

# Đánh giá kết quả sớm phẫu thuật điều trị người bệnh biến dạng cột sống do thoái hóa ở người trưởng thành

Nguyễn Lê Bảo Tiến, Nguyễn Việt Lực, Võ Văn Thanh, Ngô Thanh Tú, Phạm Hồng Phong

Bệnh viện Hữu nghị Việt Đức

## Địa chỉ liên hệ:

Nguyễn Việt Lực

Bệnh viện Hữu nghị Việt Đức

40 Tràng Thi, Hoàn Kiếm, Hà Nội

Điện thoại: 0975 285 791

Email: nguyenvietluc111@gmail.com

**Ngày nhận bài: 15/9/2022**

**Ngày chấp nhận đăng:**

**25/10/2022**

**Ngày xuất bản: 31/10/2022**

## Tóm tắt

**Đặt vấn đề:** Biến dạng cột sống do thoái hóa ở người trưởng thành (ASD) là tình trạng thoái hóa gây lệch trục cột sống, có thể dẫn đến đau, tổn thương thần kinh và/hoặc mất chức năng. Điều trị phẫu thuật được đặt ra khi điều trị nội khoa không đáp ứng sau 6 tuần. Phẫu thuật cố định cột sống ngực thất lưng cùng S2 bắt vít khớp cùng chậu, giải ép, hàn xương liên thân đốt là một phương pháp để điều trị biến dạng cột sống thoái hóa.

**Đối tượng và phương pháp nghiên cứu:** Nghiên cứu hồi cứu trên 15 người bệnh được chẩn đoán biến dạng cột sống thoái hóa được điều trị bằng phương pháp pháp cố định cột sống ngực thất lưng cùng S2 khớp cùng chậu, giải ép, hàn xương liên thân đốt từ năm 1/2018 đến 12/2021 tại Bệnh viện Hữu nghị Việt Đức.

**Kết quả nghiên cứu:** Tỷ lệ nam nữ trong nghiên cứu là 14/1. Độ tuổi trung bình trong nghiên cứu là  $63,6 \pm 6,4$  tuổi. Cải thiện về chỉ số SVA trước mổ là 75,19 mm, sau mổ là 42,22 mm. Có sự cải thiện có ý nghĩa thống kê về chất lượng cuộc sống của người bệnh qua các chỉ số ODI, bộ câu hỏi SRS-22.

**Kết luận:** Phẫu thuật cố định cột sống ngực thất lưng cùng S2 khớp cùng chậu, giải ép, hàn xương liên thân đốt điều trị biến dạng cột sống thoái hóa đem lại kết quả tốt về chất lượng cuộc sống và cân bằng đứng dọc trên phim X-quang toàn bộ cột sống.

**Từ khóa:** Biến dạng cột sống thoái hóa, vẹo cột sống thoái hóa, S2 xương chậu.

## Đặt vấn đề

Biến dạng cột sống do thoái hóa ở người trưởng thành (ASD) là tình trạng thoái hóa gây lệch trục cột sống, có thể dẫn đến đau, tổn thương thần kinh và/hoặc mất chức năng. Biến dạng hay gặp là vẹo cột sống thoái hóa, trượt thoái hóa cột sống. Các biến dạng này có thể bao gồm mọi tổ hợp trên mặt phẳng đứng ngang và đứng dọc. Tỷ lệ biến dạng cột sống do thoái hóa ở người trưởng thành tăng từ 1% đến 30%. ASD có thể điều trị phẫu thuật hoặc không phẫu thuật. Mục đích của điều trị phẫu thuật ngoài giải ép thần kinh còn nhằm đạt mục đích đưa cột sống về cân bằng trên cả mặt phẳng đứng ngang và đứng dọc dựa trên các chỉ số như SVA, PT, PI... Phẫu thuật cố định cột sống ngực thất lưng cùng S2 cánh chậu là một phẫu thuật giúp nắn chỉnh những biến dạng này. Tại khoa Phẫu thuật cột sống Bệnh viện HN Việt Đức, chúng tôi tiến hành phẫu thuật cố định cột sống thất lưng cùng S2 cánh chậu, giải ép từ năm 2018, tuy nhiên chưa có báo cáo nào về phẫu thuật này. Vì vậy, chúng tôi tiến hành nghiên cứu: “Đánh giá kết quả sớm phẫu thuật điều trị người bệnh biến dạng cột sống do thoái hóa ở người trưởng thành” với mục tiêu đánh giá kết quả lâm sàng và cận lâm sàng của phương pháp cố định cột sống ngực thất lưng cùng S2 cánh chậu, giải ép thần kinh tại Bệnh viện Hữu nghị Việt Đức.

## Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### Đối tượng nghiên cứu:

Chúng tôi tiến hành nghiên cứu trên 15 người bệnh được chẩn đoán biến dạng cột sống do thoái hóa đã được phẫu thuật bằng phương pháp cố định ngực thất lưng cùng - S2 cánh chậu, giải ép và hàn xương liên thân đốt tại khoa Phẫu thuật cột sống Bệnh viện Việt Đức trong thời gian 1/2018 - 12/2021.

Cách chọn mẫu: Thuận tiện

### Tiêu chuẩn lựa chọn người bệnh

Người bệnh được chẩn đoán: Biến dạng cột sống do thoái hóa.

Không có tiền sử vẹo vô căn từ trước.

Có đầy đủ hồ sơ.

Người bệnh tuân thủ điều trị, đồng ý tham gia nghiên cứu.

### Tiêu chuẩn loại trừ:

Người bệnh có các bệnh lý phối hợp như u vùng cùng cụt...

Người bệnh không tuân thủ điều trị.

Không đầy đủ hồ sơ, không đồng ý tham gia nghiên cứu.

**Phương pháp nghiên cứu:** Nghiên cứu hồi cứu mô tả.

### Quy trình phẫu thuật:

Người bệnh được gây mê nội khí quản.

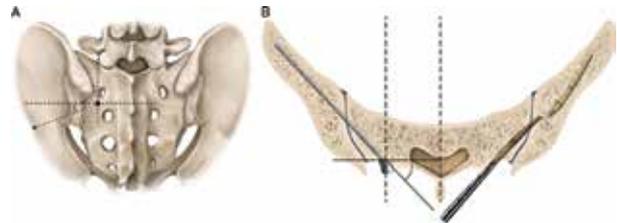
Người bệnh nằm sấp, bụng tự do, gấp nhẹ khớp háng.

Gây tê tại chỗ bằng hỗn hợp Adrenalin và Lidocain vị trí xác định rạch da.

Rạch da, bộc lộ cung sau và điểm bắt vít đốt sống từng đoạn, cầm máu kỹ tránh mất máu.

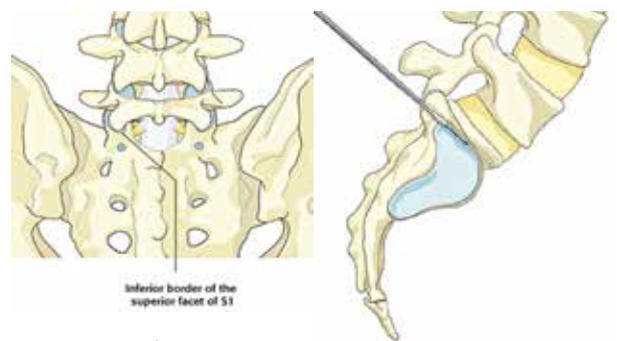
Sau khi bộc lộ rõ các điểm bắt vít, tiến hành bắt vít dưới Carm toàn bộ.

Bắt vít S2 cánh chậu: Điểm vào là điểm giữa lỗ liên hợp S1-S2 cách bờ ngoài xương cùng 2mm, dùng khoan mài 3mm bộc lộ điểm vào sâu 5mm. Bắt vít S2 dưới Carm hướng dẫn.



Hình 1: Mô tả cách bắt vít S2 [1]

Bắt vít S1 (hình dưới):



Hình 2. Cách bắt vít S1

Bắt vít qua cuống tất cả các đốt sống từ L5 đến T10 dưới Carm.

Giải ép thần kinh, cắt khớp xương nắn chỉnh, Làm đĩa các tầng đĩa đệm bị tổn thương, ghép xương liên thân đốt L3L4 L4L5 L5S1 (Có thể L2L3).

Đặt rod, ốc khóa trong.

Đặt dẫn lưu, đóng vết mổ.

**Kết quả nghiên cứu**

**Đặc điểm chung:**

Tuổi: Độ tuổi trung bình là 63,6 ± 6,4 tuổi. Độ tuổi chủ yếu là 60 - 70 tuổi chiếm 53,3% (8 NB).

Giới: Có 14 người bệnh là nữ chiếm 93,3%, chỉ có 01 người bệnh nam chiếm 6,7%.

**Đặc điểm lâm sàng và chẩn đoán hình ảnh trước mổ:**

**Điểm VAS trước mổ**

Bảng 1. Điểm VAS trước mổ

Mức độ đau (VAS)	VAS lưng (f)	VAS chân (f)
Trung bình	6,870,7	6,930,7

**Phân loại trên chẩn đoán hình ảnh**

Bảng 2: Phân loại SRS-Schwab trên mặt phẳng đứng dọc

	Số NB (n)	Tỉ lệ %
0: < 10°	0	0
+: 10 - 20°	4	26,7
++: > 20°	11	73,3
0: SVA < 4cm	4	26,7
+: SVA 4 - 9,5cm	7	46,6
++: SVA > 9,5cm	4	26,7
0: PT < 20°	4	26,7
+: PT 20 - 30°	6	40,0
++: PT > 30°	5	33,3

**Kết quả sau phẫu thuật:**

Các chỉ số chung:

Bảng 3: Các chỉ số trong phẫu thuật

Chỉ số	Trung bình	Min	Max
Lượng máu mất (ml)	1303.33 ± 484.69	700	2500
Thời gian phẫu thuật (phút)	300.5 ± 30.3	200	420
Thời gian nằm viện (ngày)	11.2 ± 9.2	5	39
Số đốt cố định	10.5 ± 1.6	10	16
Số tầng hàn xương	2.53 ± 0.83	1	4

**Đặc điểm lâm sàng sau phẫu thuật:**

Bảng 4: Thang điểm VAS sau phẫu thuật

Mức độ đau (VAS)	VAS lưng (f)		VAS chân (f)	
	Trước mổ	Sau mổ	Trước mổ	Sau mổ
0	0	0	0	0
1-2	0	11	0	9
3-4	0	4	0	5
5-6	4	0	5	1
7-8	11	0	10	0
9-10	0	0	0	0
Tổng (N)	15	15	15	15
Trung bình	6,870,7	2,330,81	6,930,7	2,731,03
	p=0,000		p=0,001	

Bảng 5: Cải thiện chỉ số trên phim X quang

Chỉ số	Trước mổ	Sau mổ	p
Góc gù ngực - TK (độ)	9,03 ± 4,2	19,91 ± 6,42	0,001
Góc uốn thất lưng - LL (độ)	9,81 ± 17,3	22,58 ± 8,23	0,007
PT (độ)	25,1 ± 8,37	24,91 ± 5,48	0,943
PI (độ)	41,87 ± 12,25	44,61 ± 10,51	0,452
PI-LL (độ)	32,06 ± 13,76	22,03 ± 11,93	0,257
SVA (mm)	75,19 ± 37,42	42,22 ± 22,51	0,000

Bảng 6: Cải thiện về chỉ số ODI

ODI (%)	Trước mổ	Sau mổ	P
Trung bình	44,40 ± 5,68	22,40 ± 9,12	0,001
Min	27	16	
Max	51	52	

Bảng 7: Thang điểm SRS 22

Mục SRS-22	Trước mổ	Sau mổ	p
SRS chức năng	1,49 ± 0,29	3,01 ± 0,75	0,000
SRS đau	2,27 ± 0,49	3,83 ± 0,49	0,000
SRS quan điểm cơ thể	1,39 ± 0,26	3,11 ± 0,74	0,001
SRS tâm lý	2,69 ± 0,58	3,93 ± 0,60	0,000
Tổng SRS	0,75 ± 0,23	2,53 ± 0,60	0,000
SRS hài lòng		4,23 ± 0,78	

### Các biến chứng của phẫu thuật

Bảng 8: Các biến chứng của phẫu thuật

Biến chứng	n	%
Nhiễm trùng	2	13,3
Gù đoạn kế cận	1	6,7
Tổng	3	20

### Bàn luận

Trong nghiên cứu của chúng tôi nữ giới chiếm 93,3%, tỉ lệ nữ/nam là 14/1. Các nghiên cứu của các tác giả trên thế giới cũng cho kết quả tương tự như của Alex S.Ha và cộng sự (2021) nghiên cứu trên 83 người bệnh, có tỉ lệ nữ là 74,7%, [3] Smith và cộng sự (2018) nghiên cứu trên 86 người bệnh từ 2009-2014, tỉ lệ nữ là 79%. [4] Tại Việt Nam, chưa có nghiên cứu đánh giá về cố định dài trong biến dạng cột sống do thoái hóa. Các tác giả cho rằng nữ giới có tỉ lệ biến dạng cao hơn do các nguyên nhân: lao động nặng nhọc tần suất lao động lớn, sinh nở và mang thai, loãng xương. Tuổi trung bình của các người bệnh trong nghiên cứu của chúng tôi là 63,6±6,4 tuổi. Các nghiên cứu của Alex S.Ha (2021) tuổi trung bình là 56,6, [3] của Ailon (2015) là 70,5, [6] của Smith (2018) là 63,6. [4] Theo Ailon, tỉ lệ biến dạng cột sống do thoái hóa là 1-30% và tăng dần theo tuổi, 30% người bệnh 50-84 tuổi, nghiên cứu của chúng tôi cho kết quả tương tự.

Về mức độ đau theo thang điểm VAS: Trong nghiên cứu của chúng tôi, VAS ở lưng trung bình trước phẫu thuật là 6,87±0,7 điểm, VAS chân trung bình là 6,93±0,7 điểm, phần lớn các người bệnh đều

đau ở mức dữ dội với VAS là 7-8 điểm.

Bảng đánh giá Owenstry được chúng tôi lựa chọn để đánh giá mức độ giảm chức năng cột sống thắt lưng, theo đó có tới 13 người bệnh (86,7%) có mức độ giảm chức năng nhiều. Chỉ số ODI trung bình trong nghiên cứu là 44,40 ± 5,68%. Trong nghiên cứu của Alex S.Ha (2021) tác giả có chia làm 2 nhóm người bệnh đau sau mổ và không đau sau mổ, ODI của 2 nhóm này lần lượt là 44,6±13,7% và 38,6±18,5%. [3]

Trong nghiên cứu của chúng tôi, lượng máu mất sau phẫu thuật là 1303,33±484,69 ml, thời gian phẫu thuật trung bình là 300,5±30,3 phút. Theo S. Ha, lượng máu mất trung bình là 1557±945 ml, thời gian phẫu thuật trung bình là 500±132 phút [3]. Phẫu thuật cố định cột sống dài, cố định vít S2- cùng chậu là phẫu thuật lớn, mất nhiều thời gian và mất máu nhiều, vì thế cần thực hiện ở những trung tâm có trình độ gây mê hồi sức tốt. Số đốt sống cố định trong nghiên cứu là 10,5±1,6 đốt, trong đó có 2,53±8,3 tầng hàn xương liên thân đốt. Các tác giả nước ngoài như Alex S.Ha (2021) cố định 13,35 đốt, [3] Smith (2018) tiến hành cố định 82,6 đốt. [4] Như vậy muốn nắn chỉnh tốt biến dạng cột sống do thoái hóa đều cần cố định dài và kết hợp hàn xương liên thân đốt hoặc các kỹ thuật cấy xương. Thời gian nằm viện sau mổ trung bình trong nghiên cứu là 11,29,2 ngày.

Sau mổ 06 tháng, hầu hết các người bệnh của chúng tôi đều cải thiện mức độ đau chân và đau lưng theo thang điểm VAS. Điểm VAS trung bình ở lưng và chân trước mổ trong nghiên cứu là 6,87±0,7 và 6,93±0,7, sau mổ 6 tháng giảm lần lượt còn 2,33±0,81 và 2,73±1,03. Sự giảm này có ý nghĩa thống kê với p < 0,05. ODI trung bình sau 6 tháng trong nghiên cứu giảm chỉ còn 22,4% (trước mổ là 44,4%). Sự giảm này có ý nghĩa thống kê với p < 0,05. Nghiên cứu của Alex S.Ha (2021) cũng cho kết quả tương tự chúng tôi với mức độ giảm ODI từ 38,6% trước mổ xuống còn 18,7% sau mổ [3].

Sau phẫu thuật, cách thông số trên mặt phẳng đứng dọc cải thiện: Góc gù ngực TK tăng lên 19,9±16,42°, SVA trung bình giảm xuống còn 42,22mm, LL sau mổ là 22,58° sự cải thiện này có ý nghĩa thống kê với p < 0,05. Độ lệch cột sống thắt

lưng chậu PI-LL giảm xuống còn  $22,03 \pm 11,93^\circ$ , sự cải thiện của PI, PT không có ý nghĩa thống kê  $p > 0,05$ . Trong nghiên cứu của Matsumura, TK tăng từ  $15,5^\circ$  lên  $25,9^\circ$ , LL từ  $20^\circ$  lên  $46^\circ$ , cải thiện về PI-LL rõ ràng từ  $31,5^\circ$  xuống  $4,3^\circ$ . [8] Vậy người bệnh

của chúng tôi mới được nắn chỉnh tốt về SVA và TK, LL, còn độ lệch thắt lưng chậu PI-LL chưa cải thiện. Nghiên cứu của các tác giả chỉ ra rằng với độ lệch cột sống thắt lưng chậu PI-LL  $> 10^\circ$  gây ảnh hưởng đến chất lượng cuộc sống [6].



Hình 3. X quang toàn bộ cột sống trước và sau phẫu thuật (NB. Nguyễn T. H.) (SVA trước: 50mm, SVA sau: 14mm; ODI trước 30, ODI sau 17)

Việc nắn chỉnh nên được cá nhân hóa trên từng người bệnh, đa số người bệnh ASD có chất lượng xương kém, dẫn đến việc nắn chỉnh trở nên khó khăn hơn rất nhiều. Ngoài ra các thay đổi thoái hóa ở đĩa đệm, biến dạng về diện khớp, hẹp ống sống làm cột sống trở nên cứng nhắc hơn. Để nắn chỉnh tốt có thể tiến hành cắt khớp theo phương pháp Smith-Peterson, tuy nhiên việc cắt khớp này chỉ có thể nắn chỉnh 5-15<sup>0</sup> mỗi đốt và chỉ có hiệu quả khi đĩa đệm gian đốt còn đủ linh hoạt. Do đó, chúng tôi tiến hành phẫu thuật lấy đĩa và ghép xương liên thân đốt (TLIF). Nghiên cứu chỉ ra TLIF giúp tăng 10<sup>0</sup> uốn lưng và trên mặt phẳng đứng ngang và 6,8<sup>0</sup> trên mỗi mặt phẳng đứng dọc. [8] Trong nghiên cứu này, chúng tôi không cố gắng nắn chỉnh tối đa các biến dạng, điều này rất khó khăn vì cần thời gian mổ dài hơn, mất máu nhiều, thời gian phục hồi kéo dài... Do đó, các chỉ số về mặt chẩn đoán hình ảnh chưa cải thiện như các tác giả nước ngoài. Tuy nhiên chất lượng cuộc sống của người bệnh cải thiện rõ qua thang điểm ODI và bộ câu hỏi SRS-22.

Sau 06 tháng, chất lượng cột sống theo bộ câu

hỏi SRS-22 có sự cải thiện có ý nghĩa thống kê: SRS tổng (trước mổ  $0,75 \pm 0,23$  tăng lên  $2,53 \pm 0,60$ ), SRS chức năng (trước mổ  $1,49 \pm 0,29$  tăng lên  $3,01 \pm 0,75$ ), SRS đau (trước mổ  $2,27 \pm 0,49$  tăng lên  $3,83 \pm 0,49$ ), SRS quan điểm cơ thể ( $1,39 \pm 0,26$  tăng lên  $3,11 \pm 0,74$ ), SRS tâm lý ( $2,69 \pm 0,58$  tăng lên  $3,93 \pm 0,60$ ). Kết quả nghiên cứu của Alex Ha (2021) cũng cho kết quả tương tự với: SRS chức năng (từ  $2,9 \pm 0,9$  lên  $3,9 \pm 1,0$ ), SRS đau (từ  $2,8 \pm 0,9$  lên  $3,9 \pm 1,0$ ). [3] Nghiên cứu của A. Matsumura (2016) cho kết quả SRS tổng (từ 2,87 lên 4,00), SRS chức năng (từ 3,3 lên 4,3), SRS quan điểm cơ thể (từ 2,2 lên 4,0), SRS tâm lý (3,6 lên 4,2). [8] Mức độ hài lòng của người bệnh sau phẫu thuật được đánh giá theo bộ câu hỏi SRS-22, trong nghiên cứu chúng tôi SRS hài lòng là  $4,23 \pm 0,78$ , kết quả này tương tự như nghiên cứu của Matsumura là 4,3. [8]

Nghiên cứu của chúng tôi có 2 người bệnh gặp tình trạng nhiễm trùng sau mổ chiếm 13,3%. Tỷ lệ này trong nghiên cứu của Smith (2018) là 28%. [4] Có 01 người bệnh nhiễm trùng nông được cắt chỉ, thay băng hằng ngày kết hợp điều trị kháng sinh tĩnh mạch 2 tuần và kháng sinh uống 2 tuần

tiếp theo. Tình trạng nhiễm trùng hết sau 1 tháng điều trị. Người bệnh nhiễm trùng sâu được hút áp lực âm liên tục (VAC) 01 tháng, đóng vết mổ, điều trị kháng sinh 6 tháng. Hiện tại ổn định, vết mổ liền tốt.

Có 01 người bệnh (6,7%) có biến chứng gù đoạn kế cận sau 6 tháng, người bệnh này được cố định từ T10 đến S2, trên lâm sàng người bệnh có đau đoạn cột sống ngực, XQ có hình ảnh gù đoạn T9-T10. Người bệnh này có biến dạng nặng với góc ưỡn thất lưng âm, góc gù ngực trước mổ lớn, PI-LL cao, việc nắn chỉnh về bình thường là rất khó khăn. Một số yếu tố nguy cơ của gù đoạn kế cận (PJK) là cố gắng nắn chỉnh biến dạng lớn, tuổi già, SVA lớn, PI-LL cao. Biến chứng này theo Smith (2018) được xếp vào biến chứng lớn sau phẫu thuật, tỉ lệ biến chứng này là 8/86 người bệnh chiếm 9,3%, trong đó có 7 người bệnh phải mổ lại để cố định lên trên.[4] Có một số phương pháp được nghiên cứu để phòng tránh biến chứng gù đoạn kế cận như giảm độ cứng của dụng cụ tăng lực ở đốt cao nhất như bơm xi măng vào đốt đoạn gần.[9]

Các biến chứng gãy nẹp, gãy vít, lỏng vít... không gặp trong nghiên cứu của chúng tôi, có thể vì cỡ mẫu của chúng tôi chưa đủ, thời gian theo dõi chưa đủ dài.

### Kết luận

Phẫu thuật cố định cột sống ngực thất lưng cùng S2 xương chậu, giải ép, ghép xương hàn khớp liên thân đốt để điều trị biến dạng cột sống thoái hóa mang lại kết quả tốt về chất lượng cuộc sống và các chỉ số trên chẩn đoán hình ảnh. Tuy nhiên đây là một phẫu thuật lớn, cần được phối hợp nhiều chuyên ngành: chẩn đoán hình ảnh, ngoại khoa, gây mê hồi sức. Cần có thời gian theo dõi dài hơn để đánh giá về kết quả xa.

### Tài liệu tham khảo

1. Wu AM, Chen D, Chen CH, et al. The technique of S2-alar-iliac screw fixation: a literature review. *AME Medical Journal*. 2017;2(12). Accessed January 31, 2021. <https://amj.amegroups.com/article/view/4197>
2. S1 Pedicle and delta screw. site name. Accessed October 25, 2021. <https://surgeryreference.aofoundation.org/spine/deformities/spondylolisthesis/basic-technique/s1-pedicle-and-delta-screw>
3. Ha AS, Hong DY, Luzzi AJ, et al. Minimum 2-Year Analysis of S2-Alar-Iliac Screw Fixation for Adult Spinal Deformity. *Global Spine Journal*. Published online January 7, 2021:2192568220984478. doi:10.1177/2192568220984478
4. Smith EJ, Kyhos J, Dolitsky R, Yu W, OBrien J. S2 Alar Iliac Fixation in Long Segment Constructs, a Two- to Five-Year Follow-up. *Spine Deform*. 2018;6(1):72-78. doi:10.1016/j.jspd.2017.05.004
5. Nguyễn Vũ (2016). “Nghiên cứu điều trị trượt đốt sống thất lưng bằng phương pháp cố định cột sống qua cuống kết hợp hàn xương liên thân đốt”. Luận văn Tiến sĩ y học. Trường đại học Y Hà Nội.
6. Ailon T, Smith JS, Shaffrey CI, et al. Degenerative Spinal Deformity. *Neurosurgery*. 2015;77 Suppl 4:S75-91. doi:10.1227/NEU.0000000000000938
7. Võ Văn Thanh. (2014). Kết quả điều trị trượt đốt sống thất lưng L4-L5 bằng phẫu thuật lấy đĩa đệm, cố định cột sống, ghép xương liên thân đốt. Luận văn tốt nghiệp Bác sỹ nội trú, Trường Đại học y Hà Nội.
8. Matsumura A, Namikawa T, Kato M, et al. Posterior corrective surgery with a multilevel transforaminal lumbar interbody fusion and a rod rotation maneuver for patients with degenerative lumbar kyphoscoliosis. *J Neurosurg Spine*. 2017;26(2):150-157. doi:10.3171/2016.7.SPINE16172
9. Kebaish KM, Martin CT, OBrien JR, LaMotta IE, Voros GD, Belkoff SM. Use of vertebroplasty to prevent proximal junctional fractures in adult deformity surgery: a biomechanical cadaveric study. *Spine J*. 2013;13(12):1897-1903. doi:10.1016/j.spinee.2013.06.039