

## มิติของกระดูกแอกซิสของคนไทยที่สัมพันธ์กับการผ่าตัด posterior atlantoaxial transarticular screw fixation

ทวีชัย เตชะพงศ์วรชัย\*    บรรชัย ชาวลิตรุจิวงษ์\*  
สมศักดิ์ คุปต์นิรติศัยกุล\*    พิบูลย์ อธิระวิวงศ์\*

Tejapongvorachai T, Chavalitrujivong B, Kuptniratsaikul S, Ittiravivong P. Anatomical parameters of C<sub>2</sub> pedicle in the transarticular C<sub>1-2</sub> screw fixation technique. Chula Med J 1999 Sep; 43(9): 683 - 90

- Objective** : *To study the dimensions of the pedicles of the axis*
- Setting** : *Department of Anatomy, Siriraj Hospital*
- Research design** : *Descriptive study*
- Subjects** : *40 Thai male and 40 Thai female dried bones of the axis*
- Method** : *The pedicle width, height and the medial angle of the facet pedicle complex were measured by digital calipers and goniometer.*
- Results** : *The pedicle width was  $7.94 \pm 1.57$  mm in males and  $6.86 \pm 1.51$  mm in females, the pedicle height was  $6.53 \pm 1.33$  mm in males and  $5.70 \pm 1.11$  mm in females. The pedicle width and the pedicle height in males were significantly higher, whereas the medial angle of the facet pedicle complex was  $14.05^\circ \pm 1.95^\circ$  in males and  $13.72^\circ \pm 1.92^\circ$  in females which were not statistically significantly different.*
- Conclusions** : *The pedicle sizes of the axis in Thai people are larger in males and about 4 % were not suitable for the standard screw insertion. The trajectory of the screw should be medially about 10 degrees.*
- Key words** : *Pedicles of the axis, Transarticular C<sub>1-2</sub> screw.*

Reprint request : Tejapongvorachai T, Department of Orthopedic, Faculty of Medicine,  
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand.

Received for publication. July 3, 1999.

ทวีชัย เตชะพงศ์วรชัย, บรรชชัย ชวลิตรุจิวงษ์, สมศักดิ์ คุปต์นิรติศัยกุล, พิบูลย์ อิทธิระวิวงศ์. มิติของกระดูกแกกซีของคนสัมพันธ์กับการผ่าตัด posterior atlantoaxial transarticular screw fixation. จุฬาลงกรณ์เวชสาร 2542 ก.ย; 43(9): 683-90

- วัตถุประสงค์** : เพื่อศึกษามิติของ *pedicle* ของกระดูกคอปล้องที่ 2
- สถานที่ทำการศึกษา** : ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล
- รูปแบบการวิจัย** : การศึกษาเชิงพรรณนา
- ผู้ปวยที่ได้ทำการศึกษา** : การศึกษานี้ได้ทำการวัดมิติของกระดูกคอปล้องที่ 2 จำนวน 80 ชิ้น เป็นเพศชาย 40 ชิ้น และเพศหญิง 40 ชิ้น
- วิธีการศึกษา-วัดผล** : ทำการวัดด้วยเครื่องวัด *digital caliper* และ *goniometer*
- ผลการศึกษา** : ค่า *pedicle width* มีค่าเฉลี่ย  $7.94 \pm 1.57$  มม. ในเพศชายและ  $6.86 \pm 1.51$  ในเพศหญิง, ค่า *pedicle height* มีค่าเฉลี่ย  $6.53 \pm 1.33$  มม. ในเพศชาย และ  $5.70 \pm 1.11$  มม. ในเพศหญิง ค่า *medial angle* ของ *facet pedicle complex* มีค่าเฉลี่ย  $14.05^\circ \pm 1.95^\circ$  ในเพศชาย และ  $13.72^\circ \pm 1.92^\circ$  ในเพศหญิง ค่า *pedicle width* และ *height* ในผู้ชาย สูงกว่าในผู้หญิง ค่า *medial angle* ของ *facet pedicle complex* ไม่แตกต่างกันในเพศชายและเพศหญิง และไม่พบความแตกต่างระหว่างข้างซ้ายและข้างขวาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- วิจารณ์และสรุป** : ขนาด *pedicles* ของกระดูก *axis* ในคนไทยเพศชายใหญ่กว่าในเพศหญิง และมีประมาณ 4 % ที่ไม่เหมาะที่จะใช้ขนาดสกรูมาตรฐานในการผ่าตัด นอกจากนี้แนวการใส่สกรูควรเอียงเข้าในประมาณ 10 องศา

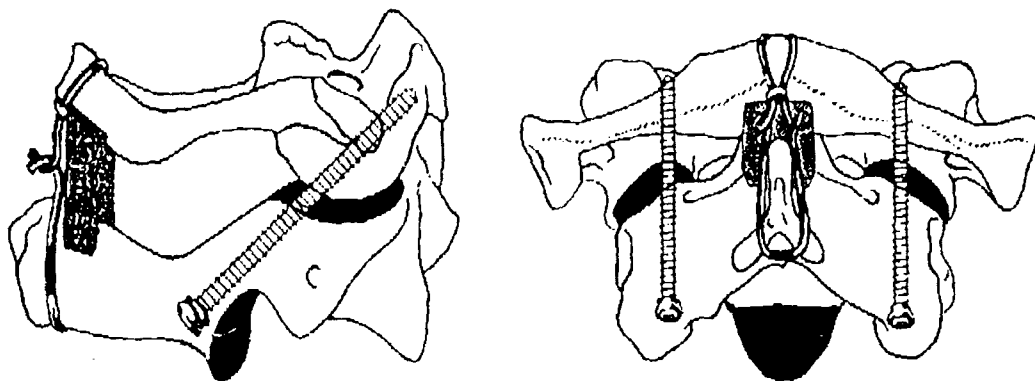
ในการผ่าตัดรักษา atlantoaxial instability วิธีที่เป็นมาตรฐานคือวิธี Posterior wiring ของ Gallie<sup>(1)</sup> Brooks and Jenkins<sup>(2)</sup> แต่ปัญหาในการทำ posterior wiring ได้แก่ การไม่มี C<sub>1</sub> posterior arch (จาก laminectomy, congenital anomalies, trauma, neoplasm, infection หรือ rheumatoid arthritis) canal compromise, posterior subluxation หรือ congenital odontoid anomalies ในกรณีเช่นนี้เราสามารถที่จะเลือกทำผ่าตัดโดยวิธีอื่น ๆ เช่น Occiput - C<sub>2</sub> fusion, anterior fusion, anterolateral transarticular screw fixation และ posterior transarticular screw fixation

ปี ค.ศ. 1987 Magerl และ Seemann ได้เสนอวิธีการทำ posterior transarticular screw fixation ใน atlantoaxial joint ซึ่งให้ immediate rigid fixation โดยไม่จำเป็นต้องใช้ rigid external orthosis มีรายงานการทดสอบความแข็งแรงของ posterior transarticular screw fixation ใน C<sub>1</sub> - C<sub>2</sub> เช่น Hanson และคณะ<sup>(3)</sup> Montesano และคณะ<sup>(4)</sup> พบว่าการทำ posterior C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> transarticular screw fixation จะแข็งแรงมากกว่า Gallie wiring, Grob และคณะ<sup>(5)</sup> ทดสอบ biomechanic ของ posterior atlantoaxial fusion 4 วิธี คือ Gallie, Brooks, Magerl และ Halifax พบว่า Gallie มี torsional stiffness น้อยกว่าอีก 3 วิธี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่วิธีของ Magerl มี torsional stiffness สูงที่สุด

การทำ posterior transarticular screw fixation เป็นทางเลือกหนึ่งในการรักษา Atlantoaxial instability เช่น rheumatoid arthritis, congenital abnormalities, odontoidectomy, incompetency ของ posterior elements, nonunion ของ Type II odontoid fracture, intolerance ต่อ halo orthosis และ salvage procedure สำหรับ atlantoaxial nonunion<sup>(6,7)</sup> ซึ่ง posterior transarticular screw fixation มีข้อดีในเรื่อง fusion rate และ mechanical strength ที่ดีกว่า รวมทั้งเป็นวิธีที่ปลอดภัยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีผ่าตัด posterior wiring<sup>(8)</sup> อื่น ๆ

สำหรับเทคนิคการผ่าตัด posterior transarticular screw fixation ใน C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> โดยวิธีของ Magerl และ Seemann จะกล่าวพอสังเขปดังต่อไปนี้ (ดูรูป 1)

หลังจากผู้ป่วยได้รับการทำ general anesthesia จัดผู้ป่วยให้นอนอยู่ในท่าคว่ำ โดยให้ head fixation device เพื่อให้ axis of rotation อยู่ที่ระดับของ atlanto-occipital joint ดึงให้ cervical spine ส่วนล่างอยู่ในท่า extension และศีรษะอยู่ในท่า flexion ใช้ extensive skin incision เพื่อให้มีพื้นที่สำหรับ drill ก่อนจะใส่ screw จะต้องจัดให้ atlantoaxial joint เข้าที่ดีก่อน โดย lateral mass ของกระดูก atlas และ axis จะต้องอยู่ในแนวเดียวกันจากภาพรังสีด้านหน้าหลัง และ posterior arch ของ atlas และ axis อยู่ในแนวเดียวกันจากภาพรังสีด้านข้าง



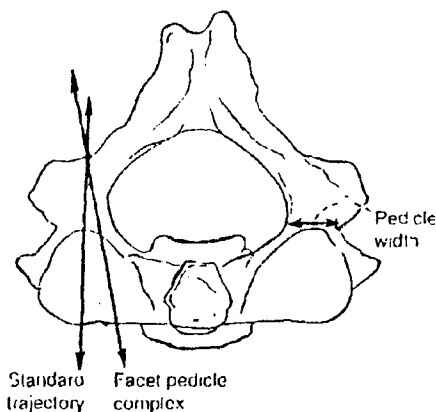
รูปที่ 1

รวมทั้ง anterior arch ของ atlas จะต้องอยู่ห่างจาก odontoid process ของ axis ไม่เกิน 2 มม. สำหรับ insertion point ของ screw จะอยู่ทาง dorsal ของกระดูก axis โดยอยู่ที่รอยต่อของ lamina กับ articular mass เจาะกระดูกด้วย drill bit ขนาด 2.0 มม. โดยใช้ fluoroscope ช่วย เพื่อหลีกเลี่ยง vertebral artery ทาง lateral และ structure ใน spinal canal ทาง medial ให้แนวของ drill bit อยู่ในแนว sagittal โดยผ่าน isthmic part ของกระดูก axis ผ่าน atlantoaxial joint ไปกระดูก atlas ประมาณกึ่งกลางของ articular process ใส่ AO cortical screw ขนาด 3.5 มม. หลังจากนั้นใส่ bone graft ระหว่าง arch ของกระดูก atlas กับ spinous process ของกระดูก axis โดยใช้ wire loop หรือ strong suture

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษามิติของกระดูกคอชั้นที่ 2 (axis) ในคนไทยโดยวัดมิติที่สัมพันธ์กับการทำผ่าตัด posterior transarticular screw

**วัสดุและวิธีการ**

ศึกษาจากกระดูกแห้งของกระดูกคอที่ 2 (axis) ที่มีลักษณะปกติ จำนวน 80 ชิ้น เป็นของเพศชาย 40 ชิ้น เพศหญิง 40 ชิ้น อายุของผู้บริจาคกระดูกเมื่อเสียชีวิต 17-87 ปีโดยผู้บริจาคทุกคนมีเชื้อชาติไทย นำกระดูก axis มาวัด โดยใช้ digital caliper และ goniometer ในมิติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (ดูรูป 2)



รูปที่ 2

1. ความกว้างของ pedicle (pedicle width) วัดระยะระหว่างผิวบนสุดของ pedicle ถึงผิวภายนอกของ pedicle ที่ระดับของ transverse foramen

2. ความสูงของ pedicle (pedicle height) วัดระยะระหว่างผิวบนสุดของ pedicle ถึงผิวล่างสุดของ pedicle ที่ระดับของ transverse foramen

3. medial angle ของ facet - pedicle complex คือมุมระหว่าง facet - pedicle complex axis กับเส้นที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางของ vertebral body และ spinous process โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และทดสอบความแตกต่างทางสถิติ ด้วย Unpaired t-test โดยทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่นที่  $P < 0.05$

ตารางที่ 1. แสดงค่า PW, PH และ FPC เปรียบเทียบแต่ละข้างในเพศชาย

เพศชาย		Mean	S.D.	MAX	MIN
PW (mm)	Rt	7.65	1.50	10.19	3.36
	Lt	8.23	1.60	11.05	3.45
PH (mm)	Rt	6.28	1.29	9.28	3.24
	Lt	6.78	1.34	9.26	3.43
FPC (Degree)	Rt	13.63	1.71	16	10
	Lt	14.24	1.59	17.5	12

ตารางที่ 2. แสดงค่า PW, PH และ FPC เปรียบเทียบแต่ละข้างในเพศหญิง

เพศหญิง		Mean	S.D.	MAX	MIN
PW (mm)	Rt	6.48	1.59	9.37	3.21
	Lt	7.24	1.35	10.03	2.76
PH (mm)	Rt	5.47	1.17	8.91	2.96
	Lt	5.94	0.99	8.11	2.72
FPC (Degree)	Rt	13.46	1.73	16.5	10
	Lt	13.83	1.95	18	10

ตารางที่ 3. แสดงค่า PW, PH และ FPC เปรียบเทียบ  
ระหว่างเพศชายและเพศหญิง

		Mean	S.D.	MAX	MIN
PW (mm)	M	7.94	1.57	11.05	3.36
	F	6.86	1.51	10.03	2.76
PH (mm)	M	6.53	1.33	9.28	3.24
	F	5.70	1.11	8.91	2.72
FPC (Degree)	M	14.05	1.95	17.5	10
	F	13.72	1.92	18	10

หมายเหตุ

- PW หมายถึง pedicle width
- PH หมายถึง pedicle height
- FPC หมายถึง medial angle ของ facet - pedicle complex

ผลการทดลอง

อายุของผู้บริจาคกระดูกของเพศชาย ตั้งแต่ 19 - 87 ปี เฉลี่ย 46.5 ปี

อายุของผู้บริจาคกระดูกของเพศหญิง ตั้งแต่ 17- 80 ปี เฉลี่ย 35.7 ปี

จากการวัดกระดูก axis จำนวน 80 ราย สามารถแสดงในตาราง ดังนี้

จากการคำนวณทางสถิติ สามารถแปรผลได้ดังนี้

1. ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในแต่ละข้างของทั้ง 3 มิติ เมื่อเปรียบเทียบในเพศเดียวกัน (P > 0.05)

2. พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในระหว่างเพศชายและเพศหญิง ในค่า PW และ PH (P < 0.001)

3. ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในระหว่างเพศชายและเพศหญิง ในค่า FPC (P > 0.05)

จากการวัดพบว่า ค่ามิติของ pedicle (PW, PH) ที่น้อยกว่า 3.5 มม. ในเพศชาย มีจำนวน 5 ค่า ในเพศหญิง จำนวน 8 ค่า และค่าที่น้อยที่สุดเท่ากับ 2.72 มม.

วิจารณ์

สาเหตุของ C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> instability มีหลายสาเหตุได้แก่

1. Trauma เช่น odontoid fracture หรือ transverse atlantal ligament rupture
2. Inflammatory arthritis เช่น rheumatoid arthritis, ankylosing spondylitis
3. Os odontoideum
4. Congenital anomalies เช่น skeletal dysplasia with odontoid malformation, inherited ligamentous laxity
5. Neoplasia

เนื่องจาก C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> instability อาจทำให้เกิดผลเสียหายที่รุนแรง การแก้ไขภาวะ instability โดยวิธีการผ่าตัด จึงมีความสำคัญในการรักษา C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> instability ซึ่งมีหลายวิธีดังต่อไปนี้

1. วิธีของ Gallie<sup>(1,9)</sup> และวิธีของ Brooks and Jenkins<sup>(2)</sup> เป็นวิธีมาตรฐานในการรักษา instability แต่พบว่า nonunion 3 - 25%<sup>(2,10-14)</sup> เนื่องจาก C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> เป็นข้อที่มีการเคลื่อนไหวมาก มี rotation ได้ถึง 47 degrees และมี flexion - extension ได้ 10 degrees<sup>(15)</sup> การผ่าตัดด้วยวิธีดังกล่าวอาจจะควบคุม rotation ได้ไม่พอ<sup>(5)</sup> ซึ่งจะนำไปสู่ non - union ได้ถึงแม้การใช้ halo vest หลังผ่าตัดจะเพิ่มอัตรา fusion<sup>(13,16,17)</sup> แต่ปัญหาที่พบได้คือ Pin tract infection<sup>(18)</sup> ส่วน morbidity อื่น ของการทำผ่าตัดวิธีนี้ เช่น การสอดลวดผ่านใต้ lamina อาจเกิดอันตรายต่อ spinal cord ได้<sup>(14,19,20)</sup>

Dickman และคณะ<sup>(6)</sup> ได้รายงานการทำ modified Gallie's technique โดยใช้ wedging iliac graft วางระหว่าง posterior arch ของ C<sub>1</sub> และ C<sub>2</sub> พบ fusion rate 89% แต่วิธีนี้ยังต้องสอดลวดผ่านใต้ lamina และหลังผ่าตัด ผู้ป่วยต้องใส่ halo vest เป็นเวลา 12 สัปดาห์

2. lamina clamp system เช่น Halifax clamp<sup>(21,22)</sup> ซึ่งไม่ต้องสอด wire ใต้ lamina ไม่ต้องเสี่ยงต่อการที่ลวดจะหลุดหรือขาด แต่วิธีนี้มี fusion rate 80%<sup>(23,24)</sup> จึงไม่เป็นที่แพร่หลาย

3. anterior odontoid screw ใช้ในกรณีที่ไม่มี posterior element ของ  $C_1$  หรือ  $C_2$  มี fusion rate มากกว่า 90%<sup>(25,26)</sup> วิธีนี้เหมาะสำหรับในกรณี odontoid fracture

4. วิธี  $C_1 - C_2$  transarticular screw fixation ของ Magerl และ Seemann จากการทดสอบทาง biomechanic พบว่าวิธีนี้ให้ความแข็งแรงดีกว่าการทำ posterior wiring หรือ laminar clamp ข้อดีของวิธีนี้คือ ไม่ต้องสอด wire ผ่านได้ lamina ไม่ต้องใช้ halo fixation หลังผ่าตัด สามารถใช้ในกรณีที่ไม่มี posterior atlantoaxial arch รายงานส่วนใหญ่พบมี fusion rate ประมาณ 95%<sup>(7,8,27-30)</sup> ในขณะที่ Madawi และคณะได้รายงาน fusion rate 87% เนื่องจากมีผู้ป่วยที่เป็น rheumatoid arthritis และ Revision surgery มากกว่ารายงานอื่น ส่วนข้อแทรกซ้อนที่พบ เช่น malposition ของ screw 0-15%, broken screw 0 - 8%, screw pull out 0 - 18% , vertebral artery injury 0-8%, cranial nerve palsy 0 - 8.3% ซึ่งในรายงานที่พบ vertebral artery injury ของ Madawi และคณะ 5 ราย โดย 3 รายมี brisk bleeding อีก 2 ราย มี occlusion ของ artery ซึ่งสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับการจัดกระดูกได้ไม่ดี ในกรณีที่เกิด vertebral artery injury ที่ข้างใดข้างหนึ่งควรหลีกเลี่ยงที่จะใส่ screw ในอีกข้าง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดข้อแทรกซ้อน เช่น brainstem stroke<sup>(28)</sup> ไม่มีรายงานการเสียชีวิตที่สัมพันธ์กับการผ่าตัดนี้โดยตรง สำหรับ malposition ของ screw นั้น Grob และคณะ พบว่ามีผู้ป่วยเพียง 2 ราย เท่านั้นที่มีปัญหา คือ ทำให้เกิดระคายเคืองต่อ hypoglossal nerve และ inadequate stability แต่ไม่พบ nonunion เพราะฉะนั้นการใส่สกรูทั้ง 2 ข้างอาจจะไม่จำเป็นเสมอไป<sup>(27)</sup> จะเห็นว่า การผ่าตัด posterior transarticular screw fixation เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง แต่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดข้อแทรกซ้อน การศึกษานี้จึงเป็นการวัดหามิติของกระดูกคอปล้องที่ 2 (axis) ในคนไทย เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ขนาดของสกรู และแนวการใส่สกรูที่ปลอดภัยที่สุด

จากการศึกษาวัดมิติของกระดูกคอที่ 2 (axis) ค่า pedicle width มีค่าเฉลี่ย  $7.94 \pm 1.57$  มม. ในเพศชาย และ  $6.86 \pm 1.51$  มม. ในเพศหญิง โดยมีค่าน้อยที่สุดในเพศชาย 3.36 มม. และ 2.76 มม. ในเพศหญิง, ค่า pedicle height มีค่าเฉลี่ย  $6.53 \pm 1.33$  มม. ในเพศชาย และ  $5.70 \pm 1.11$  มม. ในเพศหญิง โดยมีค่าน้อยที่สุดในเพศชาย และ 2.72 มม. ในเพศหญิง โดยเพศชายจะมีค่าเฉลี่ยมากกว่าเพศหญิง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่า medial angle ของ facet pedicle complex มีค่าเฉลี่ย  $14.05^\circ \pm 1.95^\circ$  ในเพศชาย และ  $13.72^\circ \pm 1.92^\circ$  ในเพศหญิง ซึ่งค่าสูงสุดในเพศชาย  $17.5^\circ$  ในเพศหญิง  $18^\circ$  โดยไม่พบความแตกต่างในค่าเฉลี่ยระหว่างเพศชายและเพศหญิง และจากการเปรียบเทียบค่ามิติของ pedicle (PW, PH, FPC) ไม่พบความแตกต่างระหว่างข้างซ้ายและขวา เมื่อเปรียบเทียบในเพศเดียวกัน

ในการผ่าตัด posterior transarticular screw fixation ของ  $C_1 - C_2$  โดยวิธีของ Magerl จะใช้ cortical screw ขนาด 3.5 มม. ซึ่งผู้รายงานเห็นว่า อาจจะมีขนาดใหญ่เกินไปสำหรับคนไทยบางคน จากการวัดมิติของ pedicle พบว่า ขนาด pedicle (PW, PH) ที่เล็กกว่า 3.5 มม. มี 4.06 % โดยเท่ากับ 3.13 % ในเพศชายและ 5 % ในเพศหญิง ซึ่งผู้ป่วยกลุ่มนี้ควรใช้ screw ที่มีขนาดเล็กกว่า 3.5 มม. หรือควรจะทราบขนาดของ pedicle ของกระดูก axis โดยการตรวจด้วย CT Scan ทุกรายเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกขนาดของสกรูก่อนการผ่าตัด หรืออาจจะใช้สกรู ขนาด 2.7 มม. สำหรับคนไทยทุกรายแทนขนาด 3.5 มม. แต่การใช้สกรูที่มีขนาดเล็กลง อาจจะมี ความแข็งแรงไม่เพียงพอจึงอาจจะต้องทำการศึกษาในด้าน biomechanic ก่อน ส่วนการใส่สกรูในแนว Sagittal จาก  $C_2$  ไปยัง  $C_1$  นั้น โดยวิธีมาตรฐานจะใช้แนว Sagittal  $0^\circ$  แต่ผู้รายงานเห็นว่า ควรจะใช้มุมเอียงเข้ามาทางด้านในเล็กน้อยประมาณ  $10^\circ$  (โดยค่า medial angle ของ facet pedicle complex ที่วัดได้ประมาณ  $14^\circ$ ) ซึ่งจะช่วยให้หลีกเลี่ยงอันตรายต่อ vertebral artery รวมทั้งสกรูจะเข้า lateral mass ของ  $C_1$  ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ทางด้านในได้ดียิ่งขึ้น

ขณะเดียวกันเราสามารถจะเห็นขอบในของ pedicle ของ C<sub>2</sub> ระหว่างใส่สกรูได้ จึงมีโอกาสที่จะเกิดภัยอันตรายต่อ dural sac หรือ spinal cord ได้น้อย

### สรุป

กระดูกคนไทยมีขนาดเล็ก ไม่สามารถใส่สกรูขนาด 3.5 มม. ตามที่ผู้คิดค้นวิธีการแนะนำได้เสมอไปทุกราย มีประมาณร้อยละ 4 ที่ต้องใช้ขนาดที่เล็กกว่า เพื่อความปลอดภัยควรตรวจด้วยคอมพิวเตอร์โทโมกราฟีก่อนให้การผ่าตัด นอกจากนี้แนวการใส่สกรูควรเรียงเข้าในเล็กน้อย

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.นพ. สรรใจ แสงวิเชียร และเจ้าหน้าที่ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ที่เอื้อเฟื้อในการจัดหากระดูกและสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

### อ้างอิง

1. Fielding JW, Hawkins RJ, Ratzan SA. Spine fusion for atlantoaxial instability. J Bone Joint Surg (Am) 1976 Apr; 58 A(3): 400 - 7
2. Brooks AL, Jenkins EB. Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. J Bone Joint Surg (Am) 1978 Apr; 80 A (3): 279-84
3. Hanson PB, Montesano PX, Sharkey NA, Raunschning W. Anatomic and biomechanical assessment of transarticular screw fixation for atlantoaxial instability. Spine 1991 Oct; 16(10):1441- 5
4. Montesano PX, Juach EC, Anderson PA, Benson DR, Hanson PB. Biomechanics of cervical spine internal fixation. Spine 1991 Mar; 16 (3 Suppl): S10 -S16
5. Grob D, Crisco JJ 3d, Panjati MM, Wang P, Dvorak

- J. Biomechanical evaluation of four different posterior atlantoaxial fixation techniques. Spine 1992 May; 17(5):480-90
6. Dickman CA, Sonntag VKH, Papadopoulos SM. Hadley MN. The interspinous method of posterior atlantoaxial arthrodesis. J Neurosurg 1991 Feb; 74(2):190-8
7. Stillerman CB, Wilson JA. Atlanto-axial stabilization with posterior transarticular screw fixation: technical description and report of 22 cases. Neurosurgery 1993 Jun; 32(6): 948-55
8. Coyne TJ, Fehlings MG, Wallace MC, Bemstein M, Tator CH. C1-C2 posterior cervical fusion: long-term evaluation of results efficacy. Neurosurgery 1995 Oct; 37(4):688-63
9. McGraw RW, Rusch RM. Atlanto-axial arthrodesis. J Bone Joint Surg (Br) 1973 Aug; 55B (3): 482 - 9
10. Griswold DM, Albright JA, Schiffman E, Johnson R, Southwick WO. Atlantoaxial fusion for instability. J Bone Joint Surg (Am) 1978 Apr; 60A (3): 285-92
11. Holmes JC, Hall JE. Fusion for instability and potential instability in children and adolescents. Orthop Clin North Am 1987 Oct; 9(4): 923-43
12. Roy L, Gibson DA. Cervical spine fusions in children. Clin Orthop 1970 Nov-Dec; 73: 146 - 51
13. Sherk HH, Snyder B. Posterior fusions of the upper cervical spine : indications, techniques and prognosis. Orthop Clin North Am 1978 Oct; 9(4): 1091- 9
14. Smith MD, Phillips WA, Hensinger RN. Complications of fusion to the upper cervical spine.

- Spine 1991 Jul; 16(7): 702-5
15. While AA III, Panjabi MM. Clinical Biomechanics of the Spine, 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia, J.B. Lippincott, 1978; 66
  16. Apuzzo MLJ, Heiden JS, Weiss MH, Ackerson TT, Harvey JP, Kurze T. Acute fractures of the odontoid process: an analysis of 45 cases. J Neurosurg 1978 Jan; 48(1): 85-91
  17. Maiman DJ, Larson SJ. Management of odontoid fracture. Neurosurgery 1982 Oct; 11(4): 471-6
  18. Glaser JA, Whitehill R, Stamp WG, Jane JA. Complications associated with the halo-vest : a review of 245 cases. J Neurosurg 1986 Dec; 65(6): 762- 9
  19. Clark CR, Goetz DD, Menezes AH. Arthrodesis of the cervical spine in rheumatoid arthritis. J Bone Joint Surg (Am) 1989 Mar; 71A(3): 381-92
  20. Geremia GK, Kim KS, Cerullo L, Calenoff L. Complications of sublamina wiring. Surg Neurol 1985 Jun; 23(6): 629-35
  21. Aldrich EF, Crow WN, Weber PB, Spagnolia TN. Use of MR imaging-compatible Halifax interlaminar clamps for posterior cervical fusion. J Neurosurg 1991 Feb; 74(2): 185-9
  22. Holness RO, Huestis WS, Howes WJ, Langille RA. Posterior stabilization with an interlaminar clamp in cervical injuries: technical note and review of the long-term experience with the method. Neurosurgery 1984 Mar; 14(3): 318- 22
  23. Aldrich EF, Weber PB, Crow WN. Halifax interlaminar clamp for posterior cervical fusion: a long-term follow-up review J Neurosurg 1993 May; 78(5): 702-8
  24. Statham P, O'Sullivan M, Russell T. The Halifax Interlaminar Clamp for posterior cervical fusion: initial experience in the United Kingdom. Neurosurgery 1993 May; 32(3): 396- 9
  25. Etter C, Coscia M, Jaberg H, Aebi M. Direct anterior fixation of dens fractures with a cannulated screw system. Spine 1991 Mar; 16(3 Suppl): S 25- S 32
  26. Montesano PX, Anderson PA, Schlehr F, Thalgott JS, Lowrey G, Oontoid fractures treated by anterior odontoid screw fixation. Spine 1991 Mar; 16(3 Suppl): S33 - S37
  27. Grob D, Jeanneret B, Aebi M, Markwalder TM. Atlantoaxial fusion with transarticular Grob D, Jeanneret B, Aebi M, Markwalder TM. Atlantoaxial fusion with transarticular screw fixation. J Bone Joint Surg (Br) 1991 Nov; 73 B(6): 972-6
  28. Madawi AA, Casey ATH, Solanki GA, Tuite G, Veres R, Crockard HA. Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique. J Neurosurg 1997 Jun; 86(6): 961-8
  29. Marcotte P, Dickman CA, Sonntag VKH, Karahalios DG, Drabier J. Posterior atlantoaxial facet screw fixation. J Neurosurg 1993 Aug; 79(2): 234 - 7
  30. Sasso RC, Jeanneret B, Fischer K, Magerl F. Occipitocervical fusion with posterior plate and screw instrumentation : a long - term follow - up study. Spine 1994 Oct 15; 19(20): 2364 - 8