

เอกสารประกอบการสอน

วิชาออร์โธปิดิกส์

(รหัสวิชา 3016713)

เรื่อง

การรักษาภาวะกระดูกคอเสื่อมทับเส้นประสาทไขสันหลัง

เรียบเรียงโดย

อาจารย์นายแพทย์วีรศักดิ์ สิงหนัดกิจ

ภาควิชาออร์โธปิดิกส์

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนำ

เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง การรักษาภาวะกระดูกคอเสื่อมทับเส้นประสาทไขสันหลัง (MANAGEMENT OF CERVICAL SPONDYLOTIC MYELOPATHY) จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการประกอบการเรียนการสอนรายวิชาออร์โธปิดิกส์ (รหัสวิชา 3000515) ของภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทางผู้เขียนได้รวบรวมความรู้พื้นฐานจากตำราวิชาการที่เป็นมาตรฐานเป็นที่ยอมรับในระดับสากลและงานวิจัยต่างๆที่มีความทันสมัย รวมทั้งการสอดแทรกความคิดความเห็น และประสบการณ์ต่างๆที่สามารถปรับเพื่อให้ใช้งานได้จริงอีกด้วย

เอกสารฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหาหลัก 3 ส่วน ได้แก่ การวินิจฉัย การประเมินความรุนแรงของโรค และ หลังการรักษา ซึ่งเอกสารฉบับนี้จะใช้ประกอบการเรียนการสอนของหลักสูตรแพทยศาสตรบัณฑิต ชั้นปีที่ 5 ของภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในรายวิชาออร์โธปิดิกส์ (รหัสวิชา 3000515) รวมทั้งใช้ประกอบการเรียนการสอนในระดับแพทย์ประจำบ้าน

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารประกอบการสอนชุดนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียน และผู้สนใจทั่วไป ทำให้สามารถนำความรู้ที่ได้รับเพื่อการประเมินผู้ป่วยโรคกระดูกคอเสื่อมทับเส้นประสาทไขสันหลัง ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ อีกทั้งสามารถเตรียมการและวางแผนการรักษาอย่างสมเหตุสมผล ในคนไข้แต่ละราย

นายแพทย์วีรศักดิ์ สิงหนัดกิจ

หน่วยกระดูกสันหลัง

ภาควิชาออร์โธปิดิกส์

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	1
การวินิจฉัย	1
การประเมินความรุนแรง	2-3
การรักษา	3-30
สรุป	30

ประมวลรายวิชา (Course Syllabus)

3016713 : ศัลยศาสตร์กระดูกสันหลัง (Spinal Surgery)

1. รหัสวิชา (Course Number)	3016713
2. จำนวนหน่วยกิต (Course Credit)	3 (0-9-3) หน่วยกิต
3. ชื่อวิชา (Course Title)	ศัลยศาสตร์กระดูกสันหลัง
4. คณะ/ภาควิชา (Faculty / Department)	คณะแพทยศาสตร์/ภาควิชาออร์โธปิดิกส์
5. ภาคการศึกษา (ต้น/ปลาย/ฤดูร้อน) (Semester (First / Second / Summer))	ต้น/ปลาย
6. ปีการศึกษา (Academic Year)	2556-2560
7. ชื่อผู้สอน (Instructor / Academic Staff)	รศ.นพ. ทวีชัย เดชะพงษ์วรชัย รศ.นพ. วิชาญ ยิ่งศักดิ์มงคล ผศ(พิเศษ)..นพ.นรา จารุวังสันติ รศ.นพ.วรวรรณ ลิมทองกุล อ.นพ.วีรศักดิ์ สิงหนัดกิจ
8. เงื่อนไขรายวิชา (Condition)	
8.1 วิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Prerequisite)	ไม่มี
8.2 วิชาบังคับร่วม (Corequisite)	ไม่มี
8.3 วิชาควบ (Concurrent)	ไม่มี
9. สถานภาพของวิชา (วิชาบังคับ/วิชาเลือก) Status (Required / Elective)	วิชาบังคับ
10. ชื่อหลักสูตร (Curriculum)	ประกาศนียบัตรชั้นสูงทางวิทยาศาสตร์การแพทย์คลินิก สาขาออร์โธปิดิกส์
11. วิทยาระดับ (Degree)	ประกาศนียบัตรชั้นสูง
12. จำนวนชั่วโมงที่สอน/สัปดาห์ (Hours / Week)	ปฏิบัติ 9 ชั่วโมง / สัปดาห์ SDL 3 ชั่วโมง / สัปดาห์
13. เนื้อหารายวิชา (Course Description)	

ปัญหาและความผิดปกติของกระดูกสันหลัง ทั้งสาเหตุจากความเสื่อม, การบาดเจ็บ, ความผิดปกติโดยกำเนิด, การติดเชื้อ, เนื้องอก, ตลอดจนความผิดปกติของเมตาบอลิซึม ซึ่งต้องใช้ในการรักษาโดยการผ่าตัด ซึ่งเนื้อหาประกอบด้วย การซักประวัติ

ตรวจร่างกาย การวินิจฉัย, ชีวกลศาสตร์ของกระดูกสันหลัง, เทคนิคการผ่าตัด, การใช้โลหะและวัสดุในการยึดและเชื่อมกระดูก, การดูแลผู้ป่วยภายหลังการผ่าตัด, ข้อแทรกซ้อนที่เกี่ยวข้องกับการผ่าตัด

The course covers problems and disorders of the spine, the cause of degeneration, injury, birth deformity, infections, tumors, and abnormalities of the metabolic depression which require treatment by surgery. The contents include history taking, physical examination, diagnosis, biomechanics of the spine, surgical techniques, the use of metals and materials to mount and connect the bones, taking care of patients after surgery, and complication related to surgery.

14. ประมวลการเรียนรายวิชา (Course Outline)

14.1 วัตถุประสงค์ทั่วไปและ/หรือวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Learning Objectives / Behavioral Objectives)

เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน นิสิตควรมีความสามารถดังต่อไปนี้

- 14.1.1 สามารถเข้าใจปัญหาและความผิดปกติของกระดูกสันหลัง
- 14.1.2 สามารถซักประวัติ ตรวจร่างกาย และการประเมินผู้ป่วยที่มีปัญหาต่อกระดูกสันหลัง
- 14.1.3 สามารถอธิบายข้อบ่งชี้ในการผ่าตัดกระดูกสันหลังและเลือกวิธีในการรักษาโรคของ กระดูกสันหลังได้อย่างเหมาะสมถูกต้อง
- 14.1.4 สามารถอธิบายขั้นตอนการทำผ่าตัดแก้ไขกระดูกสันหลังชนิดต่างๆ เช่น การผ่าตัดหมอนรองกระดูก การแก้ไขการกดทับจากประสาท
- 14.1.5 สามารถดูแลผู้ป่วยหลังการผ่าตัดกระดูกสันหลังได้อย่างถูกต้องเหมาะสม
- 14.1.6 สามารถวินิจฉัยข้อแทรกซ้อนที่เกี่ยวข้องกับการผ่าตัดกระดูกสันหลังและอธิบายหลักการรักษาได้

14.2 เนื้อหารายวิชาต่อสัปดาห์ (Learning Contents)

เนื้อหารายวิชาต่อสัปดาห์ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นไปตามลักษณะของกิจกรรมที่แตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์ และหัวข้อเนื้อหาการเรียนการสอนที่รายวิชาครอบคลุม

- 14.2.1 กิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นไปตามลักษณะของกิจกรรมที่แตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์ ประกอบด้วย
 - 14.2.1.1. ดูแลผู้ป่วยนอกที่มีปัญหาและความผิดปกติของกระดูกสันหลังและผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดกระดูกสันหลัง ภายหลังได้การกำกับของคณาจารย์ในภาควิชา จำนวนสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 3 ชั่วโมง
 - 14.2.1.2. ดูแลผู้ป่วยในที่มีปัญหาและความผิดปกติของกระดูกสันหลัง ร่วมกับคณาจารย์ในภาควิชา จำนวนสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ครั้งละ 3 ชั่วโมง
 - 14.2.1.3. ดูแลผู้ป่วยในที่ได้รับการผ่าตัดกระดูกสันหลังเฉพาะราย ร่วมกับคณาจารย์ผู้รับผิดชอบเต็มเวลา จำนวนสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 3 ชั่วโมง
 - 14.2.1.4. ร่วมทำการผ่าตัดกระดูกสันหลังกับคณาจารย์ในภาควิชา จำนวนสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ครั้งละ 4 ชั่วโมง

- 14.2.1.5. อภิปรายข้อมูลผลการผ่าตัดเปลี่ยนกระดูกสันหลังในรอบสัปดาห์ที่ผ่านมากับคณาจารย์ผู้รับผิดชอบ
เต็มเวลา ตั้งแต่การวินิจฉัย การวางแผน การรักษาและผลการรักษาจำนวนสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 1
ชั่วโมง
- 14.2.1.6. ทบทวนวรรณกรรมงานวิจัย และวิจารณ์วรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับศัลยศาสตร์กระดูกสันหลัง
และนำเสนอในที่ประชุม จำนวนสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 1 ชั่วโมง
- 14.2.2 หัวข้อเนื้อหาการเรียนการสอนที่รายวิชาครอบคลุมประกอบด้วย
- 14.2.2.1. History and physical examination
 - 14.2.2.2. Surgical anatomy and approaches
 - 14.2.2.3. Spinal fusion and instrumentation
 - 14.2.2.4. Degenerative spine
 - 14.2.2.5. Spinal stenosis
 - 14.2.2.6. Adult deformity
 - 14.2.2.7. Spine trauma
 - 14.2.2.8. Tumors of the spine
 - 14.2.2.9. Infection of the spine
 - 14.2.2.10. Osteoporosis spine
 - 14.2.2.11. Complication of spine surgery
 - 14.2.2.12. Literature review

14.3 วิธีจัดการเรียนการสอน (Method)

- | | |
|---|-----------------------------|
| ☒ การบรรยายเชิงอภิปราย (Lecture and discussion) | ชั่วโมง/ครั้ง/คาบ/ร้อยละ 40 |
| ☒ การระดมสมอง และการอภิปรายกรณีศึกษา | ชั่วโมง/ครั้ง/คาบ/ร้อยละ 30 |
| เพื่อให้รู้จักการวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา | |
| ☒ การสรุปประเด็นสำคัญ หรือการนำเสนอ | ชั่วโมง/ครั้ง/คาบ/ร้อยละ 30 |
| ผลของการสืบค้นหรือผลของงานที่ได้รับมอบหมาย | |

14.4 สื่อการสอน (Media)

- ☒ สื่อนำเสนอในรูปแบบ (Powerpoint media)
- ☒ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ / เว็บไซต์ (Electronics and website media)
- ☒ อื่นๆ (Others) ผู้ป่วยที่มารับการรักษ

14.5 การมอบหมายงาน ผ่านระบบเครือข่าย (Assignment through Network System)

14.5.1 ข้อกำหนดวิธีการมอบหมายงาน และส่งงาน (Assigning and Submitting Method)

14.5.2 ระบบจัดการการเรียนรู้ที่ใช้ (Learning Management System)

14.6 การวัดผลการเรียน (Evaluation)

14.6.1 การประเมินความรู้ทางวิชาการ ร้อยละ 40

14.6.2 การประเมินการทำงานหรือกิจกรรมในชั้นเรียน ร้อยละ 60

15. รายชื่อหนังสืออ่านประกอบ (Reading List)

15.1 หนังสือบังคับ (Required Text)

15.1.1 Campbell's Operative Orthopaedics, 10th ed.

15.2 หนังสืออ่านเพิ่มเติม (Supplementary Texts)

15.2.1 Instructional Course Lecture, American Academy of Orthopaedic Surgeons (ตีพิมพ์ภายในระยะเวลา 2 ปี
ย้อนหลัง)

15.2.2 The Spine 5th ed; Rothmen

15.3 บทความวิจัย/บทความวิชาการ (ถ้ามี) Research Articles / Academic Articles (If any) (ตีพิมพ์ภายในระยะเวลา 2 ปี ย้อนหลัง)

15.3.1 Journal of Bone and Joint Surgery, American Volume

15.3.2 Journal of Bone and Joint Surgery, British Volume

15.3.3 Clinical Orthopaedic and Related Researches

15.3.4 Journal of Spine

15.3.5 International Orthopaedics

15.4 สื่ออิเล็กทรอนิกส์ หรือ เว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง (Electronic Media or Websites)

15.4.1 <http://www.aaos.org>

15.4.2 <http://www.spinejournal.org>

16. การประเมินผลการสอน (Teacher Evaluation) โปรดระบุการดำเนินการในเรื่องต่างๆ ดังนี้

16.1 การประเมินการสอน

16.1.1 แบบประเมินการสอนอาจารย์ (รหัส 45)

16.1.2 แบบประเมินการสอนรายวิชา (รหัส 47)

16.2 การปรับปรุงจากผลการประเมินการสอนครั้งที่ผ่านมา (ระบุว่าได้ดำเนินการในเรื่องใดบ้าง เช่น ปรับปรุงเนื้อหา สื่อการสอน วิธีการสอน เป็นต้น) (Changes made in accordance with the previous evaluation e.g. adjustments in content, teaching media, teaching method)

16.2.1 ปรับปรุงเนื้อหาเมื่อปีพ.ศ.2558

16.2.2 ปรับปรุงการประเมินการสอนเมื่อปีพ.ศ.2558

16.3 การอภิปรายหรือการวิเคราะห์ที่เสริมสร้างคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ระบุว่าได้ดำเนินการคุณลักษณะด้านใด ซึ่งมหาวิทยาลัยกำหนด

- สถิติปัญหาและวิชาการ

ได้ดำเนินการนิสิตให้มีความรู้ที่ทันสมัยในสาขาวิชาที่เรียนมา เข้าใจอย่างลึกซึ้งในเนื้อหาสาระหลัก

- ทักษะและวิชาชีพ

สามารถพัฒนาความรู้ใหม่ และประยุกต์ใช้กับวิชาชีพได้

- คุณธรรม

มีระเบียบวินัยและเคารพกฎกติกาของสังคม ประพฤติปฏิบัติตามจรรยาบรรณวิชาชีพและจรรยาบรรณนักวิชาการหรือนักวิจัย

- สังคม

มีความศรัทธาในความดี มีหลักคิดและแนวปฏิบัติในทางส่งเสริมความดีและคุณค่าความเป็นมนุษย์ มีความรับผิดชอบ มีศีลธรรม ซื่อสัตย์สุจริต และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมอย่างสันติ

การรักษาภาวะกระดูกคอเสื่อมทับเส้นประสาทไขสันหลัง

MANAGEMENT OF CERVICAL SPONDYLOTIC MYELOPATHY

บทนำ (Introduction)

Cervical spondylosis เป็นสาเหตุที่พบบ่อยที่สุดของทุกผลภาพที่เกิดขึ้นในผู้ป่วยอายุมากกว่า 50 ปี ในขณะที่ cervical spondylotic myelopathy (CSM) จัดเป็น most common progressive spinal cord disorder ในผู้ป่วยอายุมากกว่า 55 ปี¹ แม้กระนั้นแนวทางการรักษา cervical myelopathy ยังคงเป็นที่ถกเถียง ทั้งในด้านข้อบ่งชี้ในการผ่าตัด เทคนิคและวิธีการผ่าตัด รวมถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผ่าตัด(timing). ในบทความนี้จะกล่าวถึงการตัดสินใจเลือกการรักษาแบบผ่าตัดหรือแบบไม่ผ่าตัด, แนวทางการเลือกวิธีการผ่าตัดจากทางด้านหน้า(Anterior surgery) หรือ ผ่าตัดจากทางด้านหลัง(posterior surgery) รวมถึงรายละเอียดและประเด็นที่พึงพิจารณาในปัจจุบันเกี่ยวกับการผ่าตัดแต่ละวิธี

การวินิจฉัย (Diagnosis)

การวินิจฉัยอาศัยข้อมูลประกอบกันทั้ง อาการ อาการแสดง และภาพถ่ายรังสี ดังแสดงใน ตารางที่ 1

Table 1 อาการ การตรวจร่างกาย และภาพถ่ายรังสี MRI ในการวินิจฉัย cervical myelopathy

อาการ	การตรวจร่างกาย	ภาพถ่าย MRI
Bilateral arm paresthesia	Hyperreflexia	Full effacement of CSF and deformation of cord
Hand numbness	Positive Hoffman sign	
Weakness	Positive Babinski sign	
Spastic ataxic gait	Spasticity/Clonus	
Lhermitte's phenomenon	Ataxia	Reduction in transverse area of cord
	Atrophy of hand muscle	
		Segmentation of T2 signal change

การประเมินความรุนแรง (Severity classification)

การประเมินความรุนแรงของ cervical myelopathy นิยมใช้ Nurick grade (ตารางที่ 2) และ Modified Japanese orthopedic association score (mJOA score) (ตารางที่ 3) เป็นหลัก

ความรุนแรงของ cervical myelopathy เมื่อพิจารณาที่ Nurick grade พบว่าตั้งแต่ Nurick grade 3 ขึ้นไป จัดว่ารุนแรงรบกวนการดำเนินชีวิตประจำวัน ส่วนถ้าประเมินตาม mJOA score จะแบ่งเป็น mild(score>12), moderate(score 9-12) และ severe(score <9)

Table 2 Nurick grading²

<i>Nurick grade</i>	
0	Signs or symptoms of root involvement but without evidence of spinal cord disease
1	Signs of spinal cord disease but no difficulty in walking
2	Slight difficulty in walking which did not prevent full-time employment
3	Difficulty in walking which prevented full-time employment or the ability to do all housework, but which was not so severe as to require someone else's help to walk
4	Able to walk only with someone else's help or with the aid of a frame
5	Chair bound or bedridden

Table 3 Modified Japanese orthopedic association score (modified JOA score)³

Modified JOA score (score definition)	
Motor dysfunction	
Upper extremities	
0	Unable to move hands
1	Unable to eat with a spoon but able to move hands
2	Unable to button shirt but able to eat with a spoon
3	Able to button shirt with great difficulty
4	Able to button shirt with slight difficulty
5	No dysfunction
Lower extremities	

- 0 Complete loss of motor & sensory function
- 1 Sensory preservation without ability to move legs
- 2 Able to move legs but unable to walk
- 3 Able to walk on flat floor with a walking aid (cane or crutch)
- 4 Able to walk up- &/or downstairs w/aid of a handrail
- 5 Moderate-to-significant lack of stability but able to walk up- &/or downstairs without handrail
- 6 Mild lack of stability but able to walk unaided with smooth reciprocation
- 7 No dysfunction

Sensory dysfunction

Upper extremities

- 0 Complete loss of hand sensation
- 1 Severe sensory loss or pain
- 2 Mild sensory loss
- 3 No sensory loss

Sphincter dysfunction

- 0 Unable to micturate voluntarily
- 1 Marked difficulty in micturition
- 2 Mild-to-moderate difficulty in micturition
- 3 Normal micturition

การรักษา (Treatment of cervical myelopathy)

การรักษา cervical myelopathy ประกอบด้วยการรักษาด้วยการผ่าตัด (Operative treatment) และการรักษาแบบไม่ผ่าตัด (Non-operative treatment) การตัดสินใจเลือกการรักษาแบบใดต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายด้านด้วยกัน เช่น อายุ, ความรุนแรงของภาวะ myelopathy, activity level และโรคประจำตัว (Comorbidity) เป็นต้น

ผู้เขียนขอแบ่งกลุ่มผู้ป่วยเส้นประสาทไขสันหลังระดับคอถูกกดทับออกเป็น 3 กลุ่มเมื่อจะพิจารณาถึงการตัดสินใจเลือกวิธีการรักษา ดังนี้

1. Moderate to severe myelopathy (Nurick $\geq$ 3, JOA score $\leq$ 12) กลุ่มนี้จัดว่ามีข้อบ่งชี้ในการผ่าตัดชัดเจน (Absolute indication) เนื่องจากการกดทับเส้นประสาทก่อให้เกิดผลรบกวนการทำงานและการดำรงชีวิตประจำวัน ยกเว้นว่ามีปัญหาในด้านความเสี่ยงต่อการผ่าตัดที่มากเกินไปจนการยอมรับได้
2. Mild myelopathy (Nurick $<$ 3, JOA score $>$ 12) กลุ่มนี้มีอาการแต่ยังไม่รบกวนการใช้ชีวิตประจำวัน การผ่าตัดมีประโยชน์ในแง่การป้องกัน progression และป้องกันการเกิด acute spinal cord injury จากอุบัติเหตุเล็กน้อย การศึกษาพบว่าอาการของ myelopathy ส่วนใหญ่มีลักษณะการดำเนินโรคแบบทรงตัวสลับการแย่ลงเป็นช่วงๆ โดย 20-60% ของคนไข้ที่มีอาการจะมีอาการแย่ลงตามมาในที่สุด ผู้ป่วยที่ตรวจพบ cord signal intensity change จาก T2-MRI มีความเสี่ยงประมาณ 4% ต่อการแย่ลงของการทำงานของระบบประสาทอย่างรุนแรงหลังได้รับอุบัติเหตุเพียงเล็กน้อย กล่าวโดยรวมคนไข้ในกลุ่มนี้มีเหตุผลเพียงพอต่อการผ่าตัด โดยอาจพิจารณาพร้อมกับ อายุ, activity, โรคประจำตัว รวมถึงการพบลักษณะ cord signal intensity change จาก T2-MRI
3. Cervical cord compression without myelopathy กลุ่มนี้ประกอบด้วยผู้ป่วยที่พบภาพถ่ายรังสีแสดงตีบแคบของช่วงกระดูกสันหลังส่วนคอร่วมกับการกดทับต่อเส้นประสาทไขสันหลังแต่ยังตรวจไม่พบอาการ myelopathy กลุ่มนี้ยังเป็นที่ถกเถียงกันมากกว่าจำเป็นต้องผ่าตัดรักษาหรือไม่ การศึกษาพบว่าในประชากรอายุมากกว่า 70 ปีพบการเสื่อมของกระดูกคอได้ 95% ในผู้ชายและ 70% ในผู้หญิง นอกจากนี้ 9% ของประชากรที่อายุมากกว่า 70 ปี ตรวจพบการตีบแคบของช่องกระดูกคอ แต่ในความเป็นจริงผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจรักษาด้วยอาการของการกดทับเส้นประสาทจากการตีบแคบของช่องกระดูกคอนั้นมีสัดส่วนน้อยกว่านั้นมาก จึงจะเห็นได้ว่าภาวะ Cervical cord compression without myelopathy นั้นมีอยู่เป็นจำนวนมากจำเป็นต้องให้คำแนะนำและรักษาอย่างถูกต้องเหมาะสม ผู้ป่วยกลุ่มนี้อาจมาพบแพทย์ด้วยอาการปวดต้นคอหรือมาด้วยอาการจากการกดทับรากประสาท (Nerve roots)แล้วได้รับการตรวจภาพถ่ายรังสีพบการกดทับเส้นประสาทไขสันหลัง (Spinal cord) ร่วมกับ Wilson และคณะ⁴ ทำการศึกษาแบบ systematic review เพื่อพยายามหาคำตอบในผู้ป่วยกลุ่มนี้พบว่า ในกลุ่มที่มีการกดทับเส้นประสาทไขสันหลัง (Spinal cord) จากการเสื่อมของกระดูกคอ (Cervical spondylosis) พบอาการ myelopathy ตามมาได้ประมาณ 8% เมื่อติดตามไปเป็นเวลา 12 เดือนและประมาณ 23% ที่เวลา 44 เดือน ส่วนกลุ่มที่มีการกดทับเส้นประสาทไขสันหลัง (Spinal cord) จากภาวะ OPLL พบรายงานการเกิด myelopathy ตามมาได้ 0-61.5% โดยความเสี่ยงที่สัมพันธ์ต่อการเกิดอาการ myelopathy ในกลุ่ม spondylosis ได้แก่ การตรวจพบอาการและอาการแสดงของการกดทับรากประสาท(nerve root) ใน

ระดับเดียวกับที่ภาพถ่ายรังสีพบการกดทับเส้นประสาทไขสันหลัง(spinal cord), การตรวจพบ Prolonged somatosensory and motor evoked potentials และภาวะ Cord signal intensity change ใน T2 weight MRI ส่วนความเสี่ยงในกลุ่ม OPLL ได้แก่ การกดทับที่มากกว่า 60%, Lateral deviated OPLL และการมีพิสัยการเคลื่อนไหวของกระดูกต้นคอที่มาก อย่างไรก็ตามข้อมูลจาก systematic review นี้สามารถให้ strong recommendation ในการผ่าตัดผู้ป่วย Cervical cord compression without myelopathy ได้เฉพาะในกลุ่ม cervical spondylosis ที่แสดงอาการของการกดทับรากประสาทและการตรวจพบความผิดปกติของ Electrophysiological study ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงอย่างมากต่อการเกิดอาการ myelopathy ตามมาในอนาคต ส่วนความเสี่ยงอื่นๆอาจใช้ช่วยประกอบการตัดสินใจได้เช่นกัน

กล่าวโดยรวมการผ่าตัดเป็นการรักษาหลักในผู้ป่วยที่มีกลุ่ม myelopathy เพื่อรักษาอาการรวมถึงป้องกันการแย่งลงของการทำงานของเส้นประสาทไขสันหลังในอนาคต ผู้ป่วยที่ตัดสินใจรักษาแบบไม่ผ่าตัดต้องมีการติดตามความเป็นไปอย่างใกล้ชิดเพื่อประเมินความเสี่ยงที่อาจเปลี่ยนไปและให้การรักษาอย่างทันท่วงที

การรักษาโดยการผ่าตัด (Operative treatment of cervical myelopathy)

การผ่าตัดเพื่อรักษา cervical myelopathy มีหลายวิธีอาจแบ่งได้เป็นการผ่าตัดจากทางด้านหน้าและการผ่าตัดจากทางด้านหลัง ได้แก่

1. **Anterior surgery** : Anterior cervical discectomy and fusion (ACDF)
: Anterior cervical corpectomy and fusion (ACCF)
: Total disc replacement (TDR)
2. **Posterior surgery**: Laminectomy
: Laminectomy and fusion
: Laminoplasty
3. **Combined surgery**

Table 4 ข้อดีข้อเสียของการผ่าตัดรักษา cervical myelopathy เปรียบเทียบ anterior surgery กับ posterior surgery

	Anterior approach	Posterior approach
Advantages	Direct decompression Correct Deformity (create lordosis) Lengthen anterior column Stabilized with arthrodesis Good axial pain relief	Less loss of motion (laminoplasty) Not as technically demand Less approach , graft , instrument complications (Esp. > = 3 Levels)
disadvantages	Loss of motion Approach complications Graft complications Instrumentation complications Adjacent segment degeneration Technically demanding	Indirect decompression Pre-op kyphosis and/or instability limitation Inconsistent axial neck pain relief Late instability C5 root palsy Damage posterior musculature

การรักษาทุกวิธีมีจุดมุ่งหมายเดียวกันคือ decompress spinal canal ทุกวิธีมีทั้งข้อดีและข้อเสียดังสรุปไว้ในตารางที่ 4. ไม่มีวิธีใดเหมาะสมกับการรักษาผู้ป่วยได้ทุกราย การเลือกการรักษาวิธีใดจึงต้องประเมินถึงปัจจัยหลายอย่างดังต่อไปนี้

- *Main compressive pathology* โรคส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการกดเส้นประสาทไขสันหลังจากทางด้านหน้า เช่น กดจากหมอนรองกระดูก bone spur หรือ OPLL เป็นต้น ดังนั้นการผ่าตัดจากทางด้านหน้าจึงถือเป็นการรักษาพยาธิสภาพโดยตรง(direct decompression) ส่วนการผ่าตัดจากทางด้านหลังจัดเป็น Indirect decompression โดยหวังให้เกิดการเคลื่อนตัวของ spinal cord ไปทางด้านหลังหนีจากพยาธิสภาพที่กดอยู่ทางด้านหน้า อย่างไรก็ตามมีส่วนน้อยที่การกดทับเส้นประสาทมีพยาธิสภาพจากทางด้านหลัง เช่น Ossifying of yellow ligament(OYL) เป็นต้นซึ่งการผ่าตัดจากทางด้านหลังเป็นการรักษาที่พยาธิสภาพโดยตรง(direct decompression)
- *Number of levels of pathology* การผ่าตัดรักษาพยาธิสภาพตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไป มีความเสี่ยงต่อ

- การเกิด complication ในการผ่าตัดจากทางด้านหน้ามากขึ้น เช่น dysphagia, respiratory compromise, re-intubation, risk of nonunion, instrument complication และ loss of cervical range of motion เป็นต้น
- *Preoperative sagittal alignment* การผ่าตัดทางด้านหลังต้องการกระดูกคอที่มี lordosis เพื่อให้เกิดการเคลื่อนตัวของ spinal cord ไปทางด้านหลังได้ ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมในรายที่กระดูกคอกมีลักษณะเป็น kyphosis
 - *Preoperative axial neck pain* เนื่องจาก axial neck pain มีสาเหตุหลายอย่าง เช่น Instability, severe facet arthrosis เป็นต้น ซึ่งไม่สามารถแก้ไขได้ด้วย Non-fusion surgery ถ้าผู้ป่วยมีอาการปวดต้นคอเป็นอาการสำคัญการเลือกวิธีผ่าตัดที่เป็น fusion surgery จึงเหมาะสมกว่า
 - *Previous surgery* การเลือก approach คนละทางกับที่เคยผ่าตัดมาก่อนทำให้การผ่าตัดทำได้ง่ายกว่า อีกทั้งการผ่าตัดใน virgin tissue ช่วยลดผลแทรกซ้อนจากการบาดเจ็บต่อ structures ข้างเคียง, wound complications รวมทั้งเพิ่มโอกาสสำเร็จในการการเชื่อมของกระดูกอีกด้วย
 - *Other factors* เช่น Osteoporosis อันอาจทำให้มีโอกาสเกิด instrumentation complication มากขึ้น หรือคนไข้บางกลุ่มมีความเสี่ยงต่อการเกิดการไม่ติดของกระดูก เช่น smoking, chronic kidney disease อาจพิจารณาการผ่าตัดที่เป็น Non fusion procedure เป็นต้น

Rhee และคณะ⁵ แนะนำแนวทางการเลือกวิธีการผ่าตัดในผู้ป่วย cervical myelopathy ไว้ดังรูปที่ 1.

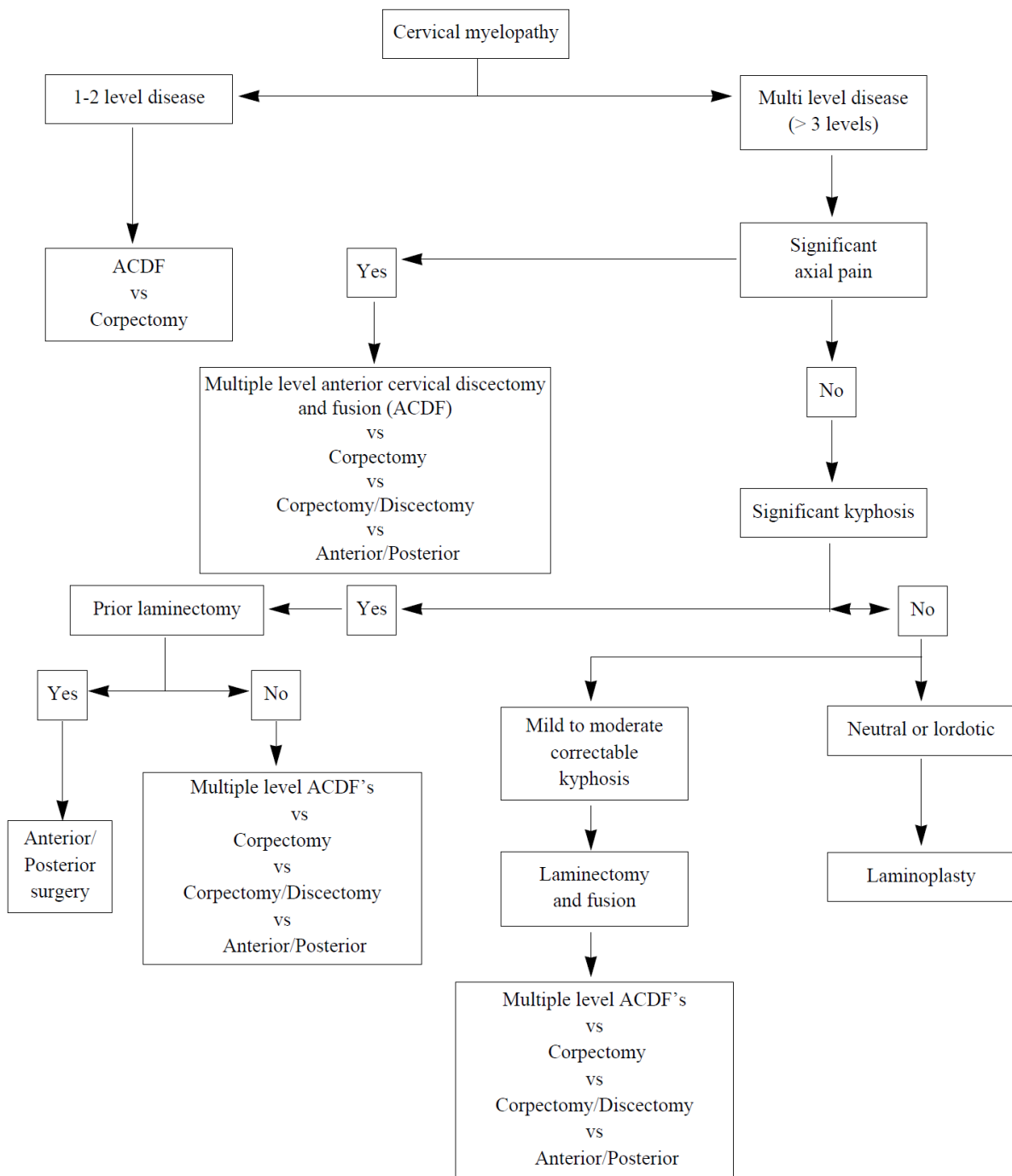


Figure 1 General guideline for surgical management of cervical myelopathy (From John M. Rhee. Asian spine journal 2008;2:2;114-126) ⁵

Anterior surgery for degenerative cervical myelopathy

ลักษณะคุณสมบัติผู้ป่วยที่เหมาะสมสำหรับ anterior surgery (Candidate for anterior cervical surgery) ได้แก่

- Anterior pathology
- 1-2 level pathology
- Preoperative kyphosis
- Significant axial neck pain
- Hill type OPLL
- Previous posterior surgery

การผ่าตัดรักษาทางด้านหน้ามีหลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ Anterior cervical discectomy and fusion(ACDF), Anterior cervical corpectomy and fusion (ACCF), Total disc replacement (TDR)

Anterior cervical discectomy and fusion (ACDF)

การผ่าตัดเชื่อมข้อกระดูกคอแบบ ACDF มีการทำมานาน ข้อดีคือ เป็นการแก้ไขการกดทับเส้นประสาท ไขสันหลังและรากประสาทโดยตรง (direct decompression), สามารถ correct sagittal plane deformity ได้โดยการ lengthen anterior column ร่วมกับการใช้ lordotic intervertebral cage. โอกาสการติดของกระดูก (fusion rate) ด้วยการผ่าตัด ACDF นั้นสูง 95-100% โดยเฉพาะในการผ่าตัดเชื่อมข้อระดับเดียว (single level ACDF) ร่วมกับการใส่เหล็กยึดตรึงกระดูก (plating)^{6,7}

ประเด็นที่ต้องพิจารณาในการผ่าตัด ACDF ได้แก่

- **Interbody graft (Autograft vs Allograft)** การใช้ allograft เพื่อพยายามหลีกเลี่ยงปัญหา donor site morbidity ของการใช้ autograft รวมทั้งช่วยลดระยะเวลาการผ่าตัด อย่างไรก็ตามการใช้ allograft ก็เพิ่มความเสี่ยงต่อ viral transmitted disease รวมถึงค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งข้อกังวลในด้าน fusion rate ของการใช้ allograft เป็นต้น การศึกษาของ Samartzis และคณะ^{6,8} พบว่าถ้าทำการผ่าตัด ACDF with anterior plating โอกาสการเชื่อมของกระดูก (fusion rate) ของการใช้ autograft และ allograft ไม่แตกต่างกัน(95-100%) ไม่ว่าจะเป็นการผ่าตัด single level ACDF หรือ multilevel ACDF อย่างไรก็ตามพบว่าการ autograft การเชื่อมกระดูก(solid fusion) เกิดขึ้นเร็วกว่า โดยทั่วไป

การผ่าตัด ACDF with allograft แนะนำให้ทำร่วมกับ anterior plating เสมอเพื่อเพิ่ม fusion rate และลดปัญหา subsidence.

- **Stand-alone vs Anterior plating** การใช้ plating ร่วมกับการผ่าตัด ACDF ช่วยเพิ่ม fusion rate ลด subsidence and kyphotic collapse รวมทั้งป้องกัน graft dislocation โดยเฉพาะใน multi-level ACDF ในปัจจุบัน stand-alone ACDF มีที่ใช้น้อยลง อาจพิจารณาใช้ในกรณีที่ทำการผ่าตัด single level ACDF ในผู้ป่วยที่มีกระดูกแข็งแรงดี และสามารถปฏิบัติตามคำแนะนำแพทย์อย่างเคร่งครัด

Anterior cervical corpectomy and fusion (ACCF)

การผ่าตัด ACCF มีข้อบ่งชี้หลักในกรณีที่พยาธิสภาพที่เกิดเบียดเส้นประสาทไขสันหลังอยู่ด้านหลังต่อ vertebral body (retro-vertebral pathology) ซึ่งการผ่าตัด ACDF ไม่สามารถเข้าถึงได้ ยกตัวอย่างเช่น Ossification of posterior longitudinal ligament (OPLL), retrovertebral disc herniation เป็นต้น graft ที่ใช้สำหรับการ reconstruction ในการผ่าตัด ACCF มีหลายประเภท เช่น structural iliac crest bone graft, fibular graft หรือ Cage packed with autograft. การผ่าตัดชนิดนี้ เมื่อเทียบกับ ACDF พบว่าใช้เวลาการผ่าตัดมากกว่า เสียเลือดมากกว่า รวมทั้งโอกาสเกิด graft complication (graft dislocation, graft migration, subsidence) มากกว่า ดังนั้นจึงมักถูกเลือกใช้ในกรณีที่ ACDF ไม่สามารถเข้าถึง pathology หลักได้

Total disc replacement (TDR)

Incidence ของ adjacent segment degeneration (ASD) ภายหลังการผ่าตัด ACDF มีรายงานอยู่ที่ประมาณ 3% ต่อปี⁹ การผ่าตัด total disc replacement (TDR) มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อลด stress ต่อ กระดูกคอระดับข้างเคียง เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิด ASD ตามมา การศึกษาแบบ long term study multicenters RCTs พบว่าที่ระยะเวลา 7 ปีหลังการผ่าตัดคนไข้กลุ่ม TDR มีอัตราการการเกิด ASD และ อัตราการผ่าตัดครั้งที่ 2 น้อยกว่าคนไข้กลุ่ม ACDF ประมาณ 50%¹⁰ ข้อพึงระวังในการผ่าตัด TDR ในผู้ป่วยที่มีภาวะ myelopathy คือ การคงไว้ซึ่งการเคลื่อนไหวในกระดูกคอระดับที่มีการกดทับต่อเส้นประสาทไขสันหลังอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะบาดเจ็บต่อเส้นประสาทไขสันหลังต่อไปในอนาคตได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Buchowski และคณะ¹¹ พบว่าการผ่าตัดรักษา single level myelopathy ด้วยวิธี ACDF และ TDR ให้ผลการรักษาที่ระยะเวลา 2 ปีภายหลังการผ่าตัดไม่แตกต่างกัน กล่าวโดยสรุป cervical myelopathy ไม่ใช่ absolute contraindication ต่อการผ่าตัด TDR แต่ควรหลีกเลี่ยงในรายที่มีการกดต่อเส้นประสาทไขสันหลังที่รุนแรง

Posterior surgery for degenerative cervical myelopathy

การผ่าตัดทางด้านหลังประกอบด้วย laminectomy, laminectomy and fusion และ laminoplasty ลักษณะคุณสมบัติผู้ป่วยที่เหมาะสมสำหรับการผ่าตัดทางด้านหลัง (Candidate for Posterior cervical surgery) ประกอบด้วย

- Multilevel(≥ 3 levels) Pathology
- Congenital spinal canal stenosis
- OPLL (Continuous or mixed type)
- Risk of Non-union
- posterior pathology (eg. Ossification of yellow ligament)
- Failure of anterior surgery

Important aspects of posterior cervical surgery for cervical myelopathy

- *Cervical alignment*

Cervical lordosis มีความสำคัญมากต่อการผ่าตัด posterior surgery ทุกชนิดเนื่องจากหลักการของการผ่าตัดทางด้านหลังต้องการให้เกิดการเคลื่อนตัวของ spinal cord ไปทางด้านหลังซึ่งจะเกิดได้ดีในกรณีที่แนวกระดูกคอกเป็น lordosis การประเมิน cervical alignment ที่เหมาะสมต่อการผ่าตัด posterior surgery ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น

- ➔ Degree of C2-C7 Cobb angle โดย Suda และคณะ¹² ศึกษาพบว่า local kyphosis > 13 องศา มีความเสี่ยงต่อ poor result ในการผ่าตัด laminoplasty แนะนำการผ่าตัด laminoplasty เฉพาะในรายที่มี kyphosis < 13 องศา อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติผู้เขียนจะเลือกทำ laminoplasty เฉพาะในรายที่แนวกระดูกคอกเป็น lordosis หรือ neutral เท่านั้นเนื่องจากพบว่าภายหลังทำ laminoplasty มีโอกาสที่จะเกิด kyphosis เพิ่มได้อีกส่วนหนึ่ง
- ➔ K-line technique โดย Fujiyoshi และคณะ¹³ เสนอวิธีนี้โดยการลากเส้นตรงจาก mid-spinal cord C2 ไปยัง mid-spinal cord C7 ถ้าพยาธิสภาพด้านหน้าไม่ยื่นเกิน K-line จัดเป็น K-line(+) ถ้ายื่นเกินจัดเป็น K-line(-) ดังรูปที่ 2. การศึกษาต่อมาโดย Taniyama และคณะ¹⁴ พบว่า K-line (+) ตั้งแต่ 4 มิลลิเมตรขึ้นไปจากพยาธิสภาพทางด้านหน้าเป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการเลือกผ่าตัด posterior decompression โดยไม่เกิด Residual spinal cord compression
- ➔ C2-C7 Sagittal vertical axis(SVA) โดยวัดระยะระหว่างเส้น vertical plumb line จากจุดกึ่งกลาง C2 ไปยัง posterosuperior border ของ C7 vertebral body พบว่าถ้าระยะนี้มากกว่า 40 มิลลิเมตรสัมพันธ์

กับการเกิด posterior axial neck pain หลังการผ่าตัด laminoplasty เชื่อว่าเกิดจากความเสียเปรียบเชิงกลจากการที่น้ำหนักของศีรษะตกหน้าต่อ C7 มากนั่นเอง จึงแนะนำการผ่าตัด fusion surgery (ACDF, ACCF หรือ Laminectomy and fusion) มากกว่า laminoplasty ในคนไข้กลุ่มนี้¹⁵

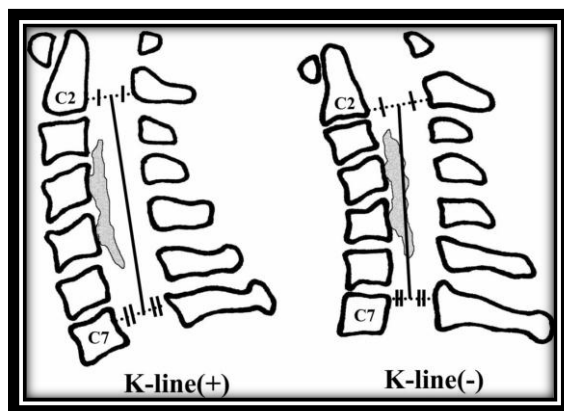


Figure 2 K-line: Line from mid spinal cord of c2 to c7, K-line (+): OPLL does not exceed the K-line, K-line (-) group: OPLL exceed the K-line (From Fujiyoshi et al. Spine. 2008;33(26):E990-3.)



Figure 3 แสดง C2-C7 SVA (Sagittal vertical axis):C2-C7 SVA มากกว่า 40 มิลลิเมตร สัมพันธ์กับการเกิด posterior axial neck pain หลังการผ่าตัด laminoplasty

- **Size of anterior pathology:** การมีพยาธิสภาพ ที่กดจากทางด้านหน้าขนาดใหญ่อาจทำให้ posterior indirect decompression ไม่สามารถทำให้เกิดการ shift ของ spinal cord ที่เพียงพอได้ การศึกษาพบว่าOPLL/Spondylotic bar ที่มีขนาดใหญ่กว่า 7 มิลลิเมตรเป็นความเสี่ยงต่อ residual

spinal cord compression หลัง posterior decompressive surgery อย่างไรก็ตามควรพิจารณาพร้อมกับปัจจัยอื่นๆด้วย เช่น C2-C7 Cobb's angle และ K-line เป็นต้น

- **Pre-operative axial neck pain** ควรหลีกเลี่ยง laminoplasty ในผู้ป่วยที่มี axial neck pain เด่น โดยเลือกการผ่าตัดแบบ fusion procedure แทน

Laminectomy

Cervical Laminectomy เป็นการผ่าตัดที่ทำกันมากในอดีตสำหรับ multilevel cervical myelopathy อย่างไรก็ตามการตัด lamina หลายระดับทำให้เกิดปัญหา iatrogenic instability และ Post-laminectomy kyphosis (10-45%) ตามมา โดยผู้ป่วยอาจกลับมาด้วยอาการ axial neck pain, recurrent cord compression หรือ cervical kyphosis เป็นต้น พบว่าแม้ผลสำเร็จในช่วงต้นหลังผ่าตัดจะใกล้เคียงกับวิธีอื่นๆ แต่เมื่อติดตามผู้ป่วยไปนานขึ้นมักพบการแย่ลงของการทำงานของเส้นประสาทไขสันหลังตามมา ทั้งหลายทั้งปวงทำให้ในปัจจุบันความนิยมของการผ่าตัด laminectomy alone มีน้อยลงเมื่อเทียบกับการผ่าตัดวิธีอื่นๆ

Shiraishi¹⁶ รายงานการผ่าตัด Skip laminectomy โดยการทำ laminectomy ระดับเว้นระดับ ร่วมกับ partial laminectomy ของระดับข้างเคียงโดยเก็บกล้ามเนื้อต้นคอที่เกาะกับ spinous process ไว้ทั้งหมด เป็นวิธีที่พยายามแก้ปัญหา iatrogenic instability และ Post-laminectomy kyphosis วิธีนี้เหมาะในรายที่มีการกดเบียดเส้นประสาทไขสันหลังจากทางด้านหลังเป็นหลัก โดยไม่ได้ต้องการ spinal cord shift เพื่อแก้ไขการกดเบียดจากพยาธิสภาพทางด้านหน้า

Laminectomy and fusion

ปัญหาของ laminectomy alone ไม่ว่าจะเป็น iatrogenic instability หรือ Post-laminectomy kyphosis นำมาซึ่งการผ่าตัด Laminectomy and fusion โดยหวังว่าการเชื่อมข้อจะสามารถลดการเกิดภาวะดังกล่าวได้ Instrumentation สำหรับ cervical fusion มีหลายชนิด เช่น wiring , screw rod/plate เป็นต้น ปัจจุบัน screws and rods system เป็นที่นิยมมากที่สุดเนื่องจากความแข็งแรง ง่ายต่อการผ่าตัดโดยเฉพาะเมื่อทำการผ่าตัดหลายๆ ระดับ สำหรับ screw technique อาจแบ่งเป็น lateral mass screw สำหรับ C3-C6, Pedicle screw สำหรับ C2 และ C7 รวมทั้ง lamina screw และ par screws สำหรับ C2 ในที่นี้จะกล่าวถึง lateral mass screw fixation

Subaxial lateral mass screws

เทคนิคการใส่ lateral mass screw ต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ทางกายวิภาคระหว่าง lateral mass และ structure ข้างเคียงที่อาจเกิดการบาดเจ็บได้อันได้แก่ cervical nerve root และ vertebral artery จากการศึกษาทางกายวิภาคของ Xu และคณะ¹⁷ พบว่า จุดกึ่งกลางของ lateral mass มีระยะ 9.2 มิลลิเมตรจาก spinal cord, 5.6 มิลลิเมตรจากรากประสาทเส้นบน และ 5.5 มิลลิเมตรจากรากประสาทเส้นล่าง ส่วน vertebral artery มักจะอยู่ medial ต่อจุดกึ่งกลาง lateral mass ยกเว้นที่ระดับ C7 ซึ่งจะวางตัวทางด้าน lateral มากขึ้น ดังนั้น trajectory ของ lateral mass screw จึงมักเป็นไปในแนวเอียงออกด้านข้างเพื่อหลบ vertebral artery และ spinal cord ร่วมกับเอียงขึ้นบนตามแนว facet joint เทคนิคการใส่ lateral mass screw มีหลักๆ 3 วิธีตาม รูปที่ 5. ซึ่งแต่ละวิธีมีทั้งข้อดีและข้อเสียดังแสดงใน ตารางที่ 5.

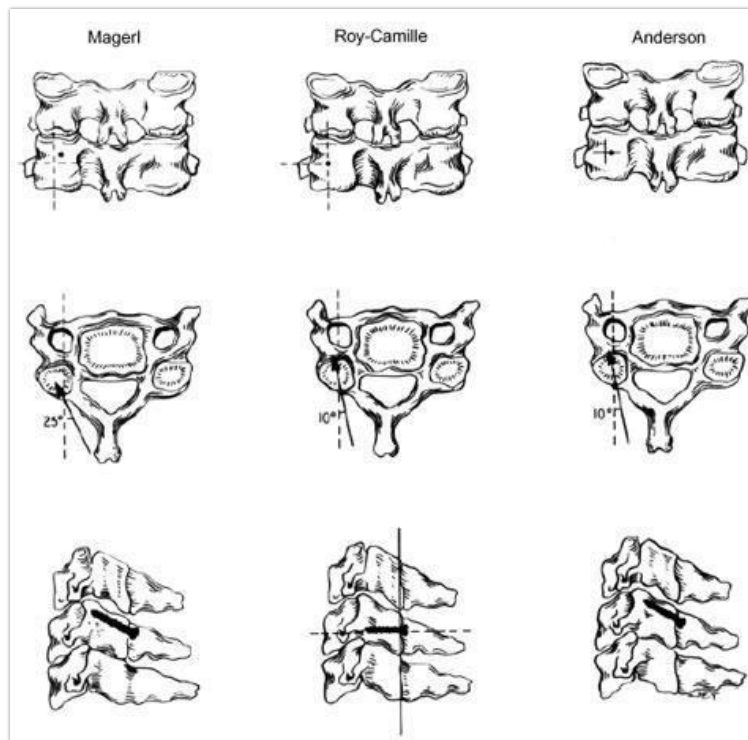


Figure 4 Technique for lateral mass screw fixation for subaxial cervical spine

Table 5 ข้อดี ข้อเสียของ lateral mass screw 3 เทคนิค (Magerl, Roy-camille, Anderson)

	Magerl	Roy-camille	Anderson
Advantages	- Decrease risk VA injury - Increase Pullout strength	- Low risk of N root injury	IN BETWEEN
Disadvantages	- Increase risk N. root injury - May cause difficulty decompression	- Low Pull out strength - Risk of injury to lower facet joint	IN BETWEEN

Unicortical versus Bicortical lateral mass screw fixation

Muffoletto et al.¹⁸ ศึกษาความแข็งแรงของการยึด lateral mass screw แบบ unicortical และ bicortical technique พบว่า bicortical screw ให้ความแข็งแรงดีกว่าในแนว Bending ส่วนในแนว Flexion, Extension และ Torsion ทั้งสองวิธีให้ความแข็งแรงไม่ต่างกัน ในทางตรงกันข้ามแน่นอนว่า bicortical technique ย่อมเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บต่อรากประสาท หรือแม้แต่ vertebral artery ดังนั้นโดยทั่วไปผู้เขียนจะใช้ bicortical technique ในรายที่กระดูกบางมากกว่าปกติ เช่น RA, Steroid use หรือในรายที่มีภาวะ instability มากๆ ส่วนในผู้ป่วยทั่วไปจะเลือกใช้ unicortical technique

Complication of lateral mass screw fixation

- Early complication
 - Fracture of lateral mass (1%)¹⁹
 - Facet joint violation เกิดจากแนว screw ที่เอียงขึ้นบนไม่พอทำให้บาดเจ็บต่อ facet joint ล่าง ตำแหน่งที่พึงระวังเป็นพิเศษคือ การบาดเจ็บต่อ facet joint ข้อล่างสุดเพราะเป็นข้อที่ไม่ได้อยู่ในส่วนที่เราทำการเชื่อมต่อ อีกทั้งมุมเอียงของ facet joint ก็มากขึ้นตามบริเวณกระดูกคอระดับล่างลงไป อีกทั้งการตรวจด้วย plain X-ray ในตำแหน่งนี้อาจมองภาพได้ไม่ชัดจากการถูกไหล่บดบัง อาจจำเป็นต้องส่งตรวจ CT scan ถ้าสงสัยภาวะนี้
 - Nerve root injury/irritation (1%)²⁰ มักเป็นรากประสาทเส้นบนต่อ lateral mass ความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจะมากขึ้นในกรณีที่ยิง more cephalic trajectory, bicortical screw เป็นต้น

- Other(rare) : Vertebral artery injury, Spinal cord injury เป็นการบาดเจ็บที่รุนแรงแต่รายงานส่วนใหญ่ไม่พบภาวะแทรกซ้อนเหล่านี้

- Late complication

- Pseudarthrosis (0-3%)^{19,20}
- Screws pullout

กล่าวโดยสรุปการใช้ lateral mass screw and rods/plates system มีภาวะแทรกซ้อนจากการผ่าตัดไม่มาก อีกทั้งให้ความสำเร็จในการเชื่อมต่อสูงถึง 97-100%

Laminoplasty

Cervical Laminoplasty เป็นการผ่าตัดเพื่อขยายโพรงกระดูกสันหลังระดับคอให้มีขนาดกว้างขึ้นเพื่อลดการกดเบียดต่อเส้นประสาทไขสันหลัง การผ่าตัดเป็นเพียงการปรับรูป lamina จึงไม่เสียความมั่นคงของกระดูกคอมาก อีกทั้งไม่ได้ทำการเชื่อมต่อกระดูกคอจึงถือเป็นหนึ่งใน motion preservation surgery

ที่มาของการผ่าตัดชนิดนี้เกิดจากปัญหาที่พบจากการผ่าตัดด้วยวิธี laminectomy ซึ่งมีการทำกันมาก่อนหน้านี้ ปัญหาหลักของการผ่าตัด laminectomy ได้แก่ post-operative kyphosis, Iatrogenic instability with neck pain, laminectomy membrane อันทำให้เกิดการแย่งของ neurological function ตามมา เป็นต้น การผ่าตัด laminoplasty โดยการปรับรูปร่าง lamina แต่ไม่ได้ตัด lamina ออกทั้งหมดดังเช่น laminectomy ทำให้ช่วยลดปัญหาเรื่อง post-operative kyphosis เนื่องจากยังเหลือ posterior tension band structure อยู่ และการคงไว้ซึ่ง lamina ยังเชื่อว่าทำให้เกิดความได้เปรียบเชิงกลยังผลให้กล้ามเนื้อด้านหลังต้นคอทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถต้านทานแรงที่ก่อให้เกิดการคดของศีรษะไปทางด้านหน้าได้ นอกจากนี้การคงอยู่ของ lamina ช่วยลดการสูญเสียความมั่นคงของกระดูกคอรวมทั้งป้องกันการเกิดพังผืด laminectomy membrane ที่จะรัดตึงก่อให้เกิดการกดทับเส้นประสาทมากขึ้นในภายหลัง

เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการผ่าตัดแบบ laminectomy and fusion การผ่าตัดด้วยวิธี laminoplasty มีข้อดีในด้านการคงไว้ซึ่งการเคลื่อนไหวของกระดูกคอ รวมทั้งหลีกเลี่ยงปัญหาจากการเชื่อมต่อ เช่น การเชื่อมต่อไม่ติด (Pseudarthrosis), การเสื่อมของกระดูกคอระดับข้างเคียง (Adjacent segment degeneration), การบาดเจ็บจากการนำกระดูกส่วนอื่นมาใช้ในการเชื่อมต่อ (Donor site morbidity) เป็นต้น laminoplasty ยังเป็นทางเลือกที่ดีในคนไข้

บางกลุ่ม เช่น คนไข้โรคเบาหวาน, ดิคุบรี หรือ มีความจำเป็นต้องใช้ยากลุ่มสเตียรอยด์ในระยะยาวซึ่งอาจต้องหลีกเลี่ยงการผ่าตัดในกลุ่ม fusion techniques เนื่องจากมีความเสี่ยงต่อการไม่ติดของกระดูกสูง อย่างไรก็ตาม การผ่าตัดด้วยวิธี laminoplasty ไม่สามารถทดแทนการผ่าตัดแบบ fusion ได้ทั้งหมด ปัญหาบางอย่างไม่สามารถแก้ไขได้ด้วย non-fusion procedure เช่น axial neck pain อันเกิดจากความไม่มั่นคงของกระดูกคอ หรือ การเสื่อมของข้อ facet เป็นต้น

Laminoplasty สามารถทำร่วมกับการเชื่อมข้อ (fusion) เพื่อหวังผลทั้งสองอย่างคือการเชื่อมข้อ ร่วมกับผลดีของการคงไว้ซึ่ง lamina คือการมีพื้นที่ในการเชื่อมข้อที่มากขึ้น, ช่วยป้องกันการเกิด laminectomy membrane รวมทั้งป้องกันการเคลื่อนไปทางด้านหลังที่มากเกินไปของไขสันหลังอันอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อรากประสาทตามมาได้

Oyama และ Hattori นำเสนอเทคนิคการผ่าตัดแบบ laminoplasty เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1973 ใช้ชื่อว่า “expansive Z-shaped laminoplasty.” โดยการ blur lamina ให้บางลงแล้วขยายโพรงไขสันหลังโดยวิธี Z-plasty ดัง รูปที่ 6.

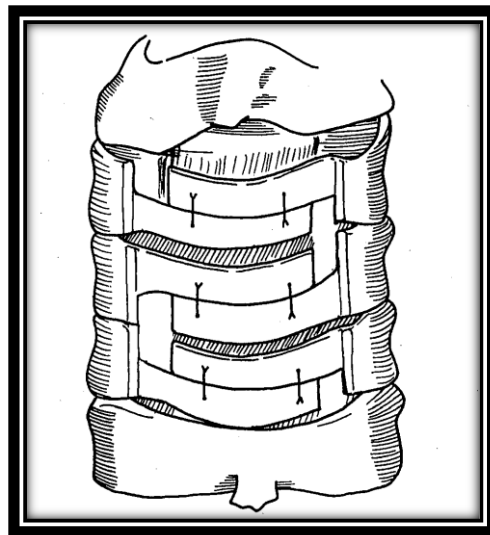


Figure 5 Z-shape laminoplasty (From Spine. 1988;13(11):1245-50. ²¹⁾

ต่อมาในปี ค.ศ. 1981 Hirabayashi et al.²² รายงานการผ่าตัด unilateral open door laminoplasty เป็นครั้งแรกในคนไข้ Ossification of posterior longitudinal ligament (OPLL) with myelopathy. ในภายหลังมีการ

พัฒนาการผ่าตัด laminoplasty อีกหลายรูปแบบทั้งเทคนิคการเปิด lamina, เทคนิคการยึดตรึง lamina รวมถึงรายละเอียดปลีกย่อยอื่นๆที่จะกล่าวถึงต่อไป

Technique of laminoplasty

เทคนิคของ laminoplasty สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆตามวิธีการเปิด lamina

1. Unilateral Opened door laminoplasty

วิธีนี้นำเสนอครั้งแรกโดย Hirabayashi et al.²² ในปี ค.ศ. 1981 ต่อมามีการพัฒนาวิธีการในรายละเอียดไปอีกหลากหลายแต่มีหลักการคล้ายคลึงกันคือ เปิด lamina โดยการสร้างร่องตามแนวยาว 2 ข้าง บริเวณจุดต่อระหว่าง lamina กับ lateral mass ด้วย high speed burrs โดยร่องข้างหนึ่งตัดขาดทั้ง 2 cortex (open side) ส่วนร่องอีกข้างหนึ่งตัดเพียง 1 cortex (Hinge side) หลังจากนั้นจึงอัด lamina ด้านที่เป็น open side ขึ้น แล้วทำการยึดตรึงด้วยเทคนิคต่างๆ ในแง่ของการสร้างร่องด้านข้างทั้ง 2 ข้างนั้น มีจุดที่พึงระลึกไว้ คือ การ burr นั้นแนะนำให้ทำในทิศทางเฉียงเข้าด้านใน โดย burr ตั้งฉากกับ lamina ดังภาพที่ 7 เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการ burr เข้าไปใน lateral mass ซึ่งอยู่ทางด้านข้าง ประเด็นต่อมาคือ lamina จะมีความหนาทางด้าน cranial มากกว่าด้าน caudal ดังภาพที่ 8. ดังนั้นการ burr ด้าน cranial อาจต้อง burr ลึกกว่า ในทางตรงกันข้ามการ burr บริเวณ caudal lamina ก็ต้องระวังการเกิด complete cut โดยเฉพาะฝั่ง hinge side

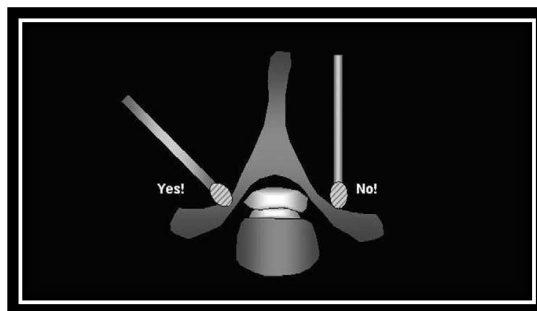


Figure 6 ทิศทางการ burr เพื่อสร้างร่องบริเวณ lamina-facet junction ที่เหมาะสม (From Rhee et al. Asian spine journal. 2008;2(2):114-26.)⁵

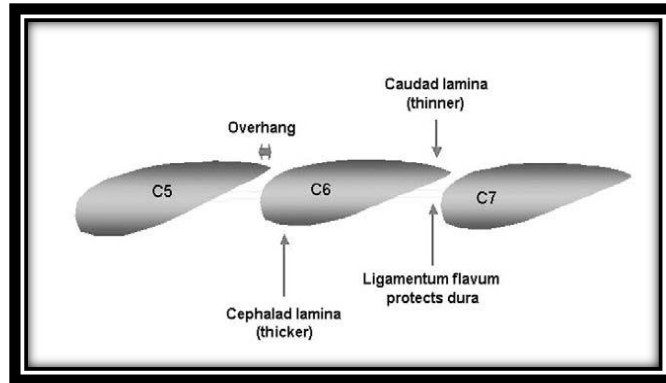


Figure 7 Anatomy of Lamina: Lamina มีความหนาด้าน cranial มากกว่าด้าน caudal. (From Rhee et al. Asian spine journal. 2008;2(2):114-26.)⁵

เทคนิคการยึดตรึง lamina มีหลายวิธีอาจแบ่งเป็นชนิดใหญ่ๆ ได้ 3 กลุ่ม (รูปที่ 9) ได้แก่

1. Suture Base²³ โดยการใช้ suture ยึดตรึง spinous process กับ facet joint ด้าน hinge side
2. Bone block^{24,25} โดยการใช้ autograft allograft หรือ synthetic block material เข้าไปค้ำบริเวณ opened lamina อาจทำร่วมกับการยึดตรึงด้วย plate and screws
3. Plate systems²⁶⁻²⁹ มีทั้ง commercial laminoplasty plate หรือการดัดแปลงโดยการนำ titanium miniplate ซึ่งมีราคาถูกกว่ามาใช้แทนก็มีรายงานว่าได้ผลดี มี hinge site union rate ที่สูง

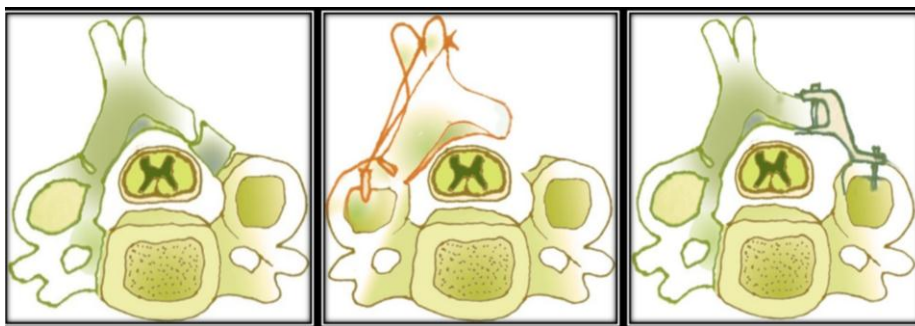


Figure 8 open door laminoplasty

รายงานจากหลายการศึกษาพบว่า Hinge side union rate ของการยึดตรึง lamina ด้วยวิธี bone block spacer อยู่ที่ประมาณ 80-85%^{25,28} สำหรับการใช้ plate มีรายงานอยู่ที่ประมาณ 70-100%^{26,27} (ตารางที่ 6.)

Table 6 hinge side union rate

Authors and year	Fixation technique	Graft	Union rate (6 months)
Tanaka et al. 2008 ²⁵	Interconnected porous calcium hydroxyapatite	No	84%
Rhee et al. 2011 ²⁶	spacer	No	77%
Jiang et al. 2012 ²⁷	New titanium miniplate	Yes	100%
Koopong et al. 2013 ²⁸	New titanium miniplate	No	70.5%
	Maxillofacial titanium miniplate		

Hu et al.³⁰ ศึกษาการผ่าตัด laminoplasty เปรียบเทียบระหว่างการยึดตรึงด้วย suture anchor กับการยึดตรึงด้วย miniplate พบว่าที่ 1 ปีกลุ่ม miniplate group มี recovery rate ที่ดีกว่า อีกทั้งพบ lamina reclosure (Spring back phenomenon) ในกลุ่ม suture ที่มากกว่า

2. French-Door laminoplasty

มีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น Spinous process split laminoplasty หรือ Double door laminoplasty คิดค้นโดย Kurogawa et al. ในปี ค.ศ. 1982 มีการเผยแพร่ในวารสารโดย Hoshi et al.³¹ ในปี 1996. การผ่าตัดทำโดยการตัด split spinous process บริเวณ midline สร้างร่อง one cortex ด้านข้างทั้งสองข้าง ทำการอ้า spinous process และ lamina 2 ข้างออกจากกัน แล้วค้ำไว้ด้วย Spacer (Bone graft or Synthetic material) ยึดตรึงด้วย wire หรือ plate and screws (ดังรูป 10.)

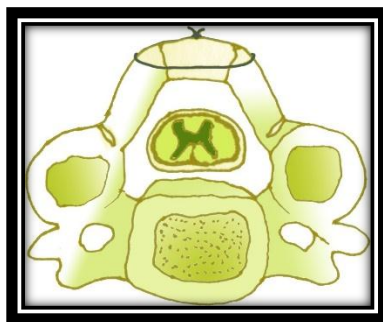


Figure 9 French door laminoplasty

เมื่อเปรียบเทียบกับ Open door laminoplasty จะพบว่าวิธีนี้มีทั้งข้อดีและข้อด้วย ข้อดีได้แก่ การขยายช่องของ lamina เกิดขึ้นอย่างสมมาตร, การยึดตรึง spacer ทำได้มั่นคงมากกว่า รวมทั้งหลีกเลี่ยง complete cut

ด้านข้างซึ่งมี epidural vein จำนวนมากอันอาจทำให้มีการเสียเลือดมากขึ้นขณะผ่าตัดจากการบาดเจ็บต่อ epidural venous plexus ข้อดีที่สำคัญของวิธีนี้คือ การ split spinous process ตรงกลางนั้นมีความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บต่อเส้นประสาทไขสันหลังมากกว่าการตัด lamina ด้านข้างดังเทคนิค open door laminoplasty

Tomita et al.³² รายงาน Modification ของเทคนิค French door laminoplasty ใช้ชื่อว่า Expansive T-saw laminoplasty (รูปที่ 11) โดยการใช้ T-Saw ในการ split midline spinous process แทนการใช้ high speed burr ซึ่งมีข้อดีคือ มีการสูญเสีย bone surface บริเวณที่ split น้อยกว่าการ burr

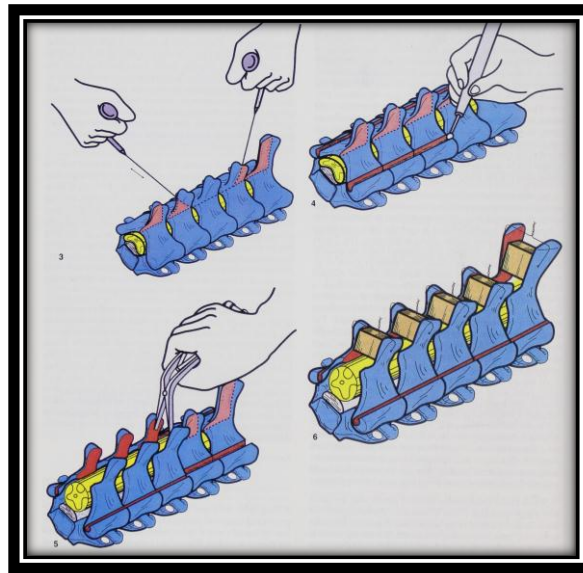


Figure 10 Expansive T-saw laminoplasty (From Tomita et al. Spine. 1998;23(1):32-7.)

Clinical evidence of laminoplasty versus laminectomy and fusion

Clinical Improvement

Sakaura และคณะ³³ รายงานผลการผ่าตัด laminoplasty ติดตามผู้ป่วย 20 รายไปนาน 9 ปี ค่าเฉลี่ย JOA score ก่อนผ่าตัดอยู่ที่ 11.7 เพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 15.2 ที่ 1 ปีหลังผ่าตัดหลังจากนั้นค่อนข้างคงที่จนถึง last follow up ที่ค่าเฉลี่ย 14.9 ไม่พบ neurological deterioration

Jason และคณะ³⁴ รายงานการศึกษาแบบ retrospective review คนไข้หลังผ่าตัด laminoplasty (30 case) เทียบกับ laminectomy and fusion (26 case) พบว่า ทั้งสองกลุ่มให้ผล improvement ของ Nurick, mJOA score

และ Odom outcome ไม่ต่างกัน กลุ่ม Fusion มักเป็นคนที่ pre-operative neck pain ที่มากกว่าซึ่งพบว่า laminectomy and fusion สามารถลดอาการ neck pain ของคนไข้หลังจากผ่าตัดได้อย่างมีนัยยะสำคัญ ส่วนกลุ่ม laminoplasty ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของภาวะ neck pain หลังผ่าตัด ในขณะที่ reoperation rate และค่าใช้จ่ายโดยรวมกลุ่ม laminectomy and fusion มีสูงกว่า

Manzano และคณะ³⁵ ศึกษาแบบ Randomized control trial แบ่งคนไข้ 16 ราย กลุ่มหนึ่งผ่าตัด laminectomy and fusion อีกกลุ่มผ่าตัด laminoplasty พบว่าทั้งสองกลุ่มให้ผล improvement ของ Nurick ไม่ต่างกันว่า 1 ปี พิสัยการเคลื่อนไหว(C2-C7 Range of motion) กลุ่ม laminectomy and fusion ลดลง 80% ในขณะที่กลุ่ม laminoplasty ลดลง 20%

กล่าวโดยสรุป ทั้ง 2 วิธีให้ผลการรักษา cervical myelopathy ที่ดีในแง่ของ functional score improvement อย่างไรก็ตามทั้งสองวิธีก็มีข้อดี ข้อด้อยที่ต้องพิจารณาในการนำมาใช้รักษาผู้ป่วยแต่ละรายต่อไป

Laminoplasty

- ไม่ช่วยแก้ปัญหา Axial neck pain ซึ่งอาจมีเหตุมาจาก instability หรือ severe arthritis
- Motion preservation procedure
- Less complication rate
- Shorter immobilization
- Better cost effectiveness

Laminectomy and fusion

- แก้ปัญหา axial neck pain อันเกิดจาก instability หรือ severe arthritis
- Correct deformity ในรายที่มี minor kyphosis

Potential issues for laminoplasty

1. Nerve root palsy

ภาวะนี้เป็น complication ที่พบได้จากทั้ง Posterior และ Anterior surgery แต่พบมากกว่ากับ posterior surgery โดยพบประมาณ 5-12% โดยพบปัญหาที่รากประสาทที่ 5 มากที่สุดโดยเชื่อกันว่าเป็นเพราะรากประสาทที่ 5 อยู่ในตำแหน่งศูนย์กลางของ cervical lordosis ทำให้มีโอกาสถูกดึงรั้งมากที่สุดขณะที่เส้นประสาทไขสันหลังมีการเคลื่อนตัวไปด้านหลัง อย่างไรก็ตามเส้นประสาทเส้นอื่นก็พบปัญหาได้เช่นเดียวกันแต่พบน้อยกว่า อาการแสดงหลักมักเป็นการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ (มักเป็น Deltoid, Biceps : C5) การเจ็บปวดตามเส้นประสาทหรือความผิดปกติของการรับรู้สีกมักเป็นอาการแสดงรอง อาการอาจเริ่มปรากฏทันทีหลังผ่าตัดหรือเกิดขึ้นในภายหลัง (ส่วนมากเกิดในวันที่ 4-7 หลังผ่าตัด³⁶) คนไข้ส่วนใหญ่ (88%) อาการจะค่อยๆดีขึ้นใช้เวลาหลายสัปดาห์ถึงหลายเดือน ส่วนน้อยคงเหลือ deficit ไปตลอดสาเหตุที่แน่ชัดยังไม่ทราบจึงยังไม่มีวิธีการใดที่จะสามารถป้องกันภาวะนี้ได้ 100% อย่างไรก็ตามมีหลายปัจจัยที่พบว่าเป็นความเสี่ยงที่สัมพันธ์ต่อการเกิด complication นี้ เช่น

- *Large degree of spinal cord shift* การที่เส้นประสาทไขสันหลังมีการเคลื่อนตัวไปทางด้านหลังมากก่อให้เกิดการดึงรั้งต่อรากประสาทซึ่งถูกตรึงอยู่ใน spinal foramen มากขึ้นตามไปด้วย³⁷ ลักษณะกระดูกคอที่มี lordosis มากเป็นความเสี่ยงต่อการเคลื่อนตัวของเส้นประสาทไขสันหลังมากหลัง Posterior decompression นอกจากนี้พบว่า การผ่าตัด laminoplasty มีแนวโน้มจะทำให้เกิด C5 nerve root palsy น้อยกว่า laminectomy เชื่อว่าเกิดจากการเคลื่อนที่ของ spinal cord ในกลุ่ม laminoplasty ที่น้อยกว่าเพราะยังคงเหลือหลังคาของ spinal canal อยู่³⁸
- *Preexisting C4-5 foraminal stenosis*³⁷ พบว่า subclinical foraminal stenosis เป็นความเสี่ยงต่อการเกิดอาการ C5 palsy หลัง posterior decompressive surgery
- *Preoperative severe spinal cord compression with cord signal change at C4-5 level* เชื่อว่าเกิดจาก reperfusion injury ต่อ hypoxic tissue ในเส้นประสาทไขสันหลังภายหลังการ decompression ยังผลให้เกิดการบาดเจ็บต่อ Anterior horn cell ที่ควบคุมการทำงานของ motor neuron ตามมาซึ่งอธิบายอาการแสดงของผู้ป่วยที่มักจะมีการอ่อนแรงเป็นอาการแสดงหลัก³⁹
- *Ossification of the Posterior longitudinal ligament (OPLL)* การศึกษาพบว่า การผ่าตัดในคนไข้ OPLL มีอัตราการการเกิด nerve root palsy มากกว่าการผ่าตัดในคนไข้ spondylotic myelopathy⁴⁰
- *Iatrogenic foraminal stenosis due to cervical alignment correction (Laminectomy and Instrumented fusion)* การแก้ไขแนวของกระดูกต้นคอให้เอนมากขึ้นทำให้เกิดสบกันของ facet

joint และการยื่นของ facet capsule มากขึ้นอาจก่อให้เกิดการตีบแคบลงของ foraminal canal และเกิดการกดเบียดต่อรากประสาทได้^{41,42}

- *Correction of Anterolisthesis of C4-5 (Laminectomy and Instrumented fusion)*^{42,43}

ไม่มีวิธีใดสามารถป้องกันการเกิด C5 nerve root palsy ได้ผล 100% มีคำแนะนำในการลดความเสี่ยงต่อการเกิด C5 root palsy หลายวิธี เช่น Prophylaxis C4-5 foraminotomy, หลีกเลี่ยงการขยาย lamina ในขณะที่ทำ laminoplasty ที่เร็วหรือมากเกินไป , หลีกเลี่ยง Excessive reduction of anterolisthesis C4-5 เป็นต้น

Prophylaxis C4-5 foraminotomy

การทำ bilateral C4-5 foraminotomy ร่วมกับ laminoplasty หรือ laminectomy and fusion เพื่อป้องกันภาวะ C5 nerve root palsy ยังถือว่าเป็น controversy ในปัจจุบันเนื่องจากมีทั้งข้อดีและข้อเสีย

ข้อดีคือ

- ช่วยขยายช่องที่เป็นที่อยู่ของรากประสาทเพื่อหวังผลลด incidence ของ Post-operative C5 palsy

ข้อด้อยคือ

- เพิ่มเวลาการผ่าตัดและการเสียเลือดจากการผ่าตัด
- อาจเกิดการบาดเจ็บต่อรากประสาทจากการทำ foraminotomy เอง
- อาจก่อให้เกิด iatrogenic instability ถัด facet joint มากเกินไป
- Hinge site fracture or non-union

การศึกษาจากรายงานต่างๆยังค่อนข้างขัดแย้งกันว่า prophylaxis C4-5 foraminotomy จะสามารถลด incidence ของภาวะนี้ได้จริงหรือไม่ Ohashi et al.⁴⁴ ศึกษา prospective study คนไข้ 236 ราย เปรียบเทียบระหว่างการผ่าตัด Open door laminoplasty alone กับกลุ่มที่ทำ Prophylaxis bilateral C4-5 foraminotomy ร่วมด้วย พบว่าการทำ prophylaxis C4-5 foraminotomy สามารถลดอัตราการเกิด C5 nerve root palsy ได้อย่างมีนัยยะสำคัญ(1.7% vs 7.0%) โดยแนะนำให้เหลือ facet joint แต่ละข้างอย่างน้อย 70% เพื่อป้องกันการเกิด iatrogenic instability ซึ่งจากการติดตามผู้ป่วยทั้งสองกลุ่มเป็นเวลา 2 ปีไม่พบความแตกต่างในแง่ของ cervical alignment, stability, axial neck pain และ hinge site union. ในทางตรงกันข้ามการศึกษาของ Bydon et al.³⁶ ศึกษาคนไข้ 1001 รายที่ทำการผ่าตัดทั้ง anterior และ posterior surgery โดยใช้ multiple logistical analysis กลับพบว่า risk factor เดียวที่สัมพันธ์กับการเกิด C5 nerve root palsy ใน posterior surgery คือการทำ prophylaxis

C4-5 foraminotomy โดยพบ incidence 14.5% เทียบกับ 8.6% ในรายที่ไม่ได้ทำ foraminotomy ร่วมด้วย โดยเชื่อว่าในขณะที่ทำ foraminotomy เองอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อรากประสาทมากขึ้น

ผู้เขียนจะเลือกทำ prophylaxis C4-5 foraminotomy ในคนไข้ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการบาดเจ็บของรากประสาทหลังการผ่าตัดอันได้แก่ กลุ่มคนไข้ที่มี preoperative subclinical foraminal stenosis หรือในรายที่จะทำการแก้ไข listhesis หรือ kyphosis ร่วมด้วย เป็นต้น

2. Postoperative neck pain

พบได้ 25-60% แตกต่างกันตามรายงานต่างๆ⁴⁵ สาเหตุที่แน่ชัดยังไม่ทราบ อาจมีหลายเหตุผลด้วยกัน เช่น Facet joint stiffness, การบาดเจ็บและเสื่อมสภาพของกล้ามเนื้อต้นคอจากการผ่าตัด เป็นต้น อย่างไรก็ตาม โดยหลักการของการผ่าตัดด้วย laminoplasty ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อแก้ไขปัญหานeck pain อันอาจมีสาเหตุได้หลายอย่างรวมถึงภาวะ instability และ severe spondylosis ประเด็นจึงอยู่ที่ว่า postoperative neck pain นั้นเป็นปัญหาใหม่ที่เกิดขึ้นหลังการผ่าตัด laminoplasty หรือเป็นอาการเดิมที่มีอยู่แล้วตั้งแต่ก่อนผ่าตัดซึ่งย่อมไม่ได้รับการแก้ไขด้วยการทำ laminoplasty การศึกษาของ Yoshida et al.⁴⁶ พบว่า Split laminoplasty ไม่มีผลเปลี่ยนแปลงภาวะ axial neck pain ของคนไข้ภายหลังผ่าตัดทั้งในแง่บวกหรือลบ การป้องกันการเกิด postoperative neck pain มีหลายวิธี ได้แก่

- การหลีกเลี่ยงการเลาะกล้ามเนื้อต้นคอออกจาก spinous process ของ C2 และ C7⁴⁷
- การเลือก Laminectomy ในระดับ C3 แทน laminoplasty เพื่อลดการกระแทกจาก C2 spinous process ในขณะที่ extension และง่ายต่อการ preserve C2 muscle attachment⁴⁷
- Early neck extensor muscle exercise แนะนำ immobilization 1-2 สัปดาห์แรกที่ยังมีอาการปวดจากแผลผ่าตัด พบว่าการทำ Neck exercise แต่เนิ่นๆ ช่วยลด postoperative neck pain.

สิ่งที่สำคัญที่สุดคือไม่ควรเลือกทำ Laminoplasty ในคนไข้ที่มีอาการปวดต้นคอบ้าง (Significant axial neck pain) ร่วมด้วย เนื่องจากอาการปวดต้นคอดังกล่าวจะไม่ได้รับการแก้ไขหลังผ่าตัด นอกจากนี้ การศึกษาของ Lee และคณะ¹⁵ พบว่าในรายที่ Preoperative C2-C7 SVA มากกว่า 4 เซนติเมตรเป็นความเสี่ยงต่อการเกิด post-operative neck pain ในผู้ป่วยที่ทำการผ่าตัด Laminoplasty ตามมาได้โดยอธิบายจาก muscle fatigue จึงควรพิจารณาหลีกเลี่ยงการผ่าตัด Laminoplasty ในผู้ป่วยกลุ่มนี้ด้วยเช่นกัน โดยอาจพิจารณาเปลี่ยนไปทำ Laminectomy and Fusion หรือทำ Laminoplasty ร่วมกับ Fusion เป็นต้น

3. Postoperative cervical kyphosis

เนื่องจากหลักการของ Laminoplasty เป็นการ indirect decompression จากทางด้านหลังดังนั้นการคงไว้ซึ่ง cervical lordosis ทั้งก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัดจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อผลสำเร็จของ Laminoplasty การศึกษาโดยรวมพบว่าหลังผ่าตัด Laminoplasty แนวของกระดูกสันหลังจะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะ kyphosis มากขึ้นเล็กน้อยประมาณ 2-12 องศาแล้วแต่รายงาน ดังตารางที่ 7 ในทางตรงกันข้ามการศึกษาของ Machino และคณะ⁴⁸ รวบรวมคนไข้ double door laminoplasty 520 ราย ติดตามไป 33 เดือนพบว่าแนวของกระดูกสันหลังมีลักษณะ lordosis มากขึ้นประมาณ 1.8 องศา เช่นเดียวกับการศึกษาของ Sakaura³³ ก็พบลักษณะ lordosis มากขึ้นประมาณ 5.4 องศา จากการติดตามผู้ป่วยไปในระยะยาวนาน 9 ปี โดยเน้นความสำคัญของการ preserve กล้ามเนื้อที่ยึดกับ C2 และ C7 spinous process เชื่อว่าเป็นปัจจัยสำคัญต่อผลการรักษาในระยะยาว

4. Range of motion

ภายหลังผ่าตัด Laminoplasty คนไข้มักจะมีพิสัยการเคลื่อนไหวของต้นคอที่ลดลงเสมอแม้ว่าด้วยตัวเทคนิคการผ่าตัดจะไม่ได้ทำการเชื่อมข้อแต่อย่างไร สาเหตุมาจากหลายเหตุผลประกอบกัน เช่น การบาดเจ็บต่อ facet joint ขณะผ่าตัดทำให้เกิด spontaneous fusion, การเปิดแผลด้านหลังทำให้กล้ามเนื้อส่วนหนึ่งกลายเป็นพังผืดและเสียความยืดหยุ่นไป, การ immobilization ที่นานเกินไป, ในกรณีที่ใส่ bone graft บริเวณ hinge side อาจทำให้เกิด Intersegment autofusion ได้ เป็นต้น การศึกษาในอดีตพบว่าพิสัยการเคลื่อนไหวหลังทำการผ่าตัด laminoplasty ลดลงมากกว่า 50% อย่างไรก็ตามรายงานในระยะหลังพบว่าพิสัยการเคลื่อนไหวหลังทำการผ่าตัด laminoplasty คงเหลืออยู่ประมาณ 60-80% ดังแสดงในตารางที่ 7 เชื่อว่าเกิดจากเทคนิคการผ่าตัดที่ดีขึ้น ประกอบการบริหารกล้ามเนื้อต้นคอแต่เนิ่นๆ โดยหลีกเลี่ยงการ immobilization ที่นานจนเกินไป

Table 7 Cervical alignment and ROMs after cervical laminoplasty

Type of Operation	Authors	Reference	Cases	F/U (mo)	Alignment Change	Preop ROM (°)	Postop ROM (°)	ROM Preservation (%)
Open door	Aita <i>et al</i> ⁴⁹	<i>J Bone Joint Surg [Am]</i> , 2000	16	80	12 ° kyphotic	49.8	24.3	49.0
Double door	Seichi <i>et al</i> ⁵⁰	<i>Spine</i> , 2001	35	153	...	36.0	8.0	22.0
Open door	Chiba <i>et al</i> ⁵¹	<i>Spine</i> , 2006	27	144	...	44.0	14.0	32.0
Open door	Kang <i>et al</i> ⁵²	<i>J Neurosurg Spine</i> , 2007	20	20	...	36.7	25.2	68.2
Open door	Suk <i>et al</i> ⁵³	<i>Spine</i> , 2007	52	24	4.8 ° kyphotic	29.2	20.3	69.5
Open door	Hyun <i>et al</i> ⁵⁴	<i>Spine</i> , 2009	11	27	...	42.5	30.1	70.8
Open door	Motosuneya <i>et al</i> ⁵⁵	<i>J Bone Joint Surg [Br]</i> , 2011	42	120	...	35.3	22.1	59.3
Double door	Kimura <i>et al</i> ⁵⁶	<i>Eur Spine J</i> , 2011	39	144	...	36.2	20.8	57.5
Open door	Sakaura ⁵⁷	<i>Eur Spine J</i> , 2011	11	60	4.3 ° lordotic	32.6	27.4	84.0
Double door	Machino <i>et al</i> . ⁴⁸	<i>Spine</i> ,2012	520	33	1.8 ° lordotic	40.1	33.5	87.9
Open door	Lee <i>et al</i> . ⁵⁸	<i>J spinal disor Tech</i> , 2013	23	48	2.2 ° kyphosis	30.1	24.4	81.1
Double door	Lee <i>et al</i> . ⁵⁸	<i>J spinal disor Tech</i> , 2013	28	48	2.9 ° kyphosis	30.4	22.0	72.3
Open door	Lee <i>et al</i> . ¹⁵	<i>J spinal disor Tech</i> , 2014	21	24	6.2° kyphosis	...	...	...
Open door	Sakaura ³³	<i>Global spine journal</i> . 2014	20	108	5.4° lordosis	37.2	30.0	80.6

5. Progression of Ossification of posterior longitudinal ligament (OPLL)

เนื่องจากการผ่าตัด laminoplasty มิได้มีการตัดก้อน OPLL ออกโดยตรง จึงพบการโตขึ้นของ OPLL ได้หลังการผ่าตัด การโตของ OPLL แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือการโตในแนวยาว(Longitudinal growth) กับโตในแนวขวาง(Transverse growth) พบว่าการโตในแนวยาว(Longitudinal growth) นั้นเกิดขึ้นบ่อยและมากกว่าการโตในแนวขวาง(Transverse growth)⁵⁹ เมื่อเปรียบเทียบกับกรผ่าตัด posterior surgery วิธีอื่นพบว่า การโตของ OPLL เกิดขึ้นมากที่สุดกับการผ่าตัด laminectomy alone ตามมาด้วย laminoplasty ส่วน laminectomy and fusion นั้นพบโอกาสการโตน้อยที่สุด¹⁵ รายงานส่วนใหญ่พบการโตขึ้นของ OPLL หลังการผ่าตัด laminoplasty ในอัตราที่สูง ดังตารางที่ 8 แต่มักไม่พบปัญหาการแย่งของการทำงานของเส้นประสาทไขสันหลัง(neurological deterioration) อันเนื่องมาจากการกดทับเส้นประสาทไขสันหลังซ้ำในตำแหน่งเดิมที่ผ่าตัดไปแล้ว⁵⁷ อาจเป็นเพราะการโตในแนวขวาง(Transverse growth) นั้นค่อนข้างเกิดขึ้นช้าๆเมื่อเทียบกับขนาดของ spinal canal ที่ถูกขยายใหญ่ขึ้น ที่อาจก่อปัญหาได้มากกว่าคือโตของ OPLL ในแนว longitudinal ไปยังกระดูกคอระดับข้างเคียง ดังนั้นแนะนำว่าในกรณีผ่าตัด laminoplasty เพื่อรักษาผู้ป่วยกลุ่ม OPLL โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีอายุน้อยอาจต้องพิจารณาทำ prophylactic laminoplasty ในตำแหน่งข้างเคียงเพื่อไว้ตั้งแต่การผ่าตัดครั้งแรก อย่างไรก็ตามต้องชั่งผลดีผลเสียต่อการผ่าตัดที่มากระดับขึ้นด้วยเช่นกัน⁵

Table 8 OPLL progression with Non-operative or posterior cervical surgery

Type of Operations	Authors	Reference	Cases	F/U	Radiographic OPLL growth
s/p laminectomy	Kato et al. ⁶⁰	J Neurosurg, 1998	44	mean 14.1 yrs, minimum 5 yrs	OPLL growth: 70% of patients - mean longitudinal growth: 10.5 mm - mean transverse growth: 3.2 mm
s/p laminoplasty	Kawaguchi et al., 2001 ⁶¹	The Journal of bone and joint surgery Am. 2001	45	mean 13.1 yrs (10–17 yrs)	OPLL growth: 73% of patients - longitudinal growth: 68.9% of patients mean growth: 9.0 mm - transverse growth: 42.2% of patients mean growth: 1.3 mm
non-op patients	Matsunaga et al. ⁶²	Journal of neurosurgery. 2002	167	mean 11 yrs (5–26 yrs)	- longitudinal growth: 86% of patients - transverse growth: 42% of patients

s/p laminoplasty	Iwasaki et al. ⁶³	Journal of neurosurgery. 2002	59	mean 12.2 yrs (10–16 yrs)	OPLL growth: 70% of patients - longitudinal growth: 64% of patients mean growth: 12.8 mm - transverse growth: 53% of patients mean growth: 3.4 mm
s/p laminoplasty	Ogawa et al. ⁶⁴	Journal of neurosurgery Spine. 2004	72	mean 9.5 yrs (5–18 yrs)	OPLL growth: 63.9% of patients - mean longitudinal growth: 26.3 mm - mean transverse growth: 3.9 mm
s/plaminoplasty (n = 119) or laminectomy (n = 12)	Chiba et al. ⁶⁵	Journal of neurosurgery Spine. 2005	131	1 & 2 yrs	OPLL growth: 38.9% & 56.5% of patients at 1 & 2 yrs - mean longitudinal growth: 2.4 mm (upper extent), 2.4 mm (lower extent) at 2 yrs - mean transverse growth: 1.4 mm at 2 yrs
s/p laminoplasty	Hori et al. ⁶⁶	Spine. 2007	55	minimum 5 yrs	- longitudinal growth: 74.5% of patients mean growth: 12.0 mm - transverse growth: 21.8% of patients mean growth: 3.5 mm
laminoplasty	Sakaura ⁵⁷	European spine journal,2011	11	5 year	OPLL growth: 63.6% - longitudinal growth: 55% of patients - transverse growth: 18% of patients
Non-op patient	Izumi et al. ⁶⁷	European spine journal,2013	20	22 (range 12–45) Month	The mean annual rate of lesion increase was 3.33 % (range 0.08–7.79 %). # CT based volumetric measurement
21 Lami+fusion 21 Laminoplasty 15 Laminectomy alone	Lee et al. ¹⁵	J spinal disor Tech, 2014	57	Mean 24 Months	OPLL growth: 30.0% of patients (Laminec+fusion) 45.5% of patients (Laminoplasty) 62.5% of patients (Laminectomy alone)

สรุป (Conclusion)

การรักษา Cervical myelopathy ต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบของผู้ป่วยเป็นรายๆ ไป การรักษาโดยการผ่าตัดมีข้อบ่งชี้ในกรณีที่อาการ myelopathy รบกวนการดำเนินชีวิต (Nurick ≥ 3 , mJOA score ≤ 12) หรือกรณีที่มีความเสี่ยงสูงต่อ myelopathy progression เช่น การพบ cord signal change ใน T2-weight MRI เป็นต้น การเลือกวิธีการผ่าตัด (anterior approach, posterior approach, combined approach) ต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายด้านประกอบกัน ได้แก่ Main compressive pathology, Number of levels of pathology, Preoperative sagittal alignment, Preoperative axial neck pain, previous surgery และ bone quality เป็นต้น

การผ่าตัดแต่ละวิธีทั้ง anterior approach และ posterior approach ล้วนแล้วแต่มีจุดเด่น และข้อพึงระวังที่แตกต่างกันไป จำเป็นที่แพทย์ผู้ให้การรักษาต้องพิจารณาเลือกวิธีการผ่าตัดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผู้ป่วยแต่ละราย โดยคำนึงถึงความชำนาญของแพทย์ผู้รักษาควบคู่กันด้วย

Reference

1. Rao R. Neck pain, cervical radiculopathy, and cervical myelopathy: pathophysiology, natural history, and clinical evaluation. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 2002;84-A:1872-81.
2. Nurick S. The pathogenesis of the spinal cord disorder associated with cervical spondylosis. *Brain : a journal of neurology* 1972;95:87-100.
3. Benzel EC, Lancon J, Kesterson L, et al. Cervical laminectomy and dentate ligament section for cervical spondylotic myelopathy. *Journal of spinal disorders* 1991;4:286-95.
4. Wilson JR, Barry S, Fischer DJ, et al. Frequency, timing, and predictors of neurological dysfunction in the nonmyelopathic patient with cervical spinal cord compression, canal stenosis, and/or ossification of the posterior longitudinal ligament. *Spine* 2013;38:S37-54.
5. Rhee JM, Basra S. Posterior surgery for cervical myelopathy: laminectomy, laminectomy with fusion, and laminoplasty. *Asian spine journal* 2008;2:114-26.
6. Samartzis D, Shen FH, Goldberg EJ, et al. Is autograft the gold standard in achieving radiographic fusion in one-level anterior cervical discectomy and fusion with rigid anterior plate fixation? *Spine* 2005;30:1756-61.
7. Wang JC, McDonough PW, Endow K, et al. The effect of cervical plating on single-level anterior cervical discectomy and fusion. *Journal of spinal disorders* 1999;12:467-71.
8. Samartzis D, Shen FH, Matthews DK, et al. Comparison of allograft to autograft in multilevel anterior cervical discectomy and fusion with rigid plate fixation. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 2003;3:451-9.
9. Hilibrand AS, Carlson GD, Palumbo MA, et al. Radiculopathy and myelopathy at segments adjacent to the site of a previous anterior cervical arthrodesis. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 1999;81:519-28.
10. Phillips FM, Geisler FH, Gilder KM, et al. Long-term Outcomes of the US FDA IDE Prospective, Randomized Controlled Clinical Trial Comparing PCM Cervical Disc Arthroplasty With Anterior Cervical Discectomy and Fusion. *Spine* 2015;40:674-83.
11. Buchowski JM, Anderson PA, Sekhon L, et al. Cervical disc arthroplasty compared with arthrodesis for the treatment of myelopathy. Surgical technique. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 2009;91 Suppl 2:223-32.
12. Suda K, Abumi K, Ito M, et al. Local kyphosis reduces surgical outcomes of expansive open-door laminoplasty for cervical spondylotic myelopathy. *Spine* 2003;28:1258-62.
13. Fujiyoshi T, Yamazaki M, Kawabe J, et al. A new concept for making decisions regarding the surgical approach for cervical ossification of the posterior longitudinal ligament: the K-line. *Spine* 2008;33:E990-3.
14. Taniyama T, Hirai T, Yoshii T, et al. Modified K-Line in Mri Predicts Clinical Outcome in Patients with Non-Lordotic Alignment After Laminoplasty for Cervical Spondylotic Myelopathy. *Spine* 2014.
15. Lee CH, Jahng TA, Hyun SJ, et al. Expansive Laminoplasty Versus Laminectomy Alone Versus Laminectomy and Fusion for Cervical Ossification of the Posterior Longitudinal Ligament: Is There a Difference in the Clinical Outcome and Sagittal Alignment? *Journal of spinal disorders & techniques* 2014.
16. Shiraishi T, Fukuda K, Yato Y, et al. Results of skip laminectomy-minimum 2-year follow-up study compared with open-door laminoplasty. *Spine* 2003;28:2667-72.
17. Xu R, Ebraheim NA, Nadaud MC, et al. The location of the cervical nerve roots on the posterior aspect of the cervical spine. *Spine* 1995;20:2267-71.

18. Muffoletto AJ, Yang J, Vadhva M, et al. Cervical stability with lateral mass plating: unicortical versus bicortical screw purchase. *Spine* 2003;28:778-81.
19. Katonis P, Papadakis SA, Galanakos S, et al. Lateral mass screw complications: analysis of 1662 screws. *Journal of spinal disorders & techniques* 2011;24:415-20.
20. Coe JD, Vaccaro AR, Dailey AT, et al. Lateral mass screw fixation in the cervical spine: a systematic literature review. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 2013;95:2136-43.
21. Kawai S, Sunago K, Doi K, et al. Cervical laminoplasty (Hattori's method). Procedure and follow-up results. *Spine* 1988;13:1245-50.
22. Hirabayashi K, Miyakawa J, Satomi K, et al. Operative results and postoperative progression of ossification among patients with ossification of cervical posterior longitudinal ligament. *Spine* 1981;6:354-64.
23. Hirabayashi K, Watanabe K, Wakano K, et al. Expansive open-door laminoplasty for cervical spinal stenotic myelopathy. *Spine* 1983;8:693-9.
24. Itoh T, Tsuji H. Technical improvements and results of laminoplasty for compressive myelopathy in the cervical spine. *Spine* 1985;10:729-36.
25. Tanaka N, Nakanishi K, Fujimoto Y, et al. Expansive laminoplasty for cervical myelopathy with interconnected porous calcium hydroxyapatite ceramic spacers: comparison with autogenous bone spacers. *Journal of spinal disorders & techniques* 2008;21:547-52.
26. Rhee JM, Register B, Hamasaki T, et al. Plate-only open door laminoplasty maintains stable spinal canal expansion with high rates of hinge union and no plate failures. *Spine* 2011;36:9-14.
27. Jiang JL, Li XL, Zhou XG, et al. Plate-only open-door laminoplasty with fusion for treatment of multilevel degenerative cervical disease. *Journal of clinical neuroscience : official journal of the Neurosurgical Society of Australasia* 2012;19:804-9.
28. Siribumrungwong K, Kiriratnikom T, Tangtrakulwanich B. Union rate on hinge side after open-door laminoplasty using maxillofacial titanium miniplate. *Advances in orthopedics* 2013;2013:767343.
29. O'Brien MF, Peterson D, Casey AT, et al. A novel technique for laminoplasty augmentation of spinal canal area using titanium miniplate stabilization. A computerized morphometric analysis. *Spine* 1996;21:474-83; discussion 84.
30. Hu W, Shen X, Sun T, et al. Laminar reclosure after single open-door laminoplasty using titanium miniplates versus suture anchors. *Orthopedics* 2014;37:e71-8.
31. Hoshi K, Kurokawa T, Nakamura K, et al. Expansive cervical laminoplasties--observations on comparative changes in spinous process lengths following longitudinal laminar divisions using autogenous bone or hydroxyapatite spacers. *Spinal cord* 1996;34:725-8.
32. Tomita K, Kawahara N, Toribatake Y, et al. Expansive midline T-saw laminoplasty (modified spinous process-splitting) for the management of cervical myelopathy. *Spine* 1998;23:32-7.
33. Sakaura H, Hosono N, Mukai Y, et al. C3-6 laminoplasty for cervical spondylotic myelopathy maintains satisfactory long-term surgical outcomes. *Global spine journal* 2014;4:169-74.
34. Highsmith JM, Dhall SS, Haid RW, Jr., et al. Treatment of cervical stenotic myelopathy: a cost and outcome comparison of laminoplasty versus laminectomy and lateral mass fusion. *Journal of neurosurgery. Spine* 2011;14:619-25.
35. Manzano GR, Casella G, Wang MY, et al. A prospective, randomized trial comparing expansive cervical laminoplasty and cervical laminectomy and fusion for multilevel cervical myelopathy. *Neurosurgery* 2012;70:264-77.
36. Bydon M, Macki M, Kaloostian P, et al. Incidence and prognostic factors of c5 palsy: a clinical study of 1001 cases and review of the literature. *Neurosurgery* 2014;74:595-604; discussion -5.
37. Imagama S, Matsuyama Y, Yukawa Y, et al. C5 palsy after cervical laminoplasty: a multicentre study. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 2010;92:393-400.

38. Nassr A, Eck JC, Ponnappan RK, et al. The incidence of C5 palsy after multilevel cervical decompression procedures: a review of 750 consecutive cases. *Spine* 2012;37:174-8.
39. Chiba K, Toyama Y, Matsumoto M, et al. Segmental motor paralysis after expansive open-door laminoplasty. *Spine* 2002;27:2108-15.
40. Chen Y, Chen D, Wang X, et al. C5 palsy after laminectomy and posterior cervical fixation for ossification of posterior longitudinal ligament. *Journal of spinal disorders & techniques* 2007;20:533-5.
41. Nakashima H, Imagama S, Yukawa Y, et al. Multivariate analysis of C-5 palsy incidence after cervical posterior fusion with instrumentation. *Journal of neurosurgery. Spine* 2012;17:103-10.
42. Yamanaka K, Tachibana T, Moriyama T, et al. C-5 palsy after cervical laminoplasty with instrumented posterior fusion. *Journal of neurosurgery. Spine* 2014;20:1-4.
43. Takemitsu M, Cheung KM, Wong YW, et al. C5 nerve root palsy after cervical laminoplasty and posterior fusion with instrumentation. *Journal of spinal disorders & techniques* 2008;21:267-72.
44. Ohashi M, Yamazaki A, Watanabe K, et al. Two-year clinical and radiological outcomes of open-door cervical laminoplasty with prophylactic bilateral C4-C5 foraminotomy in a prospective study. *Spine* 2014;39:721-7.
45. Ratliff JK, Cooper PR. Cervical laminoplasty: a critical review. *Journal of neurosurgery* 2003;98:230-8.
46. Yoshida M, Tamaki T, Kawakami M, et al. Does reconstruction of posterior ligamentous complex with extensor musculature decrease axial symptoms after cervical laminoplasty? *Spine* 2002;27:1414-8.
47. Umeda M, Sasai K, Kushida T, et al. A less-invasive cervical laminoplasty for spondylotic myelopathy that preserves the semispinalis cervicis muscles and nuchal ligament. *Journal of neurosurgery. Spine* 2013;18:545-52.
48. Machino M, Yukawa Y, Hida T, et al. Cervical alignment and range of motion after laminoplasty: radiographical data from more than 500 cases with cervical spondylotic myelopathy and a review of the literature. *Spine* 2012;37:E1243-50.
49. Aita I, Wadano Y, Yabuki T. Curvature and range of motion of the cervical spine after laminoplasty. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 2000;82-A:1743-8.
50. Seichi A, Takeshita K, Ohishi I, et al. Long-term results of double-door laminoplasty for cervical stenotic myelopathy. *Spine* 2001;26:479-87.
51. Chiba K, Ogawa Y, Ishii K, et al. Long-term results of expansive open-door laminoplasty for cervical myelopathy--average 14-year follow-up study. *Spine* 2006;31:2998-3005.
52. Kang SH, Rhim SC, Roh SW, et al. Postlaminoplasty cervical range of motion: early results. *Journal of neurosurgery. Spine* 2007;6:386-90.
53. Suk KS, Kim KT, Lee JH, et al. Sagittal alignment of the cervical spine after the laminoplasty. *Spine* 2007;32:E656-60.
54. Hyun SJ, Rhim SC, Roh SW, et al. The time course of range of motion loss after cervical laminoplasty: a prospective study with minimum two-year follow-up. *Spine* 2009;34:1134-9.
55. Motosuneya T, Maruyama T, Yamada H, et al. Long-term results of tension-band laminoplasty for cervical stenotic myelopathy: a ten-year follow-up. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 2011;93:68-72.
56. Kimura A, Seichi A, Inoue H, et al. Long-term results of double-door laminoplasty using hydroxyapatite spacers in patients with compressive cervical myelopathy. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 2011;20:1560-6.
57. Sakaura H, Hosono N, Mukai Y, et al. Medium-term outcomes of C3-6 laminoplasty for cervical myelopathy: a prospective study with a minimum 5-year follow-up. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 2011;20:928-33.

58. Lee DG, Lee SH, Park SJ, et al. Comparison of surgical outcomes after cervical laminoplasty: open-door technique versus French-door technique. *Journal of spinal disorders & techniques* 2013;26:E198-203.
59. Fargen KM, Cox JB, Hoh DJ. Does ossification of the posterior longitudinal ligament progress after laminoplasty? Radiographic and clinical evidence of ossification of the posterior longitudinal ligament lesion growth and the risk factors for late neurologic deterioration. *Journal of neurosurgery. Spine* 2012;17:512-24.
60. Kato Y, Iwasaki M, Fuji T, et al. Long-term follow-up results of laminectomy for cervical myelopathy caused by ossification of the posterior longitudinal ligament. *Journal of neurosurgery* 1998;89:217-23.
61. Kawaguchi Y, Kanamori M, Ishihara H, et al. Progression of ossification of the posterior longitudinal ligament following en bloc cervical laminoplasty. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 2001;83-A:1798-802.
62. Matsunaga S, Kukita M, Hayashi K, et al. Pathogenesis of myelopathy in patients with ossification of the posterior longitudinal ligament. *Journal of neurosurgery* 2002;96:168-72.
63. Iwasaki M, Kawaguchi Y, Kimura T, et al. Long-term results of expansive laminoplasty for ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine: more than 10 years follow up. *Journal of neurosurgery* 2002;96:180-9.
64. Ogawa Y, Toyama Y, Chiba K, et al. Long-term results of expansive open-door laminoplasty for ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine. *Journal of neurosurgery. Spine* 2004;1:168-74.
65. Chiba K, Yamamoto I, Hirabayashi H, et al. Multicenter study investigating the postoperative progression of ossification of the posterior longitudinal ligament in the cervical spine: a new computer-assisted measurement. *Journal of neurosurgery. Spine* 2005;3:17-23.
66. Hori T, Kawaguchi Y, Kimura T. How does the ossification area of the posterior longitudinal ligament thicken following cervical laminoplasty? *Spine* 2007;32:E551-6.
67. Izumi T, Hirano T, Watanabe K, et al. Three-dimensional evaluation of volume change in ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine using computed tomography. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 2013;22:2569-74.