

MANAGEMENT EARLY ONSET SCOLIOSIS BY TRADITIONAL DUAL GROWING RODS

Nguyen Hoang Trung*, Vo Quang Dinh Nam

Hospital for Traumatology and Orthopaedics - 929 Tran Hung Dao Street, Ward 1, District 5, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received: 16/01/2024

Revised: 05/02/2024; Accepted: 26/02/2024

ABSTRACT

Background and aims: Traditional growing rods (TGR) are a gold standard treatment for early-onset scoliosis (EOS), it corrects deformity while still allowing for spinal and thoracic growth. The aim of this study was to determine the correction, growth of spine, and complications of dual growing rods technique in the management of EOS.

Methods: Retrospective study. The EOS patients were treated by dual growing rods at HTO from 2010 to 8/2023.

Results: 16 patients (6 males, 10 females), age at first operation was 8, the mean follow up time was 44,44 months. Overall, 80 lengthening procedures were performed, the average number of lengthening procedures being 5 per patient. The average time between two lengthening procedures was 8 months. The causes of scoliosis in this study were 10 idiopathic, 1 congenital, 3 syndromes (Von Reclinghausen). There were 13 main thoracic curves, 1 lumbar, 2 double curves. The mean coronal Cobb angle was improved from 69 to 25 degrees. The ratio of correction is 63,9%. The coronal balance was improved from 23,2mm to 10,7mm and SVA from 19,3mm to 12,9mm at the last follow up. T1-S1 height was significantly different at pre-op and post-op. The mean T1-S1 growth is 5,98 cm, mean increase 1,62cm/year. There were 8 complications, including 1 pleural effusion, 1 superficial infection, 8 hardware related. 8 patients were growing graduatedly: 1 final fusion, 7 follow up with good correction.

Conclusion: TGR is a safe, effective, good correction and maintains growing of spine for EOS. It is suitable for vietnamese patients.

Keywords: Early-onset scoliosis, growth spine, growing rods.

*Corresponding author

Email address: dr.nguyenhoangtrung@gmail.com

Phone number: (+84) 975 234 135

<https://doi.org/10.52163/yhc.v65iCD1.994>



ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KIỂM SOÁT VẠO CỘT SỐNG KHỞI PHÁT SỚM BẰNG PHƯƠNG PHÁP THANH TĂNG TRƯỞNG TRUYỀN THỐNG

Nguyễn Hoàng Trung*, Võ Quang Đình Nam

Bệnh viện Chấn thương chỉnh hình Tp. Hồ Chí Minh - 929 Trần Hưng Đạo, phường 1, quận 5, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài: 16 tháng 01 năm 2024

Chỉnh sửa ngày: 05 tháng 02 năm 2024; Ngày duyệt đăng: 26 tháng 02 năm 2024

TÓM TẮT

Đặt vấn đề: Phương pháp thanh tăng trưởng truyền thống được xem là điều trị tiêu chuẩn đối với bệnh lý vẹo cột sống khởi phát sớm, cho phép nắn chỉnh biến dạng, duy trì sự phát triển của cột sống, của lồng ngực.

Mục tiêu: Đánh giá khả năng nắn chỉnh, tăng trưởng cột sống và các biến chứng của phương pháp thanh tăng trưởng truyền thống điều trị các bệnh nhân vẹo cột sống khởi phát sớm.

Phương pháp nghiên cứu: Hồi cứu mô tả các trường hợp vẹo cột sống khởi phát sớm điều trị bằng phương pháp thanh tăng trưởng truyền thống 2 thanh từ năm 2010 đến 8/2023 tại Bệnh viện Chấn thương Chỉnh hình TPHCM.

Kết quả: 16 bệnh nhân (6 nam, 10 nữ). Thời gian theo dõi trung bình 44,44 tháng. Tuổi trung bình lúc phẫu thuật là 8 tuổi, số lần phẫu thuật trung bình là 5 lần, thời gian trung bình giữa các lần phẫu thuật là 8 tháng. Nguyên nhân: 10 vẹo cột sống vô căn, 3 vẹo cột sống bẩm sinh, 3 hội chứng Vol Reclinghausen. Vị trí đường cong: 13 đường cong ngực chính, 1 vẹo thắt lưng, 2 vẹo cột sống 2 đường cong. Khả năng nắn chỉnh đạt 63,9% với góc Cobb trước phẫu thuật trung bình 69 độ (46-106), góc Cobb tại thời điểm khảo sát trung bình 25 độ (15-45). Cân bằng thân trên mặt phẳng trán trước phẫu thuật 23,2mm còn 10,7mm sau phẫu thuật, SVA 19,3mm (trước phẫu thuật) còn 12,9mm (sau phẫu thuật). Khả năng tăng trưởng đoạn T1-S1 trung bình là 5,98cm, đạt 1,62cm/năm. Biến chứng: 1 trường hợp tràn dịch màng phổi, 1 nhiễm trùng, biến chứng liên quan dụng cụ phổ biến nhất: 1 trường hợp thất bại ốc chân cung, 5 trường hợp gãy thanh nối dọc. Có 8 bệnh nhân theo dõi sau tuổi dậy thì, 1 bệnh nhân hàn xương lần cuối, 7 bệnh nhân vẫn duy trì sự nắn chỉnh tốt, đang tiếp tục theo dõi và không can thiệp.

Kết luận: Thanh tăng trưởng truyền thống an toàn, đạt hiệu quả nắn chỉnh và duy trì sự tăng trưởng tốt với các trường hợp vẹo cột sống khởi phát sớm, phù hợp với tình trạng kinh tế và kỹ thuật nước ta hiện nay.

Từ khóa: Vẹo cột sống khởi phát sớm, phương pháp thanh tăng trưởng.

*Tác giả liên hệ

Email: dr.nguyenhoangtrung@gmail.com

Điện thoại: (+84) 975 234 135

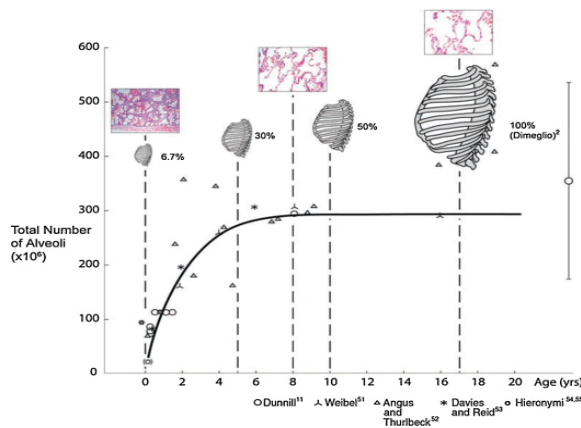
<https://doi.org/10.52163/yhc.v65iCD1.994>

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vẹo cột sống khởi phát sớm khi biến dạng > 10 độ, khởi phát trước 10 tuổi. Vẹo cột sống khởi phát sớm chiếm tỉ lệ rất thấp trong dân số (0,02-0,07%) nhưng tiên lượng nặng nề, ảnh hưởng đến chức năng tim phổi, và tương

lai sống còn của bệnh nhân. Việc điều trị lại là 1 thách thức rất lớn đối với các phẫu thuật viên cột sống, vừa đảm bảo việc nắn chỉnh biến dạng, duy trì sự nắn chỉnh, vừa không được hàn xương, phải tạo sự phát triển của cột sống, của lồng ngực.

Biểu đồ tăng trưởng theo Demeglio và cộng sự [1]



Có nhiều phương pháp phẫu thuật nắn chỉnh không hàn xương ra đời nhằm đáp ứng mục tiêu của điều trị. Phương pháp thanh tăng trưởng truyền thống được mô tả và báo cáo lần đầu năm 2005 bởi tác giả Akbarnia [2] và cộng sự cho thấy an toàn và hiệu quả tốt trong nắn chỉnh biến dạng và duy trì tăng trưởng cột sống. Phương pháp được sự đồng thuận bởi nhiều phẫu thuật viên cột sống, được áp dụng rộng rãi ở nhiều nơi trong đó có Việt Nam. Tại bệnh viện Chấn Thương Chính Hình TpHCM, phương pháp này đã được áp dụng từ sớm, và cho thấy an toàn, hiệu quả cho việc điều trị vẹo cột sống khởi phát sớm, rẻ tiền, dễ thực hiện, phù hợp với tình hình kinh tế và kỹ thuật nước ta. Nghiên cứu này nhằm đánh giá khả năng nắn chỉnh, tăng trưởng cột sống và các biến chứng của phương pháp này

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Thiết kế nghiên cứu: Hồi cứu mô tả loạt ca

Đối tượng nghiên cứu: Bệnh nhân vẹo cột sống khởi phát sớm tuổi từ 4-10 tuổi, được điều trị bằng phương pháp thanh tăng trưởng truyền thống 2 thanh, có thời gian theo dõi tối thiểu 24 tháng

Địa điểm: Tại Bệnh viện Chấn thương chỉnh hình TpHCM

Các bệnh nhân có quá trình điều trị từ năm 2010 đến 8/2023, được thu thập thông tin qua hồ sơ hồi cứu và tái khám tại lần cuối khảo sát.

Loại trừ các trường hợp bệnh nhân được điều trị với phương pháp thanh tăng trưởng 1 thanh, trẻ < 4 tuổi bó bột chỉnh vẹo, không có đủ hồ sơ hình ảnh, hay thời gian theo dõi không đủ 24 tháng.

Chỉ định phẫu thuật phương pháp thanh tăng trưởng đối với các bệnh nhân vẹo cột sống khởi phát sớm trước 10 tuổi, vẹo nặng góc Cobb > 50 độ, vẹo tiến triển nhanh > 10 độ/năm, và thất bại với điều trị bảo tồn bột thân chỉnh vẹo.

Các biến số thu thập:

- Biến số nền về đặc điểm bệnh nhân gồm: tuổi, giới, nguyên nhân vẹo cột sống, vị trí đường cong chính, thời gian theo dõi, số lần phẫu thuật.
- Biến số khảo sát khả năng nắn chỉnh: góc Cobb đường cong chính, cân bằng thân trên mặt phẳng trán, cân bằng thân trên mặt phẳng đứng dọc đại diện bằng chỉ số SVA trước và tại thời điểm theo dõi cuối.
- Biến số khảo sát sự tăng trưởng: chiều dài đoạn T1-S1 trước phẫu thuật và tại thời điểm theo dõi cuối.
- Các biến chứng sớm và biến chứng trong quá trình theo dõi.

3. KẾT QUẢ

3.1. Đặc điểm dân số mẫu

Có 16 bệnh nhân (6 nam, 10 nữ) thỏa điều kiện nghiên cứu. Số lượng bệnh nhân nữ luôn chiếm ưu thế

Thời gian theo dõi trung bình 44,44 tháng (15 BN hiện đang theo dõi, 1 bệnh nhân mất theo dõi 2014). Tuổi trung bình lúc phẫu thuật là 8 tuổi, số lần phẫu thuật trung bình là 5 lần, thời gian trung bình giữa các lần phẫu thuật là 8 tháng.

Nguyên nhân vẹo cột sống: 10 vẹo cột sống vô căn, 3

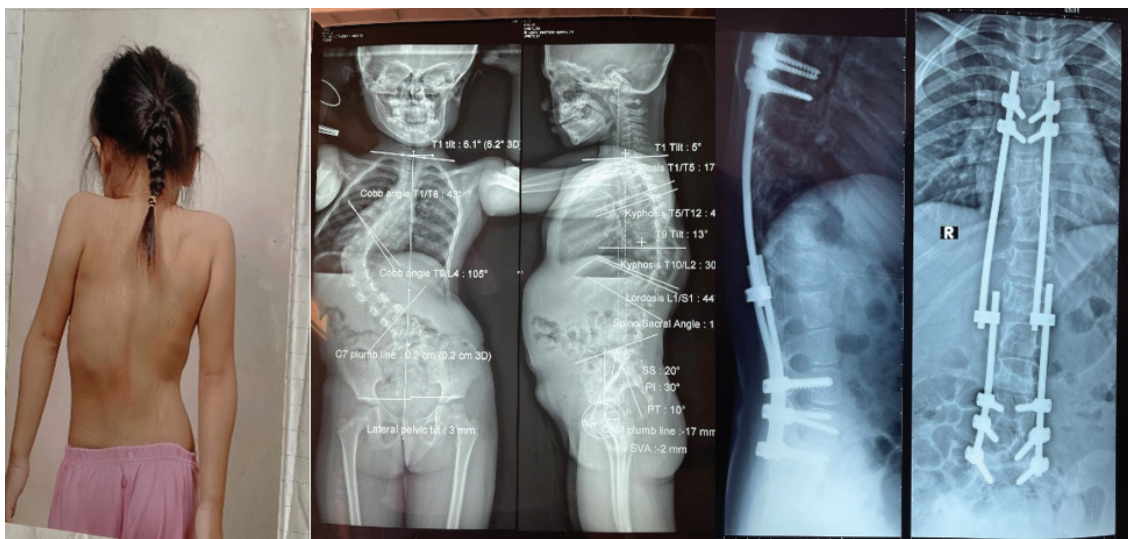
vẹo cột sống bẩm sinh, 3 vẹo cột sống với hội chứng Vol Reclinghausen.

Vị trí đường cong: 13 bệnh nhân với đường cong ngực chính, 1 bệnh nhân vẹo thắt lưng, 2 bệnh nhân vẹo 2 đường cong. Đường cong ngực chính chiếm tỉ lệ cao nhất.

3.2. Kết quả khả năng nắn chỉnh và tăng trưởng

Khả năng nắn chỉnh trung bình đạt 63,9%, T1-S1 tăng trung bình 5,98cm trong khoảng thời gian theo dõi, trung bình đạt 1,62cm/năm (Hình 1).

Hình 1: Bệnh nhân nữ, 2012. Hình ảnh trước và sau phẫu thuật năm 2017



Bảng 1: Kết quả nắn chỉnh góc Cobb đường cong chính

| | Trung bình | Nhỏ nhất | Lớn nhất |
|-------------------|------------|----------|----------|
| Góc Cobb trước PT | 68,94 độ | 46 độ | 106 độ |
| Góc Cobb sau PT | 24,88 độ | 15 độ | 45 độ |

Nhận xét:

Góc Cobb sau phẫu thuật cải thiện tốt, tỉ lệ nắn chỉnh đạt 63,9%

Không có bệnh nhân biến dạng góc Cobb hơn 45 độ

Bảng 2: Kết quả nắn chỉnh cân bằng thân trên mặt phẳng trán

| | Trung bình | Nhỏ nhất | Lớn nhất |
|---------------------------------------|------------|----------|----------|
| Cân bằng thân mặt phẳng trán trước PT | 23,2mm | 2mm | 58mm |
| Cân bằng thân mặt phẳng trán sau PT | 10,7mm | 2mm | 24mm |

Bảng 3: Kết quả nắn chỉnh cân bằng thân trên mặt phẳng đứng dọc

| | Trung bình | Nhỏ nhất | Lớn nhất |
|--------------|------------|----------|----------|
| SVA trước PT | 19,3 mm | 2mm | 44mm |
| SAV sau PT | 12,9 mm | 4mm | 39mm |

Nhận xét: Cân bằng thân trung bình trên 2 mặt phẳng cải thiện đáng kể sau nắn chỉnh bằng phương pháp thanh tăng trưởng. (<2cm).

Bảng 4: Kết quả tăng trưởng đoạn T1-S1

| | Trung bình | Nhỏ nhất | Lớn nhất |
|---------------------|------------|----------|----------|
| Đoạn T1-S1 trước PT | 23,46cm | 19,3cm | 30,2cm |
| Đoạn T1-S1 sau PT | 29,44cm | 25,7cm | 35cm |

Nhận xét: Chiều dài đoạn T1-S1 tăng cho thấy phương pháp thanh tăng trưởng cho phép duy trì sự tăng trưởng cột sống.

3.3. Các biến chứng

Biến chứng sớm sau phẫu thuật có 1 trường hợp tràn dịch màng phổi, 1 nhiễm trùng. Biến chứng liên quan dụng cụ gặp nhiều nhất: 1 trường hợp thất bại ốc chân cung, 5 trường hợp gãy thanh nối dọc. Không ghi nhận biến chứng thần kinh, biến chứng dụng cụ nặng phải dừng điều trị.

Có 8 bệnh nhân theo dõi sau tuổi dậy thì, 1 bệnh nhân hàn xương lần cuối, 7 bệnh nhân vẫn duy trì sự nắn chỉnh tốt, có thể tiếp tục theo dõi và không can thiệp.

4. BÀN LUẬN

Phương pháp thanh tăng trưởng truyền thống có thể áp dụng cho mọi lứa tuổi bệnh nhân vẹo cột sống khởi phát sớm. Trong nghiên cứu của Akbarnia 2005 có 5 bệnh nhân trong tổng số 23 bệnh nhân của nghiên cứu thuộc nhóm trẻ 0-3 tuổi [2], Cengiz 2021 [3] có 2 bệnh nhân (tổng số 27 bệnh nhân của nghiên cứu) thuộc nhóm

vẹo cột sống trẻ còn bú 0-3 tuổi. Trong nghiên cứu của chúng tôi, tuổi bệnh nhân nhỏ nhất là 4,7 tuổi, không có bé thuộc nhóm trẻ còn bú. Với các bệnh nhân nhỏ tuổi, ưu tiên thực hiện bó bột thân chỉnh vẹo, phương pháp này có thể giúp kiểm soát biến dạng và trì hoãn phẫu thuật cho bệnh nhân.

Tỉ lệ bệnh nhân nữ thường chiếm ưu thế hơn nam trong hầu hết các nghiên cứu về vẹo cột sống, trong nghiên cứu của chúng tôi cũng tương tự khi số lượng nữ là 11, nam có 5 bệnh nhân. Vẹo cột sống vô căn là 1 chẩn đoán loại trừ, sau khi đã loại trừ các nguyên nhân gây vẹo cột sống khác. Vẹo cột sống vô căn chiếm đa số trong nghiên cứu của chúng tôi với 10 bệnh nhân. Hầu hết các biến dạng cột sống có đường cong ngực là đường cong chính.

Để đánh giá khả năng nắn chỉnh của phương pháp, chúng tôi đánh giá mức độ góc Cobb của đường cong chính, cân bằng mặt phẳng trán, và chỉ số SVA (đánh giá cân bằng thân trên mặt phẳng đứng dọc) trước phẫu thuật, và so sánh với các chỉ số này tại thời điểm theo dõi. Kết quả cho thấy khả năng nắn chỉnh đánh giá qua 3 chỉ số này là cải thiện đáng kể. Điều này khi so sánh với các tác giả khác cũng cho kết quả tương tự.



Bảng 5: Kết quả góc Cobb trước và sau phẫu thuật của nghiên cứu và các tác giả

| | Kết quả nghiên cứu | Akbania (2005) [2] | Cengiz (2021) [3] | Haijun Jiang (2021) [4] |
|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Góc Cobb trước PT | 68.94 độ | 82 độ | 53,7 độ | 88,7 độ |
| Góc Cobb sau PT | 22,88 độ | 38 độ | 22,6 độ | 48,8 độ |
| Tỉ lệ nắn chỉnh | 63,9% | 54% | 69,5% | 55% |
| Số mẫu (n) | n=17 | n=23 | n=27 | n=59 |

Bảng 6: Kết quả cân bằng thân trên mặt phẳng trán của nghiên cứu so với các tác giả

| | Cân bằng mặt phẳng trán trung bình trước PT - sau PT | Số mẫu (n) |
|---------------------|--|------------|
| Kết quả nghiên cứu | 23,2mm - 10,7mm | n=16 |
| Akbarnia (2005) [2] | 28,1mm - 17,6mm | n=23 |
| Cengiz (2021) [3] | 15,4mm - 9,8mm | n=27 |

Trong nghiên cứu của tác giả Cengiz[3], Thompson[5], Atici [6] không cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê trong nắn chỉnh cân bằng thân trên mặt phẳng đứng dọc, và các chỉ số trên khung chậu. Trong nghiên cứu, chỉ số SVA giảm từ 19,3mm trước phẫu thuật xuống 12,9mm sau phẫu thuật. Việc nắn chỉnh theo mặt phẳng đứng dọc gặp nhiều khó khăn do không quan sát trực tiếp trong lúc phẫu thuật.

Mục tiêu đánh giá quan trọng tiếp theo của phương pháp thanh tăng trưởng chính là đánh giá sự phát triển của chiều dài đoạn cột sống. Để đánh giá tiêu chí này, chúng tôi tiến hành đo khoảng cách đoạn T1-S1 trước phẫu thuật và so sánh với thời điểm đánh giá gần nhất. Kết quả của nghiên cứu cho thấy phương pháp thanh tăng trưởng giúp kéo dài đoạn cột sống khá tốt, điều này cũng thấy được trong kết quả của các tác giả khác.

Bảng 7: Kết quả đoạn T1-S1 trước và sau phẫu thuật của nghiên cứu và các tác giả

| | T1-S1 trước và sau PT | Tăng trưởng TB/năm |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Kết quả nghiên cứu | 23,46 - 29,44 (cm) (p<0,05) | 1,62 cm/năm |
| Akbania (2005) [2] | 23,01 - 32 (cm) | 1,21 cm/năm |
| Helenius (2018) [7] | 22,3 - 32,7 (cm) | 1,2 cm/năm |
| Cengiz (2021) [3] | 25,04 - 31,92 (cm) | 1,78 cm/năm |
| Haijun Jiang (2021) [4] | 22,88 - 34,12 (cm) | 2,6 cm/năm |
| Sanchez Marquez (2013) [12] | 24,92 - 29,62 (cm) | 1,27 cm/năm |

Trong nghiên cứu, không ghi nhận các biến chứng thần kinh, các biến chứng nhiễm trùng hay biến chứng dụng cụ nặng phải dừng phẫu thuật. Biến chứng nhiễm trùng nông có thể dễ dàng điều trị bằng kháng sinh, không ghi nhận tái phát hay nhiễm trùng mạn tính. Biến chứng thường gặp nhất là các biến chứng liên quan dụng cụ. Điều trị vẹo cột sống khởi phát sớm là 1 quá trình lâu

dài, và việc nguy cơ biến chứng là không thể tránh khỏi, việc nắn chỉnh, không hàn xương là 1 yếu tố khó khăn, gây nên biến chứng liên quan đến gãy thanh nối là nhiều nhất. Theo Bess và cộng sự, biến chứng dụng cụ lên đến 10% [8]. Bệnh nhân luôn được giải thích, và hiểu về biến chứng này, nên có thể xử trí khá thuận lợi. Cũng theo tác giả, phương pháp thanh tăng trưởng

2 thanh sẽ ít gãy hơn 1 thanh, đặt dụng cụ sâu dưới lớp cơ sẽ ít nhiễm trùng hơn đặt nông, tuổi bệnh nhân càng lớn thì càng giảm nguy cơ biến chứng, nên cần trì hoãn phẫu thuật càng lâu càng tốt. Akbania báo cáo tỉ lệ biến chứng lên đến 47,3% [2], Thompson báo cáo tỉ lệ biến chứng 29% [5] và Cengiz 9,6%[3]. Những báo cáo gần đây cho thấy tỉ lệ biến chứng có giảm so với các nghiên cứu trước kia. Điều này có thể thấy sự hiểu biết, kinh nghiệm, cũng như kĩ thuật của phương pháp thanh tăng trưởng đã được tiến bộ rất nhiều

Khái niệm kết thúc điều trị tăng trưởng là điều được đặt ra với tất cả bệnh nhân điều trị bằng phương pháp thanh tăng trưởng. Tùy theo sự phát triển của từng bệnh nhân mà lựa chọn thời điểm dừng điều trị tăng trưởng. Trong nghiên cứu của chúng tôi có 8 bệnh nhân kết thúc điều trị tăng trưởng, 1 bệnh nhân đã hàn xương lần cuối, 7 bệnh nhân còn lại đang duy trì sự nắn chỉnh tốt tiếp tục theo dõi, không lấy dụng cụ. Tuổi chọn lựa dừng điều trị tăng trưởng khi sau khi bệnh nhân dậy thì, có kinh nguyệt, phát triển các dấu hiệu sinh dục. Việc điều trị sau kết thúc điều trị tăng trưởng là 1 hướng mở của đề tài, và cũng còn đang chưa thống nhất giữa các tác giả trên thế giới. Theo Flynn [9], việc hàn xương lần cuối khi việc nắn chỉnh ở lần tăng thanh lần cuối đạt được ít hơn 50% so với ban đầu, và số tầng hàn xương tương ứng với số tầng đặt thanh tăng trưởng. Theo Kocyigit [10] về vấn đề tháo dụng cụ tăng trưởng. và cho thấy biến dạng xấu đi sau khi tháo dụng cụ. Tuy nhiên tất cả các số liệu hiện nay chưa đủ để đưa ra khuyến cáo việc tháo dụng cụ hay không. Kaustubh Ahuja so sánh việc có hàn xương lần cuối hay tiếp tục theo dõi bệnh nhân [11]. Sự khác biệt về sự nắn chỉnh và tăng trưởng là không có ý nghĩa thống kê giữa 2 nhóm này, biến chứng gãy dụng cụ nhiều hơn ở nhóm không hàn xương, nguy cơ phẫu thuật lại ở nhóm hàn xương cao hơn nhóm không hàn xương. Với nghiên cứu này, tác giả cũng đưa ra ý kiến có thể tiếp tục theo dõi ở những bệnh nhân còn duy trì sự nắn chỉnh tốt, biến dạng ít đến trung bình.

5. KẾT LUẬN

Thanh tăng trưởng truyền thống an toàn, đạt hiệu quả nắn chỉnh và duy trì sự tăng trưởng tốt với các trường hợp vẹo cột sống khởi phát sớm, phù hợp với tình trạng kinh tế và kĩ thuật nước ta hiện nay. Có thể duy trì như

1 phương pháp điều trị lâu dài cho bệnh nhân đến tuổi trưởng thành sau khi kết thúc điều trị tăng trưởng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Dimeglio A, Canavese F, The growing spine: how spinal deformities influence normal spine and thoracic cage growth. *European Spine Journal*; 21(1):64-70, 2012.
- [2] Akbarnia BA, Marks DS, Boachie-Adjei O et al., Dual growing rod technique for the treatment of progressive early-onset scoliosis: a multicenter study. *Spine*; 30(17S):S46-S57, 2005.
- [3] Cengiz B, Ozdemir HM, Sakaogullari A et al., Traditional Dual Growing Rod Technique in the Management of Early Onset Scoliosis and Its Effects on Spinal Growth and Lung Development: The Mid-Term Prospective Results. *Cureus*;13(4), 2021.
- [4] Jiang H, Hai JJ, Yin P et al., Traditional growing rod for early-onset scoliosis in high-altitude regions: a retrospective study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*;16(1):1-10, 2021
- [5] Thompson GH, Akbarnia BA, Kostial P et al., Comparison of single and dual growing rod techniques followed through definitive surgery: a preliminary study. *Spine*; 30(18):2039-44, 2005.
- [6] Atici Y, Akman YE, Erdogan S et al., The effect of growing rod lengthening technique on the sagittal spinal and the spinopelvic parameters. *European Spine Journal*; 24:1148-57, 2015.
- [7] Helenius I, Oksanen H, McClung A et al., Outcomes of growing rod surgery for severe compared with moderate early-onset scoliosis: a matched comparative study. *Bone Joint J*.100(6):772-9, 2018.
- [8] Bess S, Akbarnia BA, Thompson GH et al., Complications of growing-rod treatment for early-onset scoliosis: analysis of one hundred and forty patients. *JBJS* ;92(15):2533-43, 2010.
- [9] Flynn JM, Tomlinson LA, Pawelek J et al., Growing-rod graduates: lessons learned from



- ninety-nine patients who completed lengthening. JBJS; 95(19):1745-50, 2013.
- [10] Kocyigit IA, Olgun ZD, Demirkiran HG et al., Graduation protocol after growing-rod treatment: Removal of implants without new instrumentation is not a realistic approach. J Bone Joint Sur; 2017;99(18)
- [11] Kaustubh A, Syed I, Samarth M et al., Is Final Fusion Necessary for Growing-Rod Graduates: A Systematic Review and Meta-Analysis, Global Spine J. 2023 Jan; 13(1): 209–218.
- [12] Sánchez Márquez, F J Sánchez Pérez-Grueso, N Fernández-Baíllo et al., Growing rods in early-onset scoliosis. Do they really help to control the deformity and spinal and thoracic growth?. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2013 May-Jun;57(3).