

Đánh giá độ chính xác của kỹ thuật đặt vít cuống đốt C2 qua điểm vào dưới mấu khớp trên

Evaluating the accuracy of C2 pedicle screw placement via subarticular entry point

Nguyễn Trọng Yên

Bệnh viện Trung ương Quân đội 108

Tóm tắt

Mục tiêu: Đánh giá độ chính xác của kỹ thuật đặt vít cuống đốt C2 qua điểm vào dưới mấu khớp trên. **Đối tượng và phương pháp:** Hồi cứu 43 bệnh nhân được đặt vít cuống đốt C2 (73 vít) tại Khoa Ngoại thần kinh - Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 từ tháng 1 năm 2015 đến tháng 12 năm 2021. Tất cả các bệnh nhân được xây dựng kế hoạch trên hình ảnh cắt lớp vi tính dựng hình 3D trước phẫu thuật, dựa trên các chỉ số: Chiều rộng cuống đốt, chiều cao cuống đốt, góc cuống đốt trên bình diện ngang, góc cuống đốt trên bình diện dọc. Độ chính xác của vít được xác định bằng tỷ lệ phần trăm đường kính vít ngoài cuống đốt trên cắt lớp vi tính kiểm tra sau mổ (theo phân độ Sciubba, năm 2009). **Kết quả:** Các tác giả nhận thấy chiều rộng cuống đốt trung bình là $5,0 \pm 1,4$ mm, chiều cao cuống $4,9 \pm 1,3$ mm, góc cuống đốt bình diện ngang là $43,1 \pm 3,7^\circ$, góc cuống đốt bình diện dọc là $18,5 \pm 2,4^\circ$ và chiều dài trung bình tối đa của vít là $25,7 \pm 3,2$ mm. Sử dụng điểm vào dưới mấu khớp trên để đặt vít cuống đốt C2 (kỹ thuật của Yeom) có độ chính xác cao: 84,9% vít nằm hoàn toàn trong cuống. Không có trường hợp nào tổn thương động mạch đốt sống và thần kinh trong phẫu thuật. **Kết luận:** Việc đặt vít cuống đốt C2 có thể được thực hiện một cách chính xác qua điểm dưới mấu khớp trên. Việc phân tích các dữ liệu cắt lớp vi tính dựng hình 3D trước phẫu thuật có giá trị trong việc xây dựng kế hoạch phẫu thuật.

Từ khóa: Cố định C1-C2, vít cuống đốt C2.

Summary

Objective: To evaluate the accuracy of the C2 pedicle screw placement via subarticular entry point. **Subject and method:** Retrospective 43 patient was placed C2 pedicle screw placement (73 screws) at Neurosurgery Department of 108 Military Central Hospital from January 2015 to December 2021. All patients were planned based on preoperative 3D computed tomography images, based on the following index: width and height of the pedicle; angles of the pedicle on the axial and saggital planes. The accuracy of screw is determined by the percentage of screw diameter outside the pedicle on on postoperative scans (according to Sciubba's classification, 2009). **Result:** The authors found an average pedicle width of 5.0 ± 1.4 mm, pedicle height of 4.9 ± 1.3 mm, axial angle of $43.1 \pm 3.7^\circ$, sagittal angle of $18.5 \pm 2.4^\circ$ and the average screw length was 25.7 ± 3.2 mm. The C2 pedicle screw placement via subarticular entry point (Yeom's technique) had with high accuracy with 84.9% of the screw is completely inside pedicle. There were no cases of intraoperative vertebral artery and neural structures injury. **Conclusion:** C2 transpedicular screw placement can be exactly performed using the subarticular entry

Ngày nhận bài: 14/3/2022, ngày chấp nhận đăng: 1/5/2022

Người phản hồi: Nguyễn Trọng Yên, Email: yen_nguyentrong@yahoo.com.vn - Bệnh viện Trung ương Quân đội 108

point. The analysis of preoperative 3D computed tomography data is valuable in planning the surgical procedure.

Keywords: C1-C2 fixation, C2 pedicle screw.

1. Đặt vấn đề

Sự mất vững khớp đội - trục (*Atlanto-axial instability*) hoặc chẩm - cổ có thể gây ra những hậu quả nghiêm trọng ảnh hưởng đến tính mạng và chức năng nếu không được điều trị thích hợp. Theo y văn, nhiều phương pháp phẫu thuật (PT) có thể áp dụng để cố định khớp đội - trục cũng như chẩm - cổ như: Buộc vòng dây thép (*wiring technique*), đặt vít qua khối mấu khớp C1C2 (*C1C2 interarticularis*)... Tuy nhiên, các phương pháp này có những hạn chế nhất định như khả năng nắn chỉnh, phục hồi giải phẫu khó; tỷ lệ khớp giả cao... Ngày nay, việc sử dụng các hệ thống nẹp (thanh kim loại) vít để nắn chỉnh và cố định được áp dụng phổ biến, điển hình như các kỹ thuật của Geol, Harms,... cho hiệu quả cao về khả năng nắn chỉnh, cố định vững chắc với tỷ lệ liền xương cao [2].

Trong các kỹ thuật này, việc đặt vít vào C2 đóng một vai trò quan trọng để nắn chỉnh, đảm bảo cố định chắc chắn, thu hẹp phạm vi cố định... Các vít bắt vào C2 có thể bắt qua cuống đốt (*pedicles*), eo (*pars*) hoặc trong cung sau (*interlaminar*). Trong đó, kỹ thuật bắt vít qua cuống được áp dụng phổ biến nhất do những ưu điểm vượt trội về độ chắc, khả năng nắn chỉnh... Tuy nhiên, do cấu trúc giải phẫu đặc thù của vùng này, kỹ thuật bắt vít vào cuống đốt C2 luôn là thách thức đối với các phẫu thuật viên với các biến chứng có thể ảnh hưởng đến tính mạng và chức năng của người bệnh như: Tổn thương động mạch đốt sống, tổn thương tủy...[7]. Hiện nay để đảm bảo sự chính xác và an toàn khi đặt vít cuống đốt các đốt sống cổ, lý tưởng nhất là thực hiện dưới hướng dẫn của định vị 3D (O-arm) kết hợp định vị (*Navigation*) trong PT. Tuy nhiên, việc trang bị các hệ thống này khá tốn kém. Đối với các phẫu thuật viên lâu năm, họ có thể sử dụng kỹ thuật "*freehand*" dựa trên những kinh nghiệm thực tế của mình. Nhiều tác giả đã đưa ra các kỹ thuật bắt vít cuống đốt C2 khác nhau. Yeom (2006) đã đề xuất kỹ thuật bắt vít cuống đốt C2 với điểm vào nằm dưới mấu khớp trên với

mục đích tăng cường sự chính xác của vít và hạn chế các nguy cơ tổn thương động mạch đốt sống trong PT [6].

Trong thực tiễn lâm sàng, chúng tôi thường lập kế hoạch đặt vít các đốt sống cổ nói chung và cuống đốt C2 nói riêng dựa trên các dữ liệu cắt lớp vi tính (CLVT) trước PT. Dựa trên các kế hoạch được thiết lập, chúng tôi nhận thấy kỹ thuật đặt vít cuống đốt của Yeom có tính khả thi cao. Chính vì vậy, kỹ thuật này đã được áp dụng thường quy tại Khoa Ngoại Thần kinh, Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 từ năm 2014. Mục tiêu của nghiên cứu nhằm: *Đánh giá độ chính xác của việc đặt vít cuống đốt C2 qua điểm vào dưới mấu khớp trên dựa trên CLVT dựng hình 3D trước PT, kết hợp với có sự hỗ trợ X-quang tăng sáng (fluoroscope) trong PT.*

2. Đối tượng và phương pháp

2.1. Đối tượng

Gồm 73 vít đặt vào cuống đốt C2, cho 43 bệnh nhân (BN). Tất cả các BN được mổ tại Khoa Ngoại thần kinh, Bệnh viện TWQĐ 108 trong thời gian từ 1/2015 đến 12/2021. Trước PT, các BN đều được chụp X-quang thường quy, CLVT đa dây (64 dây, Model: Ingelnulty CT, hãng Phillip, USA) có tái tạo thân đốt C2 hình ảnh 3D và dựng hình động mạch đốt sống. Việc lập kế hoạch bắt vít dựa trên các phim chụp trước PT.

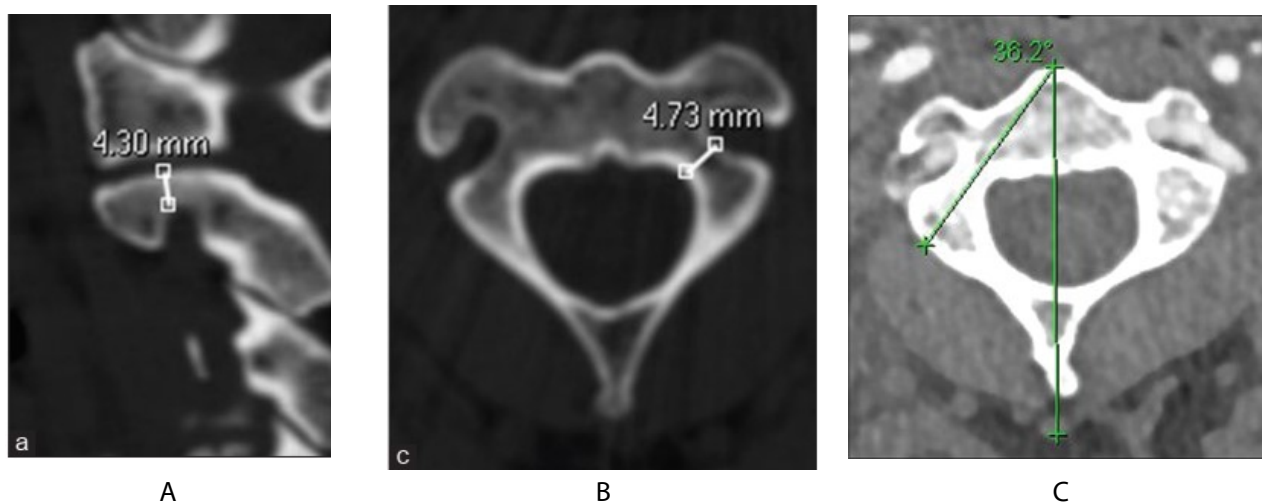
Kỹ thuật đặt vít cuống đốt C2

Bệnh nhân được đặt tư thế nằm sấp, đầu cố định bằng khung Mayerfield. Bộc lộ cung sau C1 và C2 theo các kỹ thuật thường quy kinh điển. Dưới kính hiển vi phẫu thuật, dùng các lóc xương nhỏ, cùn bộc lộ các mốc giải phẫu: Eo, bờ ngoài khối bên đốt C2, mấu khớp trên, bờ bên của ống sống và đặc biệt là phần dưới trong của lỗ động mạch cảnh ở mỏm ngang của C2. Điểm đặt vít được xác định là điểm ở góc ¼ trên mặt ngoài của khối bên C2, ngay phía trên vùng chuyển tiếp giữa khối bên (*lateral*

mass) và eo cung sau (*pars interarticularis*), dưới vùng chuyển tiếp của mấu khớp trên 3mm. Đối chiếu trên dựng hình 3D và trong quá trình PT, điểm bắt vít thường là điểm gồ cao nhất ở vùng giao thoa của cung sau, khối bên và mấu khớp trên.

Dùng khoan quả dâu đường kính 3mm tạo lỗ vào. Dùng *probe* và *drill guide*, đường kính 3,0mm

tạo đường vào của vít. Dưới màn tăng sáng ở bình diện nghiêng, vít được hướng ra trước, lên trên đến phía trước mấu khớp trên của C2. Vít được hướng vào trong 35 đến 45° theo mặt phẳng giữa. Thông thường, vít được sử dụng có chiều dài 24-28mm; đường kính 3,5 hoặc 4,0mm.



Hình 1. Cách xác định chiều cao cuống đốt (A), chiều rộng cuống đốt (B) và góc cuống đốt (C) trên bình diện ngang

Nguồn: BN Hoàng Thị Bích Ng., 27 tuổi, chẩn đoán: Gãy mỏm nha tít II

2.2. Phương pháp

Phương pháp hồi cứu. Sử dụng phương pháp nghiên cứu mô tả.

Các chỉ tiêu thống kê:

Một số đặc điểm của thuộc nhóm nghiên cứu: Tuổi, giới, tổn thương, số lượng vít đặt vào cuống đốt C2...

Hình thái đốt sống C2 được tái tạo trên hình ảnh 3D dựa trên các bình diện (cắt ngang, cắt dọc, cắt mặt). Các lớp cắt bình diện ngang có độ dày 1mm, bình diện dọc dày 3mm. Chiều rộng cuống đốt được xác định là kích thước cuống đốt trên bình ngang, chiều cao cuống đốt kích thước cuống đốt trên bình dọc trên các lớp cắt qua trung tâm cuống đốt (Hình 1). Góc cuống đốt trên các bình diện ngang và dọc được xác định là góc giữa trục cuống đốt với các mặt phẳng dọc và ngang.

Trên các dữ liệu thu được, xây dựng kế hoạch PT. Xác định chiều dài vít.

Độ chính xác của vít được xác định thông qua các phim chụp CLVT sau PT. Mức độ chính xác của vít được xác định dựa theo phân loại của Sciubba và cộng sự năm 2009 [1], với 5 độ:

Độ 0: Vít nằm hoàn toàn trong cuống.

Độ I: Phần vít nằm ngoài cuống < 25% đường kính của vít.

Độ II: Phần vít nằm ngoài cuống 26-50% đường kính của vít.

Độ III: Phần vít nằm ngoài cuống 51-75% đường kính của vít.

Độ IV: Phần vít nằm ngoài cuống 76-100% đường kính của vít.

Các tai biến trong mổ (tổn thương động mạch đốt sống, thần kinh...).

3. Kết quả

Bảng 1. Một số đặc điểm của bệnh nhân

Đặc điểm		Giá trị
Số lượng bệnh nhân		43
Số lượng vít đặt vào cuống đốt C2		73
Tuổi, trung bình (khoảng dao động)		48,9 ± 14,8 (21-79)
Giới: Tỷ lệ nam/nữ		1,5/1 (26/17)
Tổn thương	Gãy mỏm nha	18/43 (41,9%)
	Gãy vỡ C1 kiểu Jefferson	11/43 (25,6%)
	Gãy chân cung C2 (<i>Hangman's fracture</i>)	5/43 (11,6%)
	Mất vững C1-C2 do viêm khớp, thoái hóa	5/43 (11,6%)
	Khác (u, lao, không xác định...)	4/43 (9,3%)

Nhận xét: Có 73 vít được đặt vào cuống đốt C2 cho 43 BN (tỷ lệ: 73/86; 84,9%). Tổn thương thường gặp là do chấn thương (79,6%). Trong đó, thường gặp là gãy mỏm nha (41,9%) và gãy vỡ C1 kiểu Jefferson (25,6%).

Bảng 2. Các chỉ số hình thái của cuống đốt C2

Chỉ số	Giá trị trung bình	Khoảng dao động
Chiều rộng của cuống đốt, mm	5,0 ± 1,4	1,4-9,5
Chiều cao cuống đốt, mm	4,9 ± 1,3	1,2-9,8
Góc cuống đốt trên bình diện ngang (axial angle, °)	43,1 ± 3,7	34,5-49,2
Góc cuống đốt trên bình diện dọc (sagittal angle, °)	18,5 ± 2,4	15,1-28,3
Khoảng cách từ điểm bắt vít đến phía trước mẫu khớp trên của C2, mm	25,7 ± 3,2	
Dấu hiệu "high riding VA"	9/86 (10,5%)	
Cuống đốt nhỏ (kích thước < 4mm)	4/86 (4,7%)	

Nhận xét: Chiều rộng của cuống đốt trung bình là 5,0 ± 1,4mm. Chiều cao cuống đốt trung bình 4,9 ± 1,3mm. Có 4/86 (4,7%), cuống đốt kích thước < 4mm. Dấu hiệu động mạch nằm cao "high riding VA" gặp trong 9/86 (10,5%). Góc cuống đốt trên bình diện ngang và bình diện dọc là 43,1 ± 3,7° và 18,5 ± 2,4°. Chiều dài tối đa trung bình của vít là 25,7 ± 3,2mm.

Bảng 3. Mức độ chính xác của vít

Đặc điểm	Giá trị
Mức độ chính xác của vít (số lượng, tỷ lệ %)	
0	62/73 (84,9%)
I	5/73 (6,8%)
II	4/73 (5,5%)
III	2/73 (2,7%)
IV	0
Phạm lỗi động mạch đốt sống	3/73 (4,1%)

Nhận xét: Có 62/73 (84,9%) vít nằm hoàn toàn trong cuống. Tỷ lệ vít nằm ngoài cuống là 15,1%. Trong đó chủ yếu là loại I và II (12,3%). Không có trường hợp nào vít nằm hoàn toàn ngoài cuống (loại IV). Có 3/73 (4,1%) có phạm lỗi động mạch trên các phim CLVT kiểm tra sau PT. Tuy nhiên, trên lâm sàng, không có trường hợp nào có biểu hiện tổn thương.

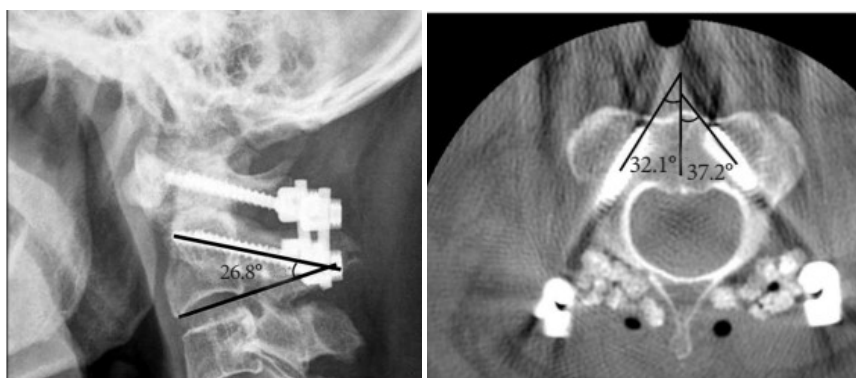
4. Bàn luận

Việc tái tạo hình ảnh đốt sống hình ảnh 3D trước PT đóng một vai trò quan trọng trong kỹ thuật đặt vít cuống đốt cột sống cổ nói chung và C2 nói riêng. Trên CLVT bình diện dọc trước PT, tái tạo hình ảnh đốt sống hình ảnh 3D được thực hiện rất có giá trị để loại trừ sự hiện diện của động mạch đốt sống nằm cao (*high-riding vertebral artery*). Động mạch đốt sống nằm cao là khó khăn lớn nhất khi đặt vít cuống đốt C2, thậm chí đôi khi là một tiêu chuẩn

chống chỉ định cho kỹ thuật này. Theo Neo và cộng sự, tiêu chuẩn để xác định động mạch đốt sống nằm cao là chiều cao của eo (ISH) $\leq 5\text{mm}$ và/hoặc chiều cao bên trong (INH) của khối bên $\leq 2\text{mm}$ trên bình diện cắt dọc [5]. Theo nghiên cứu tổng hợp mới đây của Klepinowski (2021), tỷ lệ động mạch đốt sống nằm cao ước tính khoảng 24,5% số cuống đốt C2 được khảo sát trong cộng đồng người châu Âu [9]. Đối với người Việt Nam, nghiên cứu hình thái của C1 và C2 trên 120 BN người Việt Nam bằng CLVT của Nguyễn Duy Hùng và cộng sự (2020), cho thấy: Chiều cao trung bình của eo C2 là 5,8mm (dao động 1,2-8,3mm); chiều cao bên trong khối bên trung bình là 4,8mm (dao động 0,8-9,9mm); chiều rộng của cuống đốt trung bình là 5,0mm (dao động từ 0,4-9,7mm). Trong nghiên cứu này, các tác giả nhận thấy có 17,9% cuống đốt C2 có đường kính $\leq 4\text{mm}$ [8]. Đối với những BN cuống đốt nhỏ hoặc động mạch đốt sống nằm cao, cần đánh giá xem có thể đặt vít vào cuống đốt được hay không. Nếu vẫn có thể đặt được thì phải điều chỉnh điểm vào và hướng vít ra sao? Trong một số trường hợp nếu không đặt vít được vào cuống đốt thì phải cân nhắc đổi sang bắt vít cung sau hay qua eo. Trong nhóm nghiên cứu của chúng tôi, có 4/86 (4,7%) cuống kích thước nhỏ $< 4\text{mm}$ và 9/86 (10,5%) có động mạch đốt sống nằm cao. Đối với các trường hợp này, chúng tôi chủ

động đặt vít vào cung sau C2 (*intralaminar*) thay vì đặt vào cuống đốt.

Việc đặt vít cố định C1-C2 phía sau để làm vững khớp đội-trục được Goel và Laheri mô tả lần đầu tiên vào năm 1994. Kỹ thuật này sau đó đã được phổ biến bởi Harms và Melcher vào năm 2001 sau khi việc đặt vít vào cuống đốt C2 trở thành một kỹ thuật được thực hiện phổ biến. Mặc dù việc đặt vít ở cuống C2 có thể tạo ra sự cố định vững chắc vùng cột sống cổ cao song cũng phải hết sức cẩn thận để không làm tổn thương động mạch đốt sống (VA) nằm trong các lỗ mỏm ngang, ngay sát bên cạnh thành vỏ cuống đốt. Nhiều kỹ thuật tự do "freehand" đã được nhiều tác giả đưa ra từ các kinh nghiệm bản thân đã cho thấy có thể đặt vít vào cuống đốt C2 an toàn, với điều kiện là phải phân tích cẩn thận hình ảnh trước PT trong mối tương quan với các cấu trúc giải phẫu được bộc lộ rõ ràng trong PT. Tỷ lệ vít phá thành vỏ cuống thay đổi theo từng nghiên cứu. Alesh và cộng sự (2010), phân tích 170 vít được đặt vào cuống đốt C2 cho 93 BN, cho thấy tỷ lệ vít phá thành vỏ cuống đốt ở 25,3% các trường hợp [3]. Bydon và cộng sự (2014) tìm thấy tỷ lệ phạm cuống chung là 17,3% trong tổng số 341 vít đặt cho 181 BN [4]. Năm 2008, Sciubba và cộng sự nghiên cứu 100 vít đặt vào cuống C2 ở 55 BN, cho thấy tỷ lệ phạm cuống gặp ở 15% các trường hợp [1].



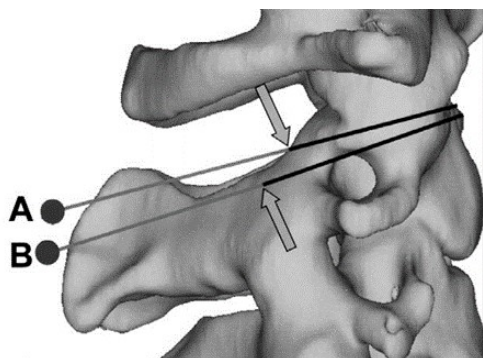
Hình 2. Phim chụp X-quang quy ước và cắt lớp vi tính sau phẫu thuật.

Nguồn: Bệnh nhân Nguyễn Thanh M., 39 tuổi, chẩn đoán: Gãy mỏm nha type II.

Yeom và cộng sự (2008) đã sử dụng hình ảnh chụp CLVT với các lớp cắt mỏng 1mm và thiết bị mô phỏng PT cột sống xây dựng quy trình kỹ thuật đặt vít cuống đốt C2 qua điểm vào dưới mẫu khớp cho 158 BN. Kết quả cho thấy: Kỹ thuật này cải thiện đáng kể tính chính xác và an toàn khi đặt vít. Chỉ có

6,0% (19/316) vít gây thủng cuống, trong đó 2,5% (8/316) vít phạm vào lỗ động mạch đốt sống (không có trường hợp nào tổn thương động mạch trên lâm sàng). Trong nghiên cứu này, dựa trên các dữ liệu của CLVT có dựng hình 3D, với việc sử dụng điểm vào dưới mẫu khớp của Yeom, chúng tôi xây dựng

kế hoạch PT trên từng BN cụ thể, bao gồm: Hướng vít, kích thước và độ dài của vít. So với một số các kỹ thuật khác, điểm bắt vít được điều chỉnh lên cao và ra phía bên hơn. Cùng quan điểm với Yeom, chúng tôi nhận thấy rằng điểm bắt vít cao và ra bên hơn sẽ giúp cho vít hướng vào trong tốt hơn, hướng lên trên ít hơn. Chính vì thế, tạo ra một hành lang an toàn hơn đối với các trường hợp cuống đốt C2 nhỏ hoặc BN có động mạch đốt sống cao. Do điểm vào của vít từ dưới mấu khớp trên cao hơn điểm vào từ cuống nên hạn chế gây tổn thương thành của lỗ động mạch đốt sống vì vậy rất có giá trị đối với những BN có động mạch đốt sống cao (Hình 3). Bên cạnh đó, Yeom còn nhấn mạnh rằng, qua nghiên cứu dựa trên việc tái tạo các đốt sống hình ảnh 3D: Phần cao của cuống đốt thường rộng hơn phần thấp của cuống [6]. Điều này phù hợp với những gì được mô tả bởi Sciubba và cộng sự (2008), các tác giả nhận ra rằng: Điểm vào cao và nằm ra bên sẽ giảm thiểu khả năng bị thương động mạch đốt sống [1].



Hình 3. Hướng bắt vít từ điểm vào dưới mấu khớp C2 (đường A) và từ điểm vào từ cuống đốt C2 (đường B).
Hình mũi tên xác định điểm vào của vít.
Nguồn Yeom, 2008 [6].

5. Kết luận

Qua 73 vít đặt vào cuống đốt C2 (cho 43 trường hợp) sử dụng vị trí đặt vít từ dưới mấu khớp trên, chúng tôi nhận thấy:

Chiều rộng và chiều cao của cuống đốt trung bình lần lượt là $5,0 \pm 1,4\text{mm}$; $4,9 \pm 1,3\text{mm}$. Góc cuống đốt trên bình diện ngang và bình diện dọc là $43,1 \pm 3,7^\circ$ và $18,5 \pm 2,4^\circ$. Chiều dài tối đa trung bình của vít là $25,7 \pm 3,2\text{mm}$.

Sử dụng điểm vào dưới mấu khớp trên để đặt vít cuống đốt C2 (kỹ thuật của Yeom) có độ chính

xác cao: 84,9% vít nằm hoàn toàn trong cuống. Không có trường hợp nào tổn thương động mạch đốt sống và thần kinh trong và sau phẫu thuật.

Tài liệu tham khảo

1. Sciubba DM, Noggle JC, Vellimana AK et al (2009) *Radiographic and clinical evaluation of free-hand placement of C-2 pedicle screws*. Clinical article. J Neurosurg Spine 11: 15-22.
2. Harms J, Melcher RP (2001) *Posterior C1–C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation*. Spine (Phila Pa 26: 2467–2471.
3. Alish H, Parker SL, McGirt MJ, Gokaslan ZL, Witham TF, Bydon A, et al (2010) *Preoperative radiographic factors and surgeon experience are associated with cortical breach of C2 pedicle screws*. J Spinal Disord Tech 23: 9-14.
4. Bydon M, Mathios D, Macki M, De la Garza-Ramos R, Aygun N, Sciubba DM, et al (2014) *Accuracy of C2 pedicle screw placement using the anatomic freehand technique*. Clin Neurol Neurosurg 125: 24-27.
5. Neo M, Sakamoto T, Fujibayashi S, Nakamura T (2005) *The clinical risk of vertebral artery injury from cervical pedicle screws inserted in degenerative vertebrae*. Spine 30(24): 2800-2805.
6. Jin Sup Yeom, Jong Hwa Won, Seong Kyu Park, Yoon Ju Kwon, Seung Min Yoo, Young Hee An, Jae Yoon Chung, Ji-Ho Lee, Bong Soon Chang and ChoonKi Lee (2006) *The subarticular screw: A new trajectory for the C2 screw*. Journal of Korean Spine Surg 13(2): 75-80.
7. Azimi P, Yazdanian T, Benzel EC Aghaei HN, Azhari S, Sadeghi S and Montazeri S (2020) *Accuracy and safety of C2 pedicle or pars screw placement: A systematic review and meta-analysis*. Journal of Orthopaedic Surgery and Research 15: 272.
8. Nguyen Duy Hung, Nguyen Minh Duc, Le Viet Dung, Than Van Sy, Le Thanh Dung, Nguyen Duy Hue (2020) *Computed Tomographic Study of Vietnamese C1-C2 Morphology for Atlantoaxial Crew Fixation Techniques*. Journal of Clinical Imaging Science 10(63).
9. Klepinowski T, Żyłka N, Pala B, Poncyłjusz W, Sagan L (2021) *Prevalence of high-riding vertebral arteries and narrow C2 pedicles among Central-European population: A computed tomography-based study*. Neurosurgical Review 44: 3277–3282.