,001
Phẫu thuật giải nén trong 24h sau chấn thương, n (%)	101 (49,0)	38 (34,5)	63 (65,6)	< 0,001
Mở khí quản, n (%)	59 (28,6)	42 (38,2)	17 (17,7)	0,001
Thời gian nằm hồi sức, trung vị (Q1 - Q3), ngày	6 (3 - 10)	7,5 (5 - 12)	5 (1 - 7)	< 0,001
<b>Đặc điểm tổn thương cột sống cổ trên MRI</b>				
Mức độ cao nhất của tổn thương, n (%)				0,016
C1 - C3	71 (34,5)	46 (41,8)	25 (26,0)	-
C4 - C5	101 (49,0)	52 (47,3)	49 (51,0)	-
C6 - C7	34 (16,5)	12 (10,9)	22 (22,9)	-
Mức độ hẹp ống sống, n (%)				< 0,001
Nhẹ	47 (22,8)	8 (7,3)	39 (40,6)	-
Trung bình	72 (35,0)	38 (34,5)	34 (35,4)	-
Nặng	87 (42,2)	64 (58,2)	23 (24,0)	-
Chiều dài tổn thương tủy sống, trung vị (Q1 - Q3), mm	31 (21 - 43)	40 (28 - 52)	25 (20 - 32)	< 0,001
Tăng tín hiệu trên xung T2, n (%)	146 (70,9)	86 (78,2)	60 (62,5)	0,013

Kết quả so sánh giữa hai nhóm cho thấy BN hồi phục CNTT có tỷ lệ được phẫu thuật sớm (trong vòng 24 giờ sau chấn thương) cao hơn, đồng thời tỷ lệ sử dụng thuốc vận mạch, mở khí quản, chấn thương nặng lượng cao và thời gian nằm hồi sức đều thấp hơn rõ rệt so với nhóm không hồi phục ( $p < 0,05$ ). Về hình ảnh học, nhóm không hồi phục có tỷ lệ hẹp ống sống mức độ nặng, chiều dài tổn thương tủy trên MRI, độ cao tổn thương tủy và tăng tín hiệu trên xung T2 cao hơn đáng kể so với nhóm hồi phục ( $p < 0,05$ ). Ngược lại, không khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa hai nhóm về tuổi và giới tính.



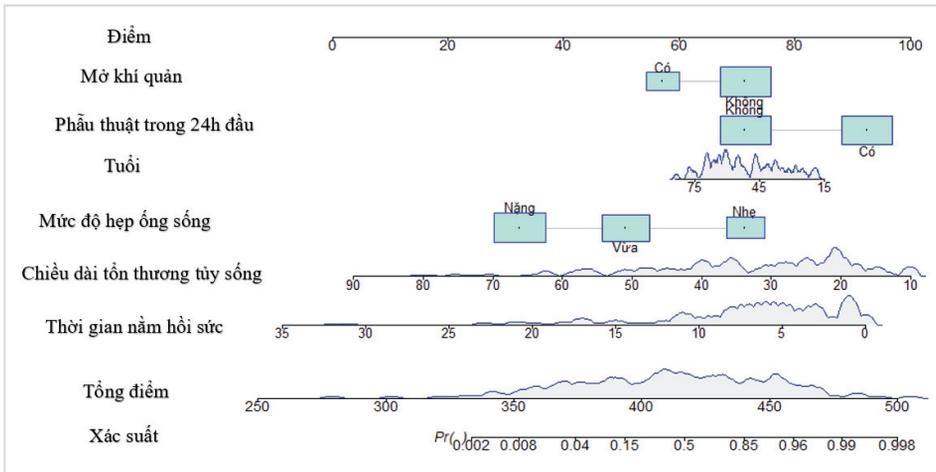
**Hình 1.** Thay đổi về điểm AIS giữa thời điểm 1 năm sau chấn thương và thời điểm nhập viện ngay sau chấn thương.

Phân bố về điểm AIS có sự thay đổi rõ rệt ở thời điểm 1 năm sau chấn thương so với thời điểm nhập viện ngay sau chấn thương ( $p < 0,001$ ). Tỷ lệ BN có điểm AIS A giảm từ 44,7% lúc nhập viện xuống 27,2%, trong khi tỷ lệ BN có điểm AIS D và AIS E biểu hiện hồi phục thần kinh tốt hơn, tăng lần lượt từ 8,7% lên 15,5% và từ 0% lên 13,6%.

**Bảng 2.** Hồi quy logistic đơn biến và đa biến xác định yếu tố tiên lượng hồi phục CNTK sau CTCSTSC.

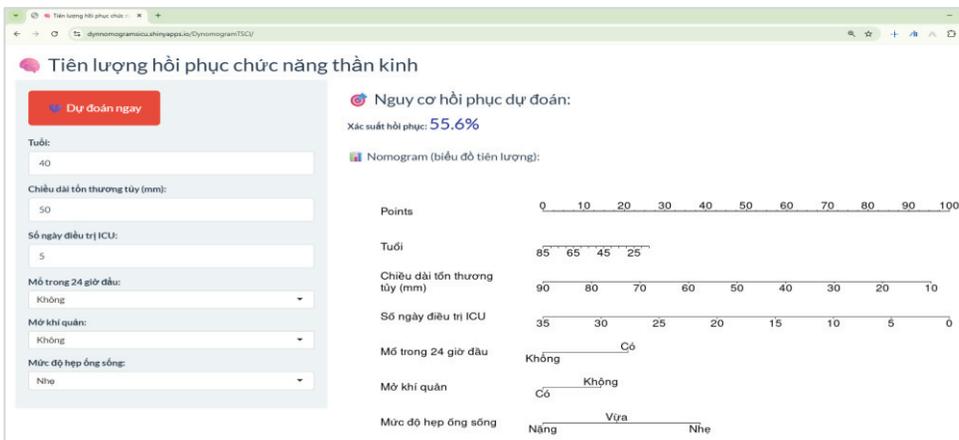
Biến số	Hồi quy logistic			
	Đơn biến		Đa biến	
	OR	p	OR	p
Tuổi	0,98	0,108	0,97	0,038
Giới tính	1,46	0,309	-	-
Điểm AIS lúc nhập viện	-	< 0,001	-	-
Cơ chế chấn thương năng lượng cao	0,44	0,019	-	-
Mức độ hẹp ống sống	-	< 0,001	-	< 0,001
Hẹp ống sống mức độ vừa so với nhẹ	0,18	< 0,001	0,21	0,009
Hẹp ống sống mức độ nặng so với nhẹ	0,07	< 0,001	0,05	< 0,001
Chiều dài tổn thương tủy (mm)	0,92	< 0,001	0,91	< 0,001
Độ cao tổn thương tủy cổ	-	0,018	-	-
Tăng tín hiệu trên xung T2	0,46	0,014	-	-
Phẫu thuật trong 24h sau chấn thương	3,61	< 0,001	4,80	< 0,001
Dùng thuốc vận mạch để nâng huyết áp	0,30	< 0,001	-	-
Thời gian nằm hồi sức (ngày)	0,86	< 0,001	0,81	< 0,001
Mở khí quản	0,35	0,001	0,34	0,021

Kết quả phân tích hồi quy logistic đa biến cho thấy có 6 yếu tố tiên lượng độc lập hồi phục CNTK sau CTCSTSC là tuổi, mức độ hẹp ống sống, chiều dài tổn thương tủy, phẫu thuật trong 24 giờ sau chấn thương, thời gian nằm hồi sức và cần phải mở khí quản, với  $p < 0,05$ . Mô hình hồi quy logistic xây dựng dựa trên 6 yếu tố này bước đầu cho thấy có giá trị tốt trong tiên đoán hồi phục CNTK với  $AUC = 0,916$ ,  $p < 0,05$ .



**Hình 2.** Nomogram tĩnh trong tiên lượng hồi phục CNTK sau CTCSTSC.

Hình 2 biểu thị nomogram tĩnh được xây dựng từ mô hình hồi quy logistic đa biến ở bảng 2. Mỗi giá trị của biến trong mô hình tương ứng với một số điểm trên trục “Điểm”; tính tổng điểm rồi chiếu xuống trục “Xác suất” cho phép ước tính khả năng hồi phục CNTK sau 1 năm cho từng BN. Ngoài ra, các đường mật độ bên trên thang điểm (biến liên tục) và độ lớn của mỗi ô (biến phân loại) thể hiện phân bố giá trị trong mẫu nghiên cứu.



**Hình 3.** Công cụ nomogram động, trực tuyến cho tiên lượng khả năng hồi phục CNTK sau CTCSTSC.

Công cụ nomogram động, trực tuyến cho phép nhập các thông tin lâm sàng và hình ảnh học của từng BN và tự động tính toán, hiển thị xác suất hồi phục CNTK ở thời điểm 1 năm sau chấn thương dưới dạng phần trăm khi ấn nút “Dự đoán ngay”. Nhân viên y tế có thể truy cập và sử dụng miễn phí tại địa chỉ <https://dynnomogramsicu.shinyapps.io/DynomogramTSCI/>.

## BÀN LUẬN

Nghiên cứu xây dựng được mô hình tiên lượng cá thể hóa dưới dạng nomogram động để dự đoán khả năng hồi phục CNTT sau 1 năm ở BN CTCSTSC được phẫu thuật. Mô hình hồi quy logistic đa biến xác định 6 yếu tố tiên lượng độc lập với khả năng phân biệt rất tốt (AUC = 0,916), cho thấy giá trị ứng dụng trong hỗ trợ quyết định điều trị và tư vấn tiên lượng.

Trong số các yếu tố này, thời điểm phẫu thuật là biến có ý nghĩa lâm sàng nổi bật, phẫu thuật giải ép trong 24 giờ đầu liên quan rõ rệt tới tỷ lệ hồi phục CNTT cao hơn so với can thiệp muộn, phù hợp với quan điểm “time is spine” và dữ liệu y văn cũng cho thấy giải ép sớm giúp cải thiện vận động, cảm giác và điểm AIS ở BN CTCSTSC nặng [1, 2]. Các tham số hình ảnh học cũng giữ vai trò quan trọng, mức độ hẹp ống sống và chiều dài tổn thương tủy phản ánh mức độ chèn ép và lan rộng tổn thương. Kết quả của chúng tôi tương đồng với nghiên cứu của Yang và CS, nhấn mạnh tầm quan trọng của giải ép kịp thời trong phục hồi cấu trúc và chức năng tủy sống [3].

Tuổi cao, thời gian nằm ICU kéo dài và nhu cầu mở khí quản là những chỉ dấu gián tiếp của tình trạng toàn thân nặng và gánh nặng biến chứng, qua đó làm giảm tiềm năng hồi phục. Điều này phù hợp với nhận định BN lớn tuổi vẫn có thể hưởng lợi từ phẫu thuật nhưng tuổi cao là yếu tố bất lợi cho kết cục chức năng

[4]. Mức độ tổn thương thần kinh ban đầu cũng là yếu tố cần quan tâm. Choy và CS cho thấy tỷ lệ không nhỏ BN cải thiện ít nhất một bậc AIS, nhưng đồng thời tác giả cũng chỉ ra hệ thống AIS có thể đánh giá thấp mức độ hồi phục, gợi ý vai trò hỗ trợ của các mô hình định lượng như nomogram [5].

Hiệu năng của mô hình trong nghiên cứu này tương đương hoặc cao hơn một số mô hình tiên lượng dựa trên học máy gần đây. Shimizu và CS (CatBoost cho BN phẫu thuật cấp cứu trong 24 giờ đầu) và Maki và CS (ứng dụng web dự đoán kết cục sau liệu trình phục hồi chức năng nội trú) lần lượt báo cáo AUC khoảng 0,90 và 0,857 [6, 7]. Mô hình hồi quy logistic của chúng tôi đạt AUC = 0,916 cho thấy các mô hình thống kê cổ điển, khi lựa chọn biến hợp lý, vẫn có thể đạt độ chính xác không kém mô hình phức tạp, vẫn đảm bảo được tính minh bạch, trực quan và dễ triển khai trong thực hành lâm sàng. Chúng tôi đã xây dựng nomogram động trực tuyến theo ngôn ngữ tiếng Việt, có thể dễ dàng truy cập và sử dụng ở địa chỉ <https://dynnomogramsicu.shinyapps.io/DynomogramTSCI/>, ứng dụng này cho phép nhập nhanh các thông số của từng BN, trả về xác suất hồi phục theo thời gian thực, hỗ trợ phân tầng nguy cơ và ra quyết định lâm sàng dựa trên bằng chứng định lượng.

Tuy vậy, nghiên cứu này vẫn có một số hạn chế: Thiết kế hồi cứu, đơn trung tâm với cỡ mẫu trung bình nên có thể hạn chế khả năng khái quát hóa cho các quần thể

và các cơ sở y tế khác nhau. Mô hình cần được kiểm định lại trên các quần thể độc lập, ưu tiên các nghiên cứu đa trung tâm với cỡ mẫu lớn hơn và có thể bổ sung thêm các chỉ dấu hình ảnh nâng cao hoặc dấu ấn sinh học để cải thiện thêm độ chính xác tiên lượng và giá trị ứng dụng lâm sàng của nomogram động.

### KẾT LUẬN

Nomogram động được xây dựng dựa trên mô hình hồi quy logistic đa biến với 6 yếu tố tiên lượng độc lập bước đầu cho thấy đây là công cụ có giá trị, giúp cá thể hóa tiên lượng, qua đó hỗ trợ bác sĩ định hướng chiến lược điều trị, phân tầng nguy cơ và tối ưu hóa kế hoạch phục hồi chức năng cho BN.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Moghaddamjou A, Fehlings MG. The beneficial effect of early surgical decompression for acute spinal cord injury: Time is spine. *Neurospine*. 2021; 18(1):20.

2. Yamamoto K, Okuda A, Maegawa N, et al. Is early surgical intervention effective for traumatic severe cervical spinal cord injury? A retrospective study secondary publication. *Signa Vitae*. 2022; 18(4):41-46.

3. Yang C, Wang Q, Xu S, Guan C, Li G, Wang G. Early expansive single sided laminoplasty decompression treatment severe traumatic cervical spinal cord injury. *Front Surg*. 2022; 9:984899.

4. Feng N, Xu L, Yu X, et al. Case characteristics and surgical efficacy in elderly patients over 65 years of age with cervical spinal cord injury without fracture and dislocation: A retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2024; 25(1):921.

5. Choy W, Kyritsis N, Fernandez XD, et al. American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment Scale (AIS) conversion underestimates neurological recovery following traumatic spinal cord injury. *Neurosurgery*. 2023; 69(Suppl 1):29.

6. Shimizu T, Suda K, Maki S, et al. Efficacy of a machine learning-based approach in predicting neurological prognosis of cervical spinal cord injury patients following urgent surgery within 24h after injury. *J Clin Neurosci*. 2023; 107:150-156.

7. Maki S, Furuya T, Inoue T, et al. Machine learning web application for predicting functional outcomes in patients with traumatic spinal cord injury following inpatient rehabilitation. *J Neurotrauma*. 2024; 41(9-10):1089-1100.