J Med Biosci Vol. 8 No. 1 January - June 2026; 49 - 67 DOI: 10.58837/CHULA.JMBS.8.S1.4

Review article

Minimally invasive surgery technique in thoracolumbar injuries

Jirachat Jeamchareanwong, Vit Kotheeranurak*

Department of Orthopaedics, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society, Bangkok, Thailand

Abstract

Thoracolumbar spinal injuries resulting from traumatic events remain a significant clinical challenge, with ongoing debate regarding the most effective treatment approaches. Management strategies include both non-operative and operative interventions, with surgical decision-making guided by neurological status and injury morphology. Historically, surgical treatment was performed via open posterior approaches; however, advancements in technique have introduced anterior and combined approaches, as well as the growing use of minimally invasive surgery (MIS). Surgical interventions are typically categorized into decompression, instrumentation, and spinal fusion, with selection based on injury type-such as compression, distraction, or translation injuries. The evolution of MIS has led to improved outcomes through reduced blood loss, lower infection rates, shorter hospitalization, faster recovery, decreased complication rates, and enhanced surgical precision. These advancements continue to shape current standards of care in the management of thoracolumbar spinal trauma.

Keywords: Advanced technology combined with MIS, minimally invasive surgery technique, thoracolumbar spine injury.

***Correspondence to: Vit Kotheeranurak,** Department of Orthopaedics, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society, Bangkok 10330, Thailand.
E-mail: vitinspine@gmail.com
Received: July 20, 2025
Revised: November 14, 2025
Accepted: December 14, 2025

Open Access 2026 Jeamchareanwong et al ., published by Faculty of Medicine, Chulalongkorn University. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

บทความปริทัศน์

เทคนิคการผ่าตัดแผลเล็กในผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังช่วงอกและเอว

จิรฉัตร เจียมเจริญวงศ์, วิทย์ โคธีรานุรักษ์*

ภาควิชาออร์โธปิดิกส์, คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย, กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

การบาดเจ็บของกระดูกสันหลังจากอุบัติเหตุเป็นประเด็นที่มีการถกเถียงกันมาอย่างยาวนานในเรื่องของแนวทางการรักษา จนถึงปัจจุบัน ซึ่งครอบคลุมทั้งการรักษาแบบไม่ผ่าตัดและการรักษาโดยการผ่าตัด ก่อนเริ่มการรักษา จำเป็นต้องมีการประเมินผู้ป่วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งการประเมินอาการทางระบบประสาท จากนั้นจึงดำเนินการวินิจฉัยและจำแนกผู้ป่วยตามลักษณะของการบาดเจ็บที่กระดูกสันหลัง ในการผ่าตัด วิธีการเริ่มต้นในอดีตคือ การผ่าตัดเปิดกระดูกสันหลังผ่านทางด้านหลัง ก่อนที่จะมีการพัฒนาเทคนิคการผ่าตัดที่เข้าผ่าตัดทางด้านหน้า และการผ่าตัดที่เข้าทั้งทางด้านหลังและทางด้านหน้า ในปัจจุบัน เทคนิคการผ่าตัดแผลเล็กได้รับการพัฒนาและนำมาใช้ในการรักษามากขึ้น ซึ่งการผ่าตัดจะถูกแบ่งออกเป็นสามหมวดหลัก ได้แก่ การลดการกดทับของเส้นประสาท (decompression) การใช้เครื่องมือดาม (instrumentation) และการเชื่อมข้อกระดูกสันหลัง (fusion) การเลือกวิธีผ่าตัดจะขึ้นอยู่กับลักษณะของการบาดเจ็บที่เกิดขึ้น เช่น การบาดเจ็บจากแรงกดทับ (compression injuries) การบาดเจ็บจากการงอและเคลื่อนแยกห่าง (distraction injuries) และการบาดเจ็บจากการเคลื่อนที่ของกระดูกสันหลัง (translation injuries) ปัจจุบันจึงมีการใช้เทคโนโลยีที่ช่วยในการผ่าตัดแผลเล็กมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งเป้าหมายหลักของการผ่าตัดแผลเล็กคือ การลดการสูญเสียเลือด ลดความเสี่ยงในการติดเชื้อ เร่งกระบวนการฟื้นตัว ลดระยะเวลาในการพักรักษาตัวในโรงพยาบาล ลดภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการผ่าตัด และทำให้การผ่าตัดมีความแม่นยำมากขึ้น

คำสำคัญ: เทคโนโลยีช่วยในการผ่าตัดกระดูกสันหลัง, เทคนิคการผ่าตัดแผลเล็ก, การบาดเจ็บของกระดูกสันหลังช่วงอกและเอว.

การบาดเจ็บของกระดูกสันหลังในช่วงอกถึงเอว (thoracolumbar spine) สามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ โดยเฉพาะอุบัติเหตุที่มีแรงกระแทกรุนแรง เช่น อุบัติเหตุทางรถยนต์ การพลัดตกจากที่สูง หรือแรงกระแทกโดยตรงบริเวณลำตัวส่วนหลัง ซึ่งอาจส่งผลให้กระดูกสันหลัง หัก ร้าว หรือเกิดการเคลื่อนตัวของกระดูก ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของไขสันหลังและเส้นประสาทในบริเวณดังกล่าว การบาดเจ็บในช่วงนี้ ถือว่ามีความสำคัญ เนื่องจากเป็นจุดเปลี่ยนผ่านระหว่างโครงสร้างที่มั่นคงของทรวงอกและความยืดหยุ่นของกระดูกสันหลังส่วนเอว ซึ่งอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายของไขสันหลังหากไม่ได้รับการประเมินและรักษาอย่างเหมาะสม

ปัจจุบันการประเมินการบาดเจ็บและการผ่าตัดเพื่อรักษาการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังจากอุบัติเหตุได้รับการพัฒนาอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับในอดีต โดยมีงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับการรักษาทั้งในรูปแบบที่ไม่ผ่าตัดและผ่าตัด ซึ่งในการรักษาด้วยวิธีผ่าตัดยังขาดแนวทาง มาตรฐานที่ชัดเจนในเชิงรายละเอียดทางปฏิบัติ เช่น วิธีการลงแผลผ่าตัดหรือเทคนิคในการผ่าตัดในรูปแบบต่าง ๆ จึงเป็นที่มาของการรวบรวมงานวิจัยในบทความนี้

การวินิจฉัย

ภาพถ่ายรังสีพื้นฐาน (plain radiograph)

ในกรณีส่วนใหญ่ การถ่ายภาพรังสี 2 ระนาบ สามารถช่วยในการวินิจฉัยเบื้องต้นได้ แต่มีผู้ป่วยประมาณร้อยละ 30 ที่อาจไม่พบการบาดเจ็บหรือพลาดการวินิจฉัยจากการถ่ายภาพเพียงอย่างเดียว[1] โดยเฉพาะในกระดูกสันหลังช่วงคอและอกช่วงบน การถ่ายภาพรังสีท่ายืนหรือตั้งตรงยังสามารถช่วยในการติดตามผู้ป่วยที่รักษาโดยไม่ผ่าตัดหรือช่วยในการตัดสินใจในการผ่าตัดในช่วงที่มีการบาดเจ็บใหม่ ๆ ได้

การถ่ายภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ (computed tomography; CT)

ปัจจุบันการถ่ายภาพคอมพิวเตอร์ (CT) ได้เข้ามามีบทบาทเพิ่มมากขึ้นในการแทนที่การถ่ายภาพรังสีปกติ เนื่องจากสามารถประเมินลักษณะการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังได้อย่างละเอียด ซึ่งช่วยในการวางแผนการผ่าตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการประเมินอวัยวะภายในที่อาจได้รับบาดเจ็บเพิ่มเติมได้อีกด้วย

การถ่ายภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก (magnetic resonance imaging; MRI)

การถ่ายภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก (MRI) สามารถประเมินการบาดเจ็บของกลุ่มเส้นเอ็นและหมอนรองกระดูกได้อย่างละเอียด โดยเฉพาะในกลุ่มเส้นเอ็นด้านหลัง (posterior ligamentous complex: PLC) รวมถึงการตรวจหาความเสียหายของกระดูกที่อาจซ่อนอยู่ หรือการบาดเจ็บของไขสันหลังที่อาจเกิดขึ้นร่วมด้วย

การจำแนกการบาดเจ็บของผู้ป่วย

การบาดเจ็บของกระดูกสันหลังช่วงอกและเอวถูกจำแนกออกเป็น 3 บริเวณหลัก ได้แก่ ช่วงอก (thoracic region; T2-T10), ช่วงอกต่อเอว (thoracolumbar region; T11-L2) และช่วงเอวต่อกระเบนเหน็บ (lumbosacral region; L3-S1) โดยเฉพาะช่วงอกต่อเอว (thoracolumbar region) เป็นบริเวณที่พบบาดเจ็บบ่อยที่สุดเนื่องจากโครงสร้างและคุณสมบัติทางชีวกลศาสตร์ของกระดูกสันหลัง ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บมากที่สุด การจำแนกการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังเริ่มต้นจาก Holdsworth ที่แบ่งการบาดเจ็บตามกลไกการเกิดการบาดเจ็บเป็น 4 แบบ ได้แก่ flexion, flexion and rotation, extension และ compression injuries ต่อมาเมื่อมีการใช้ CT scan อย่างแพร่หลาย McAfee PC และคณะ ได้พัฒนาการจำแนกการบาดเจ็บโดยใช้ CT โดยแบ่งออกเป็น 6 รูปแบบ ได้แก่ wedge-compression, stable burst, unstable burst, chance, flexion-distraction และ translational injuries ซึ่งแสดงถึงระดับความไม่มั่นคงของกระดูกสันหลังที่เกิดจากการบาดเจ็บ[2] ขณะเดียวกัน Denis ได้นำเสนอ three-column model ซึ่งเพิ่มความสำคัญของ middle column เพิ่มเติมจาก Holdsworth โดยเน้นความสำคัญ ของ posterior ligamentous complex (PLC) และ Annulus Fibrosis เมื่อกลุ่มเส้นเอ็นเหล่านี้ได้รับการบาดเจ็บจะทำให้กระดูกสันหลังไม่มั่นคงและต้องการการรักษาด้วยวิธีที่เหมาะสม

ในปี พ.ศ. 2537 Magerl และคณะ ได้พัฒนา AO-Magerl classification ซึ่งจำแนกการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังตามกลไกการเกิดการบาดเจ็บเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ A - compression, B - distraction และ C - axial torsion/rotation (**Figure 1**) โดยแต่ละประเภทจะแยกย่อยเป็นหัวข้อย่อยอีก 3 ประเภทตาม two-column model การจำแนกนี้ช่วยในการประเมินความรุนแรงและประเภทของ

การบาดเจ็บที่เกิดขึ้นที่กระดูกสันหลัง นอกจากนี้ McCormack ได้เสนอ Load-sharing classification เพื่อประเมิน anterior column support แต่ข้อจำกัดของการจำแนกนี้คือไม่สามารถประเมินภาวะทางระบบประสาทและความสมบูรณ์ของกลุ่มเส้นเอ็นทางด้านหลังได้อย่างชัดเจน ต่อมาในปี พ.ศ. 2548 Vaccaro AR. และคณะ ได้นำเสนอ Thoracolumbar injury classification system (TLICS) ซึ่งคล้ายกับ AO-Magerl แต่เพิ่มการประเมินระบบประสาทและการบาดเจ็บของกลุ่มเส้นเอ็นทางด้านหลังเข้ามาด้วย การพัฒนา TLICS ช่วยให้การตัดสินใจในการรักษาผู้ป่วยได้แม่นยำยิ่งขึ้น โดยเพิ่มตัวแปรของการบาดเจ็บของระบบประสาทและกลุ่มเส้นเอ็น เพื่อช่วยในการพิจารณาว่าผู้ป่วยควรได้รับการผ่าตัดหรือไม่ ในปี พ.ศ. 2556 AO Spine classification ได้ถูกตีพิมพ์ ซึ่งรวมเอา AO-Magerl และ TLICS เข้าด้วยกัน โดยการจำแนกการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังมี 3 ประเภทหลัก ได้แก่ compression injuries (A); distraction injuries (B); และ translational injuries (C) (Figure 2) ซึ่งแยกย่อยเป็นหลายประเภทตามระดับความรุนแรง นอกจากนี้ยังมีการประเมินภาวะทางระบบประสาทและตัวแปรอื่น ๆ เช่น การบาดเจ็บของกลุ่มเส้นเอ็นทางด้านหลัง (M1) และโรคร่วมต่าง ๆ เช่น โรคหลังแข็ง, กระดูกพรุน, หรือแผลไฟไหม้ (M2) ซึ่งทั้งหมดนี้จะนำมาคำนวณเป็นคะแนน thoracolumbar AOSpine injury score (TL AOSIS) เพื่อช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการรักษาผู้ป่วยและการผ่าตัด[3] (Table 1, Figure 2)

การรักษากระดูกสันหลังบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ

การรักษาแบบไม่ผ่าตัด

การรักษากระดูกสันหลังบาดเจ็บด้วยการไม่ผ่าตัดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือความมั่นคงของกระดูกที่หัก การระบุกระดูกสันหลังหักมั่นคงหรือไม่นั้นพิจารณาจากว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบประสาทและกระดูกที่หักไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการขยับท่าทาง หากมีการขยับแล้วทำให้อาการทางระบบประสาทแย่ลง จะถือว่าไม่มั่นคงและไม่สามารถรักษาด้วยวิธีนี้ได้ ข้อบ่งชี้ในการรักษาแบบไม่ผ่าตัดมีสองประการ คือ 1) ผู้ป่วยมีข้อห้ามหรือความเสี่ยงสูงในการทำผ่าตัด; 2) การบาดเจ็บของกระดูกสันหลังไม่ทำให้กระดูกผิดรูปหรือยุบเพิ่มขึ้น เช่น การบาดเจ็บในกลุ่ม AO A0 – A2 เป็นต้น การรักษาแบบไม่ผ่าตัดมีข้อดีที่สำคัญ คือ ผู้ป่วยไม่ต้องเผชิญกับความเสี่ยงจากภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นระหว่างหรือหลังการผ่าตัด เช่น แผลผ่าตัดติดเชื้อภาวะแทรกซ้อนจากการดมยาสลบ หรือการเสียเลือด อย่างไรก็ตาม การเลือกแนวทางการรักษานี้ควรพิจารณาอย่างรอบคอบ เนื่องจากหากการบาดเจ็บมีความรุนแรงมากกว่าที่ประเมินไว้ อาจทำให้เกิดการยุบตัวของกระดูกสันหลังเพิ่มเติม หรือการกดทับเส้นประสาท ซึ่งอาจนำไปสู่ภาวะแทรกซ้อนทางระบบประสาทในระยะยาวได้

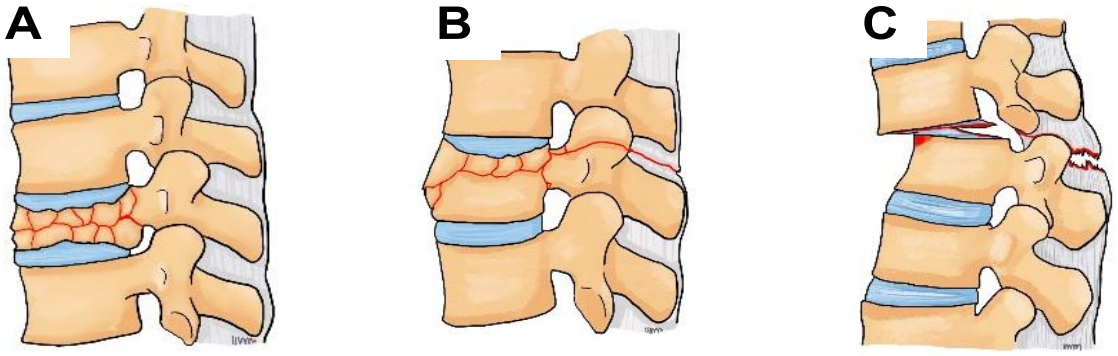

Figure 1. แสดงรูปแบบการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังตาม AO-Magerl classification ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ AO Spine classification โดยการบาดเจ็บถูกจำแนกเป็น 3 ประเภทหลักตามลักษณะการบาดเจ็บของคอลัมน์กระดูกสันหลัง (A) แสดงการบาดเจ็บจากแรงกดทับที่ทำให้สูญเสียโครงสร้างทางด้านหน้าของกระดูกสันหลัง; (B) แสดงการบาดเจ็บที่กระทบกับโครงสร้างยึดกระดูกทั้งทางด้านหลังและด้านหน้า; และ (C) แสดงการบาดเจ็บที่กระทบกระเทือนทุกโครงสร้างของกระดูกสันหลังจนทำให้กระดูกเคลื่อนแยกจากกัน

Table 1. การคำนวณคะแนนของ thoracolumbar AO Spine injury score (TL AOSIS) ซึ่งอ้างอิงจาก AO Spine classification โดยแบ่งออกเป็นตารางย่อยต่าง ๆ ดังนี้ : ตารางย่อยที่ 1.1 แสดงรูปแบบการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังที่ได้กล่าวถึงในส่วนก่อนหน้า, ตารางย่อยที่ 1.2 แสดงภาวะทางระบบประสาทที่เกี่ยวข้อง, ตารางย่อยที่ 1.3 แสดงตัวแปรเพิ่มเติมที่ใช้ในการคำนวณคะแนน, และตารางย่อยที่ 1.4 แสดงเกณฑ์คะแนนที่จะช่วยในการประเมินว่าแพทย์ควรเลือกวิธีการรักษาแบบผ่าตัดหรือไม่ผ่าตัด.

1.1 รูปแบบการบาดเจ็บของกระดูกสันหลัง

รูปแบบ A – compression injuries		**รูปแบบ B – tension band injuries**		**รูปแบบ C – translational injuries**	
A0	0 คะแนน	B1	5 คะแนน	C	8 คะแนน
A1	1 คะแนน	B2	6 คะแนน		
A2	2 คะแนน	B3	7 คะแนน		
A3	3 คะแนน				
A4	5 คะแนน				

1.2 สภาวะทางระบบประสาท

	0 คะแนน
N1	1 คะแนน
N2	2 คะแนน
N3	4 คะแนน
N4	4 คะแนน
NX	3 คะแนน

1.3 ตัวแปรเพิ่มเติมของผู้ป่วย

M1	1 คะแนน
M2	0 คะแนน

คะแนนรวม	**1.4 การแนะนำการรักษา**
≤ 3	รักษาแบบไม่ผ่าตัด
4 - 5	รักษาแบบไม่ผ่าตัดหรือผ่าตัด
> 5	รักษาแบบผ่าตัด

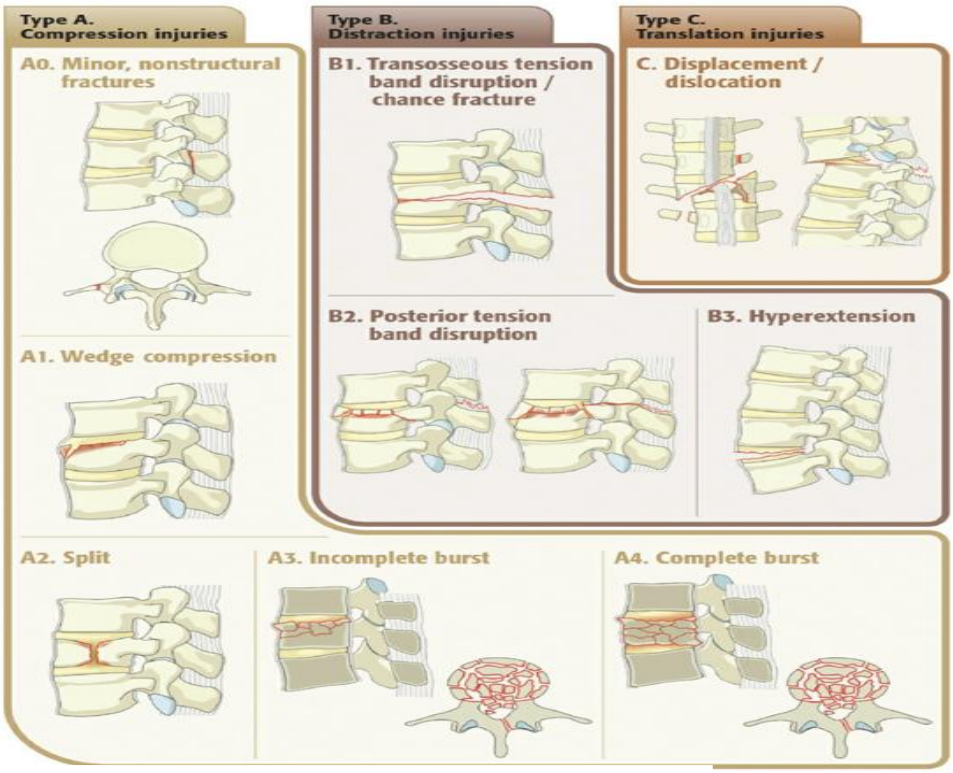

Figure 2. การบาดเจ็บของกระดูกสันหลังที่อ้างอิงตาม AO Spine classification ซึ่งเป็นการจำแนกประเภทการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังที่ใช้ในปัจจุบัน โดยแบ่งการบาดเจ็บออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ (A) compression injuries; (B) distraction injuries; และ (C) translational injuries/displacement พร้อมทั้งแยกย่อยตามระดับความรุนแรงและลักษณะของการบาดเจ็บ (ดัดแปลงมาจาก AO Spine International.© AO Spine International, Switzerland)

การรักษาแบบผ่าตัด

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2498 Harrington ได้เริ่มใช้ rod ที่ใช้ในการผ่าตัดกระดูกสันหลังคดในการรักษาผู้ป่วยอุบัติเหตุเคสแรก และเริ่มใช้แพร่หลายมากขึ้นจนถึงปลายศตวรรษที่ 20 ตั้งแต่นั้นมาอุปกรณ์ที่ใช้ในการผ่าตัดเพื่อยึดกระดูกและเทคนิคในการผ่าตัดได้รับการพัฒนาอย่างมาก โดยมีเป้าหมายหลักคือ การทำให้ความโค้งของกระดูกสันหลังกลับมาคล้ายเดิมและเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย ผู้ป่วยที่คาดว่าจะได้รับประโยชน์จากการผ่าตัด ได้แก่ ผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังประเภท B และ C, มี TLS AO > 5 คะแนน หรือมีความบกพร่องทางระบบประสาท ผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บหลายอวัยวะ หากได้รับการผ่าตัดอาจช่วยหลีกเลี่ยงแผลกดทับหรือภาวะปอดติดเชื้อจากการนอนโรงพยาบาลนาน และยังช่วยให้ผู้ป่วยขยับเคลื่อนไหวได้เร็วขึ้น รวมถึงป้องกันไม่ให้ระบบประสาทแย่ลง ในผู้ป่วยที่มีไขสันหลังบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ เป้าหมายหลักของการผ่าตัดคือการทำให้กระดูกสันหลังมั่นคง โดยใช้เครื่องมือดาม (instrumentation) หรือการเชื่อมข้อกระดูกสันหลัง (fusion) ซึ่งสามารถทำได้ทั้งทางด้านหน้าและด้านหลังของกระดูกสันหลัง

การผ่าตัดกระดูกสันหลังจากอุบัติเหตุในอดีตมักเป็นการผ่าตัดเปิดแบบทั่วไป แต่ปัจจุบันเทคโนโลยีการผ่าตัดผ่านกล้อง แผลเล็ก หรือที่เรียกว่า minimally invasive surgery (MIS) ได้กลายเป็นการรักษามาตรฐานและได้รับความนิยมมากขึ้น ในปัจจุบัน โดยความแตกต่างระหว่างการผ่าตัดแบบเปิดและ การผ่าตัดแบบ MIS นั้น มีงานวิจัยชี้ให้เห็นข้อดีหลายประการของ MIS ได้แก่ การลดการทำลายเนื้อเยื่ออ่อนรอบข้าง ส่งผลให้อาการเจ็บหลังผ่าตัดน้อยลง ลดภาวะหลังค่อมในตำแหน่งที่บาดเจ็บ ระยะเวลาระหว่างผ่าตัดและพักฟื้นหลังการผ่าตัดสั้นลง รวมถึงระยะเวลาการนอนโรงพยาบาลเมื่อเทียบกับการผ่าตัดแบบเปิด นอกจากนี้ ยังช่วยลดการเสียเลือดและลดอัตราการติดเชื้อ แต่ข้อเสียของ MIS คือ การรับปริมาณรังสีและระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจด้วยเครื่องถ่ายภาพแบบฟลูออโรสโคปีนานขึ้น[4-6] การผ่าตัดแบบนี้จะมีหลักการ คือการทำแผลให้เล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อเข้าถึงรอยโรค และทำการแก้ไขพยาธิสภาพที่ต้องการ โดยอัตราการเชื่อมกระดูกสันหลัง ความปลอดภัย ผลลัพธ์จากการใช้งานของผู้ป่วยและการฟื้นตัวจากการบาดเจ็บทางระบบประสาทพบว่า ไม่แตกต่างจากการผ่าตัดแบบเปิด [7]

การรักษาด้วยการผ่าตัดกระดูกสันหลังแบบแผลเล็ก (Minimally invasive spine surgery, MISS)

การผ่าตัดกระดูกสันหลังแบบแผลเล็ก หรือ MISS มักใช้ในกรณีที่การบาดเจ็บของกระดูกสันหลังมีการเคลื่อนที่น้อย (less osseous displacement) ที่ไม่จำเป็นต้องทำการ reduction maneuver มาก หรือไม่ต้องการการลดการกดทับเส้นประสาทโดยตรง เช่น การบาดเจ็บใน ประเภท AO B1 หรือ AO B3 ที่มีการเคลื่อนน้อยในโรคหลังแข็ง และในกลุ่ม AO A3 หรือ A4 ที่ไม่มีการกดทับเส้นประสาท

โดยเฉพาะการใส่เหล็กยึดตรึงกระดูกสันหลังด้วยเกลียวสกรู (instrumentation) ในวิธี MIS จะใช้เทคนิคการใส่เกลียวสกรูแบบ percutaneous pedicle screw fixation แทนการใช้การใส่เกลียวสกรูแบบ conventional pedicle screw fixation ซึ่งจะช่วยลดขนาดของแผลผ่าตัดได้ดี และเมื่อทำการผ่าตัดทางด้านหน้าแล้วร่วมกับการใส่ percutaneous pedicle screw fixation จะช่วยเพิ่มความมั่นคงในการยึดกระดูกสันหลัง แบบ 360° ซึ่งช่วยป้องกันภาวะแทรกซ้อนรุนแรงได้

ในการผ่าตัดกระดูกสันหลังแบบแผลเล็กในผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังช่วงอกและเอว จะมีการแบ่งหลักการผ่าตัดตามตำแหน่งของการบาดเจ็บ เช่น ในกรณีที่เป็นการบาดเจ็บในช่วงอกช่วงบนถึงกลางเหนือ T10 จะมักเลือกใช้การผ่าตัดแบบ long segmental instrumentation ขณะที่ในช่วงรอยต่อระหว่างอกและเอว หรือช่วงเอวมักได้ผลดีหากเลือกการผ่าตัดแบบ short segmental instrumentation ซึ่งมีทั้งวิธีการผ่าตัดทางด้านหลัง (posterior approach) เช่น การปอกข้อต่อกระดูกสันหลัง การปลูกถ่ายกระดูก หรือใส่สารทดแทนกระดูก รวมถึงการใส่อุปกรณ์เทียม และวิธีการผ่าตัดทางด้านหน้า (anterior approach) เช่น การใส่วัสดุรองแทนหมอนรองกระดูกสันหลัง หรือการใช้เครื่องมือดามจากทางหน้าท้องพร้อมการปลูกถ่ายกระดูก นอกจากนี้ยังมีวิธีการผ่าตัดร่วมกันทั้งทางด้านหน้าและหลัง (combined approach) โดยการเลือกวิธีการผ่าตัดจะขึ้นอยู่กับลักษณะของการบาดเจ็บที่ต้องการให้โครงสร้างที่ผ่าตัดต้านทานและการฟื้นฟูความมั่นคงของกระดูกสันหลังให้กลับคืนมา โดยแต่ละวิธีมีรูปแบบในการรักษาดังนี้

วิถีการเข้าผ่าตัดทางด้านหลัง *(Posterior approach)*

การผ่าตัดกระดูกสันหลังจากอุบัติเหตุทางด้านหลัง (posterior approach) ถือเป็นวิธีการผ่าตัดที่ศัลยแพทย์กระดูกคุ้นเคยและใช้ในการรักษามากที่สุด เนื่องจากสามารถประเมินช่องไขสันหลัง ลดการกดทับของเส้นประสาท ซ่อมแซมเยื่อหุ้มช่องไขสันหลังจากอุบัติเหตุได้ อีกทั้งยังสามารถผ่าตัดเปิดขยายเพิ่มเติมและแก้ไขการผิดรูปของกระดูกสันหลังได้ การผ่าตัดที่สำคัญในวิธีนี้คือ การใส่เหล็กยึดตรึงกระดูกสันหลังด้วยเกลียวสกรู (pedicle screw and rod fixation) ซึ่งดีกว่าการใส่ hook หรือการใส่โครงสร้างทางด้านหน้าเพียงอย่างเดียว เนื่องจากสามารถยึดกระดูกสันหลังได้ทั้งหมด 3 คอลัมน์ [8 – 10]

การผ่าตัดใส่เหล็กยึดตึงกระดูกสันหลังโดยทั่วไปมักทำในรูปแบบ short-segment posterior fixation คือ การยึดโครงสร้างเหนือตำแหน่งที่บาดเจ็บและใต้ตำแหน่งที่บาดเจ็บ 1 ข้อ ซึ่งมักทำในผู้ป่วยที่มีอายุน้อยและมีสุขภาพแข็งแรง ไม่มีปัญหาเรื่องการฟื้นฟูของกระดูกและมีความหนาแน่นของกระดูกที่แข็งแรง ซึ่งเกลียวสกรูสามารถยึดได้แข็งแรง การผ่าตัดทางด้านหลังอย่างเดียวนี้มักล้มเหลวในกลุ่มการบาดเจ็บของกระดูกแบบแตกกระจาย (burst fracture) เนื่องจากการขาดโครงสร้างสนับสนุนทางด้านหน้าเมื่อเทียบกับการทำ short-segment with intermediate screw หรือ long-segment posterior fixation[8] โดยมักจะทำการรักษาร่วมกับ transpedicular bone grafting หรือ cement augmentation หรือในกรณีที่ผู้ป่วยมีโรคกระดูกพรุน กระดูกสันหลังในส่วนที่ไม่ต้องกังวลเรื่องการขยับมาก หรือในกรณีที่กระดูกแตกหลายชิ้นส่วนแนะนำให้ยึดโครงสร้างเหนือตำแหน่งที่บาดเจ็บและใต้ตำแหน่งที่บาดเจ็บอย่างน้อย 2 ข้อ เพื่อลดภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้น

การฟื้นฟูความสูงของกระดูกสันหลังสามารถทำได้ผ่านการผ่าตัดทางด้านหลังด้วยการดัดเหล็กดามและยึดเกลียวสกรูแยกออกจากกันเพื่อแก้ไขภาวะกระดูกสันหลังค่อม (kyphosis) และป้องกันการยุบของกระดูกสันหลังในอนาคต ปัจจุบันเริ่มมีการใส่ pedicle screw ในฝั่งที่ไม่บาดเจ็บในข้อที่หักมากขึ้น (intermediate screw) โดยเฉพาะในกลุ่ม short-segment และในผู้ป่วยที่มีอายุมากกว่า 70 ปี หรือผู้ป่วยกระดูกพรุน ซึ่งแนะนำให้เพิ่มจำนวนสกรูหรือใส่ให้ลึกขึ้น โดยที่เส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียวสกรูมีผลมากกว่าความยาว

นอกจากนี้ยังสามารถทำการผ่าตัดผ่านทางด้านหลังด้วย posterolateral approach ทางด้านเดียวได้สำหรับกระดูกสันหลังช่วงอกข้อที่ 2 (T2) ลงไปถึงกระดูกสันหลังช่วงเอวข้อที่ 1 (L1) ด้วยการผ่าตัด costotransversectomy[11] ซึ่งสามารถลดการกดทับของเส้นประสาททั้งทางด้านหน้าและด้านหลัง (circumferential decompression) และยังสามารถใส่เหล็กยึดตรึงกระดูกสันหลังด้วยเกลียวสกรูได้ อีกทั้งการทำการเชื่อมข้อกระดูกสันหลังในทางด้านหลัง (dorsal fusion) มักไม่ทำร่วมกับการใส่เหล็กยึดตรึงกระดูกสันหลังในกรณีการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังช่วงอกและเอวจากอุบัติเหตุ

วิถีการเข้าผ่าตัดทางด้านหน้า *(Anterior approach)*

ข้อดีของการเข้าผ่าตัดทางด้านหน้า คือสามารถประเมินและแก้ไขฟื้นฟูความสูงของคอลัมน์หน้าของกระดูกสันหลังได้ รวมถึงสามารถลดการกดทับของช่องไขสันหลังทางด้านหน้า นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มพื้นที่ผิวให้กระดูกสันหลังเชื่อมต่อกันได้ดีขึ้น และช่วยแก้ไขภาวะกระดูกสันหลังค่อม (kyphosis) ซึ่งมีมุมโค้งมาก โดยสามารถเข้าผ่าตัดได้ทั้งทางด้านขวาและซ้าย แต่โดยทั่วไปจะแนะนำให้เข้าผ่าตัดทางด้านขวาในกรณีที่กระดูกสันหลังช่วงอกเพื่อหลีกเลี่ยงอวัยวะในระบบหัวใจและหลอดเลือด

โดยทั่วไปแล้วการผ่าตัดนิยมเข้าผ่าตัดทางด้านหลังเป็นหลัก ส่วนข้อบ่งชี้ในการผ่าตัดทางด้านหน้ามักมีส่วนประกอบดังนี้ เช่น การมีชิ้นส่วนกระดูกสันหลังที่แตกยื่นเข้าไปในช่องไขสันหลัง (bony retropulsion), ช่องไขสันหลังแคบมาก ภาวะกระดูกสันหลังค่อมมากกว่า 30 องศา กระดูกสันหลังแตกละเอียด เส้นประสาทถูกกดจากหมอนรองกระดูกสันหลังที่ฉีกขาดจากอุบัติเหตุ, หรือภาวะ conus medullaris ที่เกิดขึ้นจากการบาดเจ็บ[7]

วิธีการผ่าตัดในลักษณะนี้ประกอบด้วยการผ่าตัดกระดูกสันหลังทางด้านหน้าออกทั้งหมด (corpectomy) หรือการนำหมอนรองกระดูกสันหลังที่ฉีกออก (discectomy) หลังจากที่นำส่วนที่บาดเจ็บออกแล้ว จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เพื่อใส่แทนโครงสร้างที่ถูกนำออกไป เช่น กลุ่ม load-sharing devices เช่น interbody cage หรือกลุ่ม anterior column reconstruction เช่น structural bone graft ซึ่งสามารถเลือกใช้วัสดุจากกระดูกของผู้ป่วยเอง (autogenous) หรือวัสดุสังเคราะห์ (synthetic) ในบางกรณี การใส่ interbody cage ร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกหรือการใช้วัสดุทดแทน

กระดูกสามารถช่วยกระตุ้นกระบวนการเชื่อมข้อกระดูกสันหลังได้[12]

ส่วนการทำ anterior column reconstruction ยังเป็นประเด็นถกเถียงในวงการแพทย์ โดยการผ่าตัดจะได้ผลดีที่สุดในกรณีที่เกิดภาวะ non-union หรือกรณีที่รูปแบบการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังอยู่ในประเภท AO A2 หรือกรณีที่การผ่าตัดทางด้านหลังล้มเหลว[13 – 17]

วิถีการเข้าผ่าตัดทางด้านหน้าร่วมกับทางด้านหลัง *(Combined anterior and posterior approach)*

ข้อดีของการเข้าผ่าตัดทั้งทางด้านหน้าและทางด้านหลัง (circumferential fixation หรือ 360° fixation) คือสามารถลดการกดทับของเส้นประสาทได้อย่างเพียงพอ แก้ไขแนวของกระดูกสันหลัง และทำให้กระดูกสันหลังมั่นคงได้มากที่สุด การผ่าตัดในรูปแบบนี้มักให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บในประเภท AO A3, A4 เมื่อเทียบกับการผ่าตัดทางด้านหลังเพียงอย่างเดียว หรือในผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บที่กลุ่มรวมเส้นเอ็นด้านหลังในประเภท AO B2, C เมื่อเทียบกับการผ่าตัดทางด้านหน้าเพียงอย่างเดียว

หากประเมินจาก McCormack load-sharing score แล้วพบว่าได้คะแนนมากกว่า 6 คะแนน จึงสามารถเลือกทำการผ่าตัดทั้งทางด้านหน้าและด้านหลังร่วมกัน หรือเลือกทำการผ่าตัด long-segment posterior fixation แทนได้ การใช้เครื่องมือดามทั้งทางด้านหน้าและด้านหลังในกรณีนี้จะช่วยเพิ่มความมั่นคงและฟื้นฟูโครงสร้างกระดูกสันหลังให้กลับมาอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง อย่างไรก็ตาม การผ่าตัดวิถีนี้เป็นการผ่าตัดที่ท้าทายแพทย์ผู้ทำการผ่าตัดค่อนข้างมาก โดยมีข้อจำกัดที่เพิ่มเวลาในการผ่าตัดและมีโอกาสในการเกิดภาวะแทรกซ้อนเพิ่มขึ้น สุดท้ายแล้วการจะเข้าผ่าตัดทางด้านหลัง ด้านหน้า หรือทางด้านหน้าร่วมกับทางด้านหลังนั้นยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน เนื่องจากแต่ละวิถีมีทั้งข้อดีและข้อเสีย แต่ถ้าเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการผ่าตัด มีบางการศึกษาพบว่าการเข้าผ่าตัดทางด้านหลัง ใช้เวลาในการผ่าตัดและเสียเลือดระหว่างผ่าตัดน้อยกว่า ค่าใช้จ่ายในการผ่าตัดรวมไปถึงระยะเวลาในการนอนโรงพยาบาลน้อยกว่า แต่ผลลัพธ์อื่น ๆ พบว่าไม่ต่างกัน[18 – 22]

จากการรวบรวมงานวิจัยผ่าตัดกระดูกสันหลังแบบแผลเล็ก สามารถแบ่งโหมดการผ่าตัดออกเป็น 3 หมวดหลัก ดังนี้:

การลดการกดทับของเส้นประสาท *(Decompression)*

Tubular-based decompression

การผ่าตัดลดการกดทับของเส้นประสาทด้วยวิธีการสอดท่อร่วมกับกล้องจุลทรรศน์และทำ unilateral laminotomy เป็นหนึ่งในหัตถการทางการแพทย์ที่ใช้เทคนิคการผ่าตัดแบบแผลเล็ก (MIS) ซึ่งสามารถลดการกดทับของเส้นประสาทได้โดยตรง โดยเฉพาะในกรณีที่เกิดการบาดเจ็บที่กระดูกสันหลังช่วงเอว เทคนิคนี้ยังสามารถลดการกดทับของเส้นประสาททั้งสองฝั่งในกระดูกสันหลังได้ ซึ่งเรียกว่า “over the top” decompression ซึ่งมีประโยชน์ในการลดการฉีดขาดของกล้ามเนื้อและการเสียเลือดเมื่อเทียบกับการผ่าตัดแบบเปิด และยังช่วยลดความไม่มั่นคงของกระดูกสันหลังที่อาจต้องมีการเชื่อมข้อกระดูกสันหลังภายหลังการผ่าตัด[23]

การผ่าตัดแบบนี้ต้องมีการห้ามเลือดอย่างรัดกุมเพื่อป้องกันการเกิดก้อนเลือดหลังการผ่าตัด อุปกรณ์ที่ใช้ในหัตถการนี้ได้แก่ tubular retractor system ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18-22 มิลลิเมตร โดยมีความยาวของท่อและตัวถ่างขยายที่ใช้ในการมองเห็นที่แตกต่างกันไป กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ในการผ่าตัด และอุปกรณ์ซ่อม CSF รวมถึงเครื่องมือผ่าตัด MIS เฉพาะที่ใช้ในการผ่าตัดกระดูกสันหลัง หรือใช้กับกล้องจุลทรรศน์ร่วมด้วยได้ [24]

*Microendoscopic decompression (**หรือที่มักเรียกว่า** MED)*

การผ่าตัดนี้เป็นเทคนิคการผ่าตัดกระดูกสันหลังแบบแผลเล็กที่ใช้กล้อง endoscope ที่มีแหล่งกำเนิดแสงและกล้องถ่ายภาพต่อเข้าจอแสดงผล ร่วมกับ ท่อขยาย (tubular retractor system) ขยายช่องทางเข้าผ่านกล้ามเนื้อแทนการเลาะออก เพื่อช่วยให้ศัลยแพทย์สามารถมองเห็นและเข้าถึงจุดที่กดทับเส้นประสาทได้โดยไม่ต้องเปิดแผลกว้างเหมือนการผ่าตัดแบบเปิด โดยแผลจะมีขนาดเท่ากับหัวข้อด้านบน แต่ข้อดีคือสามารถเห็นบริเวณหรือส่วนกดทับได้ชัดเจนกว่าแบบแรก เนื่องจากใช้กล้อง endoscope เป็นตัวช่วยเพิ่มความขยายและความคมชัด แต่มีข้อจำกัดคือมี learning curve สูง (ต้องมีประสบการณ์กับ endoscopic technique) มุมมองการผ่าตัดที่จำกัดกว่าการผ่าตัดแบบเปิด และไม่เหมาะในกรณีที่มีการกดทับหลายระดับหรือความผิดปกติซับซ้อน[25]

Endoscopic decompression, including both full-endoscopic and biportal techniques

การผ่าตัดส่องกล้องในกระดูกสันหลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะในกรณีของหมอนรองกระดูกปลิ้นและช่องกระดูกสันหลังตีบแคบจากการที่กระดูกแตกกดช่องไขสันหลัง การผ่าตัดส่องกล้องยังสามารถแบ่งออกได้ตามแนวทางการเข้าผ่าตัด (approach) ได้แก่ transforaminal, interlaminar, anterior, posterior และ caudal โดยทฤษฎีแล้วแต่ละเทคนิคสามารถใช้ได้ทั้งในกระดูกสันหลังช่วงอกและช่วงเอว แต่การเลือกใช้เทคนิคต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของพยาธิสภาพเป็นหลัก[26 - 28]

การศึกษาล่าสุดได้ใช้ full endoscopic decompression ในการรักษาการบาดเจ็บประเภท AO A3, A4 ที่มีการบกพร่องของระบบประสาทพบว่า ถึงแม้จะใช้เวลาการผ่าตัดที่นานกว่าการผ่าตัดเปิดแบบปกติ แต่การเสียเลือดระหว่างผ่าตัด ความยาวแผลผ่าตัดและระยะเวลาในการนอนโรงพยาบาลพบว่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ และหลังประเมินนัดติดตามหลังผ่าตัดพบว่า VAS และ Oswestry disability index ดีกว่าเมื่อเทียบกับการผ่าตัดแบบเปิดส่วนความแคบของช่องไขสันหลังจากการถูกกด ความสูงของข้อกระดูกสันหลัง และมุม sagittal cobb หลังผ่าตัดและนัดติดตามครั้งสุดท้ายไม่ต่างกัน รวมถึงการฟื้นตัวของระบบประสาทตาม ASIA classification ก็พบว่าไม่ต่างกันอีกด้วย [29, 30]

***การใส่อุปกรณ์ยึดตรึงกระดูกสันหลัง** (Instrumentation)*

การใส่อุปกรณ์ยึดตรึงกระดูกสันหลังด้วยเกลียวสกรูในเทคนิค percutaneous pedicle screw fixation เป็นการใช้วิธีการเจาะรูผ่านผิวหนังแทนการผ่าตัดเปิดแผลใหญ่เพื่อใส่เกลียวสกรู ซึ่งมีข้อดีคือ ลดการทำลายเนื้อเยื่อรอบข้าง ลดการเจ็บปวดหลังผ่าตัด และลดระยะเวลาในการฟื้นตัวของผู้ป่วย โดยมีขั้นตอนการผ่าตัดดังนี้ (Figure 3)[31 – 37]

***การลงแผลผ่าตัดที่ผิวหนัง** (Skin incision)*

การผ่าตัด percutaneous pedicle screw fixation เริ่มจากการเลือกตำแหน่งการลงแผลผ่าตัดนอกต่อแนว pedicle โดยใช้ เครื่องฟลูออโรสโคป เพื่อยืนยันระดับของกระดูกสันหลังที่จะใส่เกลียวสกรู การลงแผลในช่วงอกมักจะใกล้กับแนว pedicle มากกว่าช่วงเอวที่มักลงแผลนอกต่อแนว pedicle มากขึ้น ในการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังประเภทที่ไม่มั่นคง ต้องระวังการยิงเกลียวสกรูให้แม่นยำ เนื่องจากอาจมีการเคลื่อนหรือหมุนของกระดูกสันหลัง ทำให้แนวยิงเกลียวสกรูผิดจากปกติได้ ก่อนการผ่าตัดต้องประเมินลักษณะของ pedicle ว่าสามารถยิงเกลียวสกรูผ่านได้หรือไม่

ในช่วงเอว การใส่เกลียวสกรูจะใช้ 4 เส้นบรรจบกัน ได้แก่ pars interarticularis, mamillary process, ขอบนอกของ superior articular facet และ เส้นกึ่งกลางของ transverse process ส่วนในช่วงอกล่างจุดเข้าในการยิงเกลียวสกรูจะประเมินจากจุดตัดกึ่งกลางของ facet joint และขอบบนของ transverse process โดยจะเข้าใต้ต่อและนอกจุดตัดนี้เล็กน้อย ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของกระดูกสันหลังที่ต้องการทำการผ่าตัด ซึ่งจุดเข้าจะขึ้นไปทางหัวมากขึ้นหากเป็นตำแหน่งอกช่วงบน

***การเข้าตำแหน่งผ่าตัด** (Exposure)*

การผ่าตัดเริ่มจากการใช้กรรไกรฝั่งที่อแยกชั้นไขมัน เยื่อหุ้มกล้ามเนื้อ และกล้ามเนื้อออกจนเห็นกระดูกสันหลัง จากนั้นใช้เข็มที่มีลักษณะท่อสอด (cannulated needles) เพื่อสอดที่ตำแหน่ง 3 นาฬิกาบนฝั่งขวา และ 9 นาฬิกาบนฝั่งซ้าย โดยการสอดเข็มจนถึงขอบในของ pedicle ตามการฉายภาพ และตรวจสอบตำแหน่งทั้งในแนวหน้าหลังและด้านข้าง แนวการเข้าผ่านส่วนแคบของ pedicle เข้าสู่กระดูกสันหลัง โดยต้องเล็งให้ถูกต้องในแนว transverse process ด้านตรงข้ามและขนานกับขอบบนของ endplate ขึ้นอยู่กับการหมุนของกระดูกสันหลัง ตำแหน่งในกระดูกสันหลังต่างๆ มีมุมการยิงแตกต่างกัน เช่น กระดูกเอวข้อที่ 5 (L5) สามารถเอียงได้ถึง 45 องศา ขณะที่กระดูกอกข้อที่ 5 (T5) มีมุมการยิงที่ 0 องศา

การสอดเข็มต้องหลีกเลี่ยงการทะลุด้านในที่อาจไปโดนเส้นประสาท หรือทะลุด้านหน้าของกระดูกสันหลัง ซึ่งอาจทำให้การใส่เกลียวสกรูมีความลึกเกินไป เมื่อเข็มผ่านไปถึงขอบหลังของกระดูกสันหลังแล้ว สามารถดันให้ถึงกลางกระดูกสันหลัง จากนั้นใส่ K-wire ผ่านเข็มที่มีท่อสอดแล้วนำเข็มออก หลังจากนั้นจึงสามารถใส่ cannulated pedicle screw ผ่าน K-wire ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ การตรวจสอบตำแหน่งในทุกขั้นตอนด้วยการใช้ถ่ายภาพรังสีฟลูออโรสโคฟเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อความแม่นยำในการผ่าตัดนี้ โดยการเลือกประเภทเกลียวสกรูขึ้นอยู่กับแพทย์ผู้ผ่าตัด โดยต้องพิจารณาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของเกลียวสกรูให้เหมาะสมกับแนวยิงที่ได้ตั้งไว้ตั้งแต่แรก

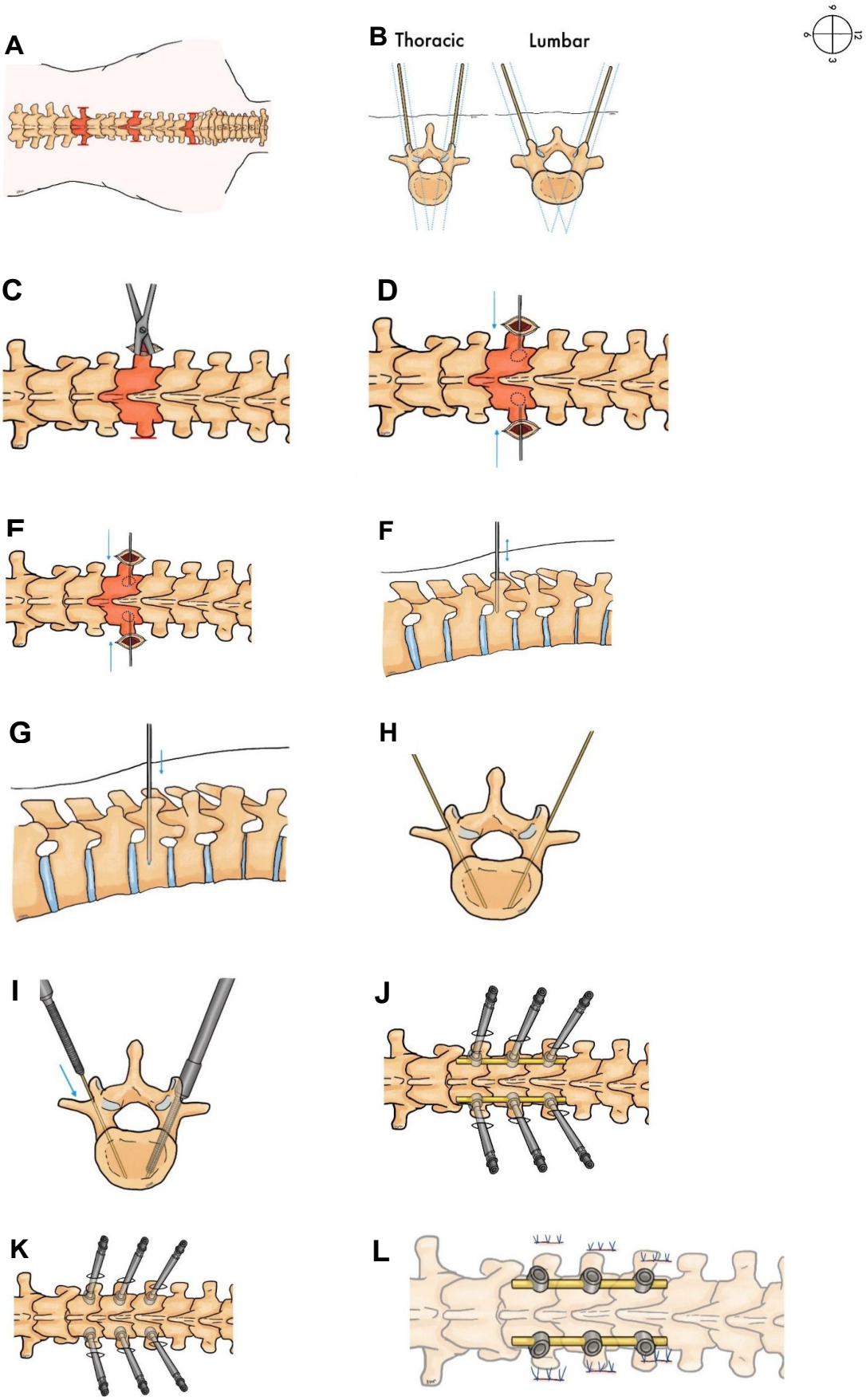

Figure 3. แสดงเทคนิคการผ่าตัดใส่เกลียวสกรูยึดตรึงกระดูกสันหลังด้วยวิธีการเจาะรูผ่านผิวหนัง (A – L) ในการผ่าตัดด้วยวิธี MIS (percutaneous pedicle screw fixation) (ดัดแปลงมาจาก AO foundation surgery reference.)

***การใส่แท่งเหล็ก** (Rod placement)*

การใส่แท่งเหล็กดามผ่านใต้ผิวหนังขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้และเทคนิคการผ่าตัดที่เลือกใช้ในการรักษา

***การปิดแผล** (Wound closure)*

การปิดแผลผ่าตัดจะทำการปิดตามแต่ละชั้นที่ได้เปิดไว้ระหว่างกระบวนการผ่าตัดเพื่อให้การสมานแผลเป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

***การผ่าตัดเพื่อเชื่อมข้อกระดูกสันหลัง** (Fusion surgery)*

การผ่าตัดเพื่อเชื่อมข้อกระดูกสันหลังมีสิ่งสำคัญในการเชื่อมอยู่ 3 สิ่ง ได้แก่ พื้นผิวของกระดูกสันหลังที่ต้องการเชื่อม (fusion bed) การปลูกถ่ายกระดูกหรือวัสดุทดแทนกระดูก (bone graft/bone substitute) และการใส่อุปกรณ์ยึดตรึงกระดูกสันหลังเพื่อให้เกิดความมั่นคง (stabilization) ดังนั้นการเชื่อมข้อกระดูกสันหลังในวิธีการผ่าตัดแบบ MIS จำเป็นต้องทำการใส่สกรูยึดกระดูกสันหลังแบบเจาะผ่านผิวหนัง (percutaneous pedicle screw fixation) ควบคู่ไปด้วย ซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการเชื่อมติดของข้อกระดูกสันหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังช่วงอกและเอวนั้น ยังเป็นข้อถกเถียงว่าการบาดเจ็บแบบใดที่ต้องเชื่อมหรือไม่เชื่อมข้อกระดูกสันหลัง โดยมีการศึกษาว่า AO B2 B3 และ C จำเป็นต้องมีการเชื่อมข้อกระดูกสันหลังทุกการผ่าตัด เนื่องจากมีความเสียหายของกลุ่มเส้นเอ็นทางด้านหลังเสมอ ทำให้กระดูกสันหลังไม่มั่นคงอย่างมาก ส่วน AO A3 และ A4 นั้น จากการศึกษาล่าสุดเปรียบเทียบการผ่าตัดเชื่อมข้อและไม่เชื่อมข้อกระดูกสันหลังที่ทำการผ่าตัด short-segment posterior fixation with intermediate screw พบว่าผลลัพธ์ทั้งการใช้งาน ภาพถ่ายรังสี ระบบประสาท และการล้มเหลวของการใส่อุปกรณ์ยึดตรึงกระดูกสันหลังพบว่าไม่ต่างกัน ส่วนข้อดีของการไม่เชื่อมข้อกระดูกสันหลัง คือ เวลาผ่าตัดน้อย เสียเลือดน้อย ไม่พบปัญหาบริเวณที่ปลูกถ่ายกระดูกและจำนวนข้อหลังผ่าตัดที่ขยับได้มากกว่า อย่างไรก็ตาม การบาดเจ็บประเภท AO B1 การศึกษาล่าสุดพบว่าการผ่าตัดยึดตรึงกระดูกสันหลังเพียงพอ เนื่องจากเป็น Chance fracture ที่มีความเสียหายของกระดูกเป็นหลัก (bony chance fracture) เปรียบเสมือนการบาดเจ็บ AO A3 และ A4 ซึ่งมีการเสียหายของ posterior tension band ที่กระดูกจึงสามารถทำการผ่าตัดที่ไม่เชื่อมข้อกระดูกสันหลังได้ [6, 38 – 40]

โดยขอแบ่งหลักการเชื่อมข้อกระดูกสันหลังตามตำแหน่งด้วยวิธี MIS ดังนี้

***กระดูกสันหลังช่วงอก** (Thoracic region; T2-T10)*

การผ่าตัดกระดูกสันหลังในระดับนี้มักสามารถเข้าถึงได้ทั้งด้านซ้ายและด้านขวา แต่โดยส่วนใหญ่มักเลือกเข้าทางด้านขวา โดยทั่วไปแล้วจะทำการกรีดเปิดแผลผ่าตัดในแนวขวาง (transverse) และกรีดเหนือข้อกระดูกสันหลังที่มีการบาดเจ็บสองชี่โครง หลังจากผ่านกล้ามเนื้อชั้นตื้นแล้ว จะทำการแยกปลอกกล้ามเนื้อระหว่างชี่โครงออกจากชี่โครงและยกขึ้นเพื่อปกป้องหลอดเลือดและเส้นประสาทที่วิ่งตามขอบล่างของชี่โครงบนช่องว่างระหว่างชี่โครงอาจจะต้องตัดชี่โครงหรือไม่ตัดก็ได้ ขึ้นอยู่กับกรณี จากนั้นจึงใส่เครื่องมือยึด (self-retaining retractor) เข้าไปและปล่อยลมออกจากปอดด้านที่ต้องการทำการผ่าตัด (แต่ไม่จำเป็นต้องทำในทุกกรณี) หลังจากยืนยันตำแหน่งด้วยภาพถ่ายฟลูออโรสโคฟแล้วจะทำการตัดหัวชี่โครงและชี่โครงบางส่วนเพื่อหาตำแหน่งของ pedicle และ foramen ด้านเดียวกันเพื่อเปิดมุมมองขอบหลังของกระดูกสันหลัง [การตัดชี่โครงสามารถนำมาใช้ในการปลูกถ่ายกระดูกเพื่อทำการสร้างโครงกระดูกส่วนหน้า (anterior column reconstruction) ได้] จากนั้นจึงทำการเอาหมอนรองกระดูกออก และใส่ interbody cage เพื่อทำการเชื่อมข้อกระดูกสันหลังต่อไป ในการผ่าตัดแบบ MIS สามารถใช้เทคนิค video-assisted thoracoscopic surgery (VATS) ร่วมในการผ่าตัดได้อีกด้วย [41 – 42]

***กระดูกสันหลังช่วงอกต่อเอว** (Thoracolumbar region; T10-L2)*

การผ่าตัดกระดูกสันหลังในระดับนี้นิยมเข้าทางด้านซ้าย โดยเริ่มจากการหาขอบซายโครงของชี่โครง จากนั้นทำการแยกออกทางด้านหน้า และแยกกล้ามเนื้อหน้าท้องออกจากกันจนเห็นชั้น transversalis fascia หลังจากนั้นจะทำการกรีดเปิดเล็กน้อยเพื่อแยกออกจากชั้น peritoneum โดยจะทำการผ่าตัดทางด้านหลังของ peritoneum หลังจากนั้นจะตลบท่อไต (ureter) มาทางด้านหน้าชิดกับ peritoneum และแยกกะบังลมออกจากกัน โดยให้เหลือปลายไว้เพื่อเย็บและหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บต่อ phrenic nerve โดยไม่ให้ใกล้จุดกึ่งกลางของกะบังลมมากเกินไป จากนั้นจึงใส่ tubular retractor และเช็คตำแหน่งอีกครั้ง แยกกล้ามเนื้อ psoas ออกจากกันไปทางหน้าหลัง เพื่อเผยให้เห็น pedicle และ foramen จากนั้นจึงหาขอบหลังของกระดูกสันหลังที่บาดเจ็บได้

***กระดูกสันหลังช่วงเอว** (Lumbar region; L1-L5)*

การผ่าตัดกระดูกสันหลังในช่วงระหว่างอกและเอวนั้นมีลักษณะคล้ายกัน แต่ไม่จำเป็นต้องแยกชายโครงออกจากกัน โดยเริ่มจากการแยกชั้นกล้ามเนื้อหน้าท้องได้เลย และดำเนินตามขั้นตอนจนเห็นขอบหลังของกระดูกสันหลัง สำหรับ L2 และ L3 โดยปกติแล้วจะเข้าผ่าตัดทางด้านซ้ายโดยไม่ต้องแยกกะบังลมออกจากกัน ส่วน L4 สามารถเข้าผ่าตัดได้หลายวิธี เช่น การเข้าผ่าตัดในลักษณะเดียวกับ L2 หรือ L3 หรือสามารถเข้าทาง paramedian retroperitoneum ก็ได้ และหากผู้ป่วยนอนหงายก็สามารถทำการผ่าตัดในลักษณะเดียวกับการผ่าตัดช่วงเอวต่อกระเบนเหน็บ

หลังจากประเมินตำแหน่งที่จะทำการผ่าตัดเรียบร้อยแล้ว จึงต้องทำการประเมินอีกครั้งเพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมสำหรับการผ่าตัดเชื่อมข้อกระดูกสันหลัง ซึ่งมีการเชื่อมข้อทั้งทาง anterior approach ที่เราเรียกว่า interbody fusion (โดยสามารถเลือกวิธีที่เหมาะสมกับแต่ละกรณีและลักษณะการบาดเจ็บของผู้ป่วยคล้ายกับการผ่าตัดในกลุ่มกระดูกสันหลังเสื่อมได้ เช่น DLIF/XLIF/LLIF, OLIF, MIS-TLIF และ MIDLIF with CBT technique)[43] และ posterior approach เช่น PL fusion หรือ facet fusion แต่ทว่ามีการศึกษาของ facet fusion ซึ่งยังไม่สามารถแก้ไขแนวกระดูกและคงผลการยึดตรึงแนวกระดูกสันหลังในผู้ป่วยที่มีกระดูกสันหลังบาดเจ็บจากอุบัติเหตุได้[44]

ภาวะแทรกซ้อนหลังการผ่าตัดที่พบบ่อย ได้แก่ การที่ตำแหน่งของสกรูผิดที่ซึ่งการใช้ระบบวิถี (navigation)[45] สามารถช่วยลดการเกิดอุบัติการณ์ดังกล่าวได้ โดยการทำให้การวางตำแหน่งของสกรูมีความแม่นยำมากขึ้น ภาวะแทรกซ้อนที่พบบ่อยอีกประการคือ การติดเชื้อหลังผ่าตัด ซึ่งพบว่าในทั้งการผ่าตัดเปิดและการผ่าตัดส่องกล้องมีอัตราการติดเชื้อที่ต่ำเมื่อเทียบกับการผ่าตัดในกรณีอุบัติเหตุอื่น ๆ โดยมีอัตราการติดเชื้อประมาณน้อยกว่าร้อยละ 5 เนื่องจากกระดูกสันหลังมีหลอดเลือดและมีเนื้อเยื่อที่คลุมบริเวณผ่าตัดที่ดี รวมถึงการให้ยาฆ่าเชื้อก่อนและหลังการผ่าตัดทุกครั้ง ซึ่งช่วยป้องกันการติดเชื้อได้เป็นอย่างดี

ภาวะแทรกซ้อนอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น ไขสันหลังบาดเจ็บหลังการผ่าตัด, เลือดออกหลังผ่าตัด, หรือน้ำไขสันหลังรั่ว (cerebrospinal fluid leak) ซึ่งสามารถเกิดจากการกระทบกระเทือนบริเวณที่ทำการผ่าตัดหรือภาวะที่มีความเสี่ยงจากการผ่าตัดประเภทนี้

***วิธีการผ่าตัดแบ่งตามกลไกการบาดเจ็บด้วยวิธี** MIS*

ผู้เขียนอ้างอิงจาก Denis three-column classification และ AO Spine classification แบ่งกลไกการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ 1) burst fracture (AO A3, A4) เกิดจากแรงกดทับทำให้กระดูกสันหลังแตกและกดทับเส้นประสาท; 2) chance fracture/flexion-distraction (AO B) เกิดจากการดึงหรือแยกห่างระหว่างกระดูกและหมอนรองกระดูกสันหลัง; และ 3) translation/dislocation (AO C) เกิดจากการเคลื่อนหรือหลุดของกระดูกสันหลังจากตำแหน่งปกติ ซึ่งช่วยในการประเมินและกำหนดแนวทางการรักษาที่เหมาะสม ดังนี้

***การบาดเจ็บแตกกระจายออกจากแรงกดทับ** (burst fracture; AO A3 และ A4)*

เนื่องจากการบาดเจ็บชนิดนี้เสียโครงสร้างทางด้านหน้าเป็นหลัก แต่เนื่องจากโครงสร้างทางด้านหลังเป็นฝั่ง tension side จึงสามารถเข้าผ่าตัดได้ทั้งทางด้านหลัง ด้านหน้า หรือทั้งสองทางร่วมกัน โดยการเข้าผ่าตัดทางด้านหลังเริ่มต้นด้วยการยึดโครงสร้างเหนือต่อตำแหน่งที่บาดเจ็บและใต้ต่อตำแหน่งที่บาดเจ็บ 1 ข้อ (ในกรณีของ MIS สามารถทำเป็น percutaneous pedicle screw fixation) ในผู้ป่วยที่มีคุณภาพกระดูกดีและเกลียวสกรูสามารถจับกระดูกได้แน่น โดยเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่ไม่มีอาการทางระบบประสาท และ load-sharing score ≤ 6 ส่วนในผู้ป่วยที่มีอาการทางระบบประสาทหรือ load-sharing score > 6 แนะนำให้ยึดโครงสร้างยาวขึ้น หรือพิจารณาผ่าตัดเข้าทางด้านหน้าร่วมด้วย หรือใช้โครงสร้างสั้นแต่เพิ่ม intermediate screw ในกระดูกสันหลังข้อที่หัก (ทำได้ในกรณีที่ไม่มีการเสียหายของ pedicle) หากเกลียวสกรูจับกระดูกได้ไม่ดีหรือไม่สามารถแก้ไขด้วยการผ่าตัดทางด้านหน้าได้ แนะนำให้ยึดโครงสร้างเหนือต่อตำแหน่งที่บาดเจ็บและใต้ต่อตำแหน่งที่บาดเจ็บ 2 ข้อ หากมีอาการทางระบบประสาทหรือช่องไขสันหลังตีบแคบมาก แนะนำให้ทำ laminectomy และหากมีการบาดเจ็บของเยื่อหุ้มไขสันหลังจะไม่สามารถทำ MIS ได้ (Figure 4)[46 – 49]

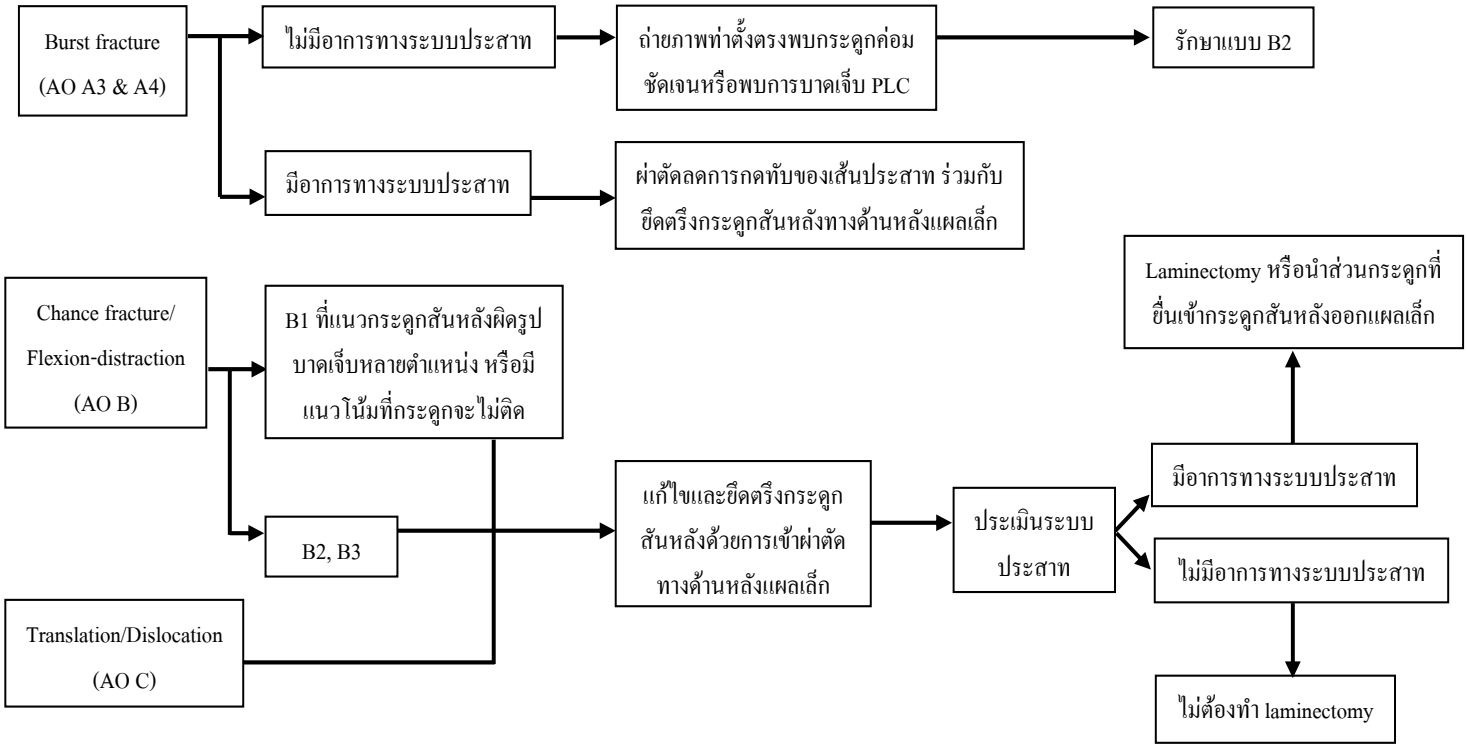

Figure 4. แนวทางในการรักษาด้วยวิธีการผ่าตัดโดยแบ่งตามกลไกการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังทั้ง 3 ประเภทโดยประยุกต์ใช้กับวิธีผ่าตัดแบบ MIS.

ส่วนการเข้าผ่าตัดทางด้านหน้าสามารถแก้ไขการกดทับเส้นประสาทได้จากการทำ corpectomy และ discectomy และยังสามารถใส่โครงสร้างหรือหมอนรองกระดูกเทียมเพื่อเสริมโครงสร้างทางด้านหน้าได้ ซึ่งมักจะแนะนำใน AO A4 มากกว่า AO A3 กรณีที่ผ่าตัดด้านหลังร่วมกับด้านหน้า มักทำในเคส burst fracture ที่มีชิ้นส่วนกระดูกสันหลังที่แตกยื่นเข้าไปในช่องไขสันหลังขนาดใหญ่ร่วมกับอาการทางระบบประสาท โดยทำเป็น corpectomy ร่วมกับใส่อุปกรณ์ยึดตรึงกระดูกสันหลังทางด้านหลัง หรือบางครั้งอาจเลือกทำ laminectomy แทน

การบาดเจ็บจากการงอและเคลื่อนแยกห่าง (chance fracture/ flexion-distraction; AO B)

การบาดเจ็บลักษณะ B มักมีการบาดเจ็บของกลุ่มเส้นเอ็นด้านหลังร่วมด้วย ซึ่งต้องการการแก้ไขแนวกระดูกและยึดตรึงกระดูกสันหลังด้วยการผ่าตัดทางด้านหลัง และหากมีลักษณะ A ร่วมด้วย อาจต้องเสริมโครงสร้างทางด้านหน้าเพื่อลดหลังค่อม และอาการปวดหลังจากการลดแรงตึงของแรงดึงด้านหลังและลดแรงต้านของกระดูกสันหลังที่ค่อมลง การบาดเจ็บลักษณะ B1 สามารถยึดกระดูกทางด้านหลังโดยไม่ต้องเชื่อมข้อ (ทำ MIS ได้) โดยยึดโครงสร้างเหนือต่อตำแหน่งที่บาดเจ็บและใต้ต่อตำแหน่งที่บาดเจ็บ 1 ข้อ เนื่องจากมีศักยภาพที่กระดูกจะติดสูง ส่วนการบาดเจ็บลักษณะ B2 ควรยึดโครงสร้างเหนือต่อตำแหน่งที่บาดเจ็บและใต้ต่อตำแหน่งที่บาดเจ็บอย่างน้อย 1 ข้อและแนะนำให้เชื่อมข้อกระดูกสันหลัง เนื่องจากความมั่นคงหลังการรักษามักแย่กว่า B1 และควรยึดโครงสร้าง 2 ข้อขึ้นไปหากข้อกระดูกสันหลังข้างเคียงการบาดเจ็บยุบ หรือมีภาวะผิดปกติของการเมแทบอลิซึมของกระดูก ส่วนการบาดเจ็บลักษณะ B3 มักพบในผู้ป่วยโรคข้อกระดูกสันหลังอักเสบชนิดติดยึด (ankylosing spondylitis; AS) หรือโรคข้อกระดูกสลาย (diffuse idiopathic skeletal hyperostosis; DISH) ซึ่งควรเลือกการเข้าผ่าตัดทางด้านหลังเสมอ แม้ไม่ใช่ด้าน tension side เนื่องจากสามารถแก้ไขหลังค่อมได้มากกว่า

และกระดูกของผู้ป่วยที่คุณภาพไม่ดี จึงจำเป็นต้องยึดโครงสร้างเหนือต่อตำแหน่งที่บาดเจ็บและใต้ต่อตำแหน่งที่บาดเจ็บ 2 - 3 ข้อ โดยสามารถทำ MIS ได้ในรายที่ไม่มีอาการทางระบบประสาท เพื่อลดการเสียเลือด เวลาผ่าตัด และการให้เลือด ซึ่งผลลัพธ์ไม่ต่างในเรื่องการนอนโรงพยาบาลหรือผลข้างเคียง แต่หากมีอาการทางระบบประสาท แนะนำให้ทำ MRI ก่อนเพื่อประเมิน epidural hematoma ซึ่งมีโอกาสเกิดได้ประมาณร้อยละ 10 หากไม่สามารถทำได้ให้พิจารณาทำ CT myelogram หรือผ่าเปิด laminectomy (Table 2)[50, 51]

เทคโนโลยีช่วยผ่าตัดด้วยภาพ 3 มิติและระบบนำวิถี (3D and navigation)

การผ่าตัดในปัจจุบันเริ่มนำระบบนำวิถีด้วยคอมพิวเตอร์ (computer-assisted navigation, CAN) มาใช้มากขึ้นในการใส่อุปกรณ์ดามเหล็กยึดตรึงกระดูกสันหลัง โดยเฉพาะในการผ่าตัด MIS ซึ่งช่วยลดการได้รับรังสีจากการผ่าตัดและเพิ่มความแม่นยำในการใส่เกลียวสกรูรายแรกที่ใช้ระบบนี้และประสบความสำเร็จเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2538 ในการผ่าตัดเปิดใส่เกลียวสกรู และในปี พ.ศ. 2560 หลายบริษัทได้พัฒนาระบบนำวิถีใหม่ ๆ เพื่อลดอัตราการทะลุของเกลียวสกรูและระยะเวลาการผ่าตัด โดยผลลัพธ์ทางระบบประสาทไม่แตกต่างจากก่อนหน้านี้และยังช่วยลดอัตราการผ่าตัดซ้ำได้อีกด้วย ในปี พ.ศ. 2566 ได้มีการใช้ระบบนำวิถีในการผ่าตัดผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังโดยวิถีเข้าผ่าตัดทางด้านหลัง พบว่าการใช้ระบบนำวิถีขณะผ่าตัดร่วมกับการฉายรังสีที่ทันสมัย สามารถใส่เกลียวสกรูได้มีความแม่นยำมากสามารถหลีกเลี่ยงการผ่าตัดแก้ไขซ้ำอีกทั้งยังสามารถลดเวลาและปริมาณรังสีที่ศัลยแพทย์จะได้รับลงได้ แต่ระยะเวลาผ่าตัดและภาวะแทรกซ้อนหลังผ่าตัดพบว่าไม่ต่างกันเมื่อเทียบการผ่าปกติ ในปี พ.ศ. 2567 Luchmann D. และคณะ ได้นำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และเครื่อง X23D เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติของกระดูกสันหลังจากภาพถ่ายรังสี 4 ภาพ เพื่อวางแผนการใส่เกลียวสกรูผ่าน pedicle ในระบบ real-time ซึ่งในการศึกษาเปรียบเทียบความแม่นยำกับการผ่าตัดตามปกติพบว่าไม่มีความแตกต่างในอัตราการทะลุ, ตำแหน่งจาก CT หลังผ่าตัด เวลาผ่าตัด หรือปริมาณรังสี แต่แพทย์พอใจในระบบนี้มากกว่าเล็กน้อย ในอนาคตอาจมีการใช้ CT คู่กับ MRI เพื่อนำวิถีในกลุ่มเนื้อเยื่ออ่อนที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระดูกหรือการใช้หุ่นยนต์ในการผ่าตัดเพิ่มเติม[48, 55 - 56, 57-61]

Table 2. แนวทางในการรักษาด้วยวิธีการผ่าตัดโดยแบ่งตามกลไกการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังทั้ง 3 ประเภท ซึ่งแบ่งตามหมวดการผ่าตัดออกเป็น 3 หมวดหลัก ได้แก่ การใส่อุปกรณ์ยึดตรึงกระดูกสันหลัง (fixation segment; Instrumentation), การผ่าตัดเพื่อเชื่อมข้อกระดูกสันหลัง (fusion) และการลดการกดทับของเส้นประสาท (decompression).

Type of injury		Approach	Fixation segment	Fusion	Decompression	Remark
A	A3	Posterior, anterior, combined	- LSS ≤ 6: Short	No	Laminectomy, Corpectomy/ Discectomy (anterior)	- Dura tear - > no MIS! - Consider anterior column reconstruction - B3: MRI for evaluate epidural hematoma (10.0%)
	A4		- LSS > 6: Long/ Combined/short + intermediate screw			
B	B1	Posterior	Short	No	Laminectomy	
	B2		Short/long	Yes		
	B3		Long	Yes/no		
C			Long	Yes		

เทคโนโลยีผสานโลกแห่งความจริงและเสมือนจริงและจำลองภาพเสมือนจริงแบบ 360 องศา

เทคโนโลยีความจริงเสริม (augmented reality; AR) ได้รับการใช้อย่างแพร่หลายในการผ่าตัดกระดูกสันหลัง โดยสามารถซ้อนทับคอมพิวเตอร์กราฟิกกับโลกจริงและทำงานร่วมกับการผ่าตัด MIS ได้ดีเยี่ยม โดย AR ช่วยให้แพทย์ได้รับข้อมูลย้อนกลับทั้งทางเสียงและการสัมผัสและยังสามารถใช้ร่วมกับระบบนำวิถีทั่วไปหรือหุ่นยนต์ในการผ่าตัดได้อีกด้วย งานวิจัยเกี่ยวกับ AR พบว่า มีการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ช่วยในการนำวิถีและเพิ่มความแม่นยำในการสร้างภาพผ่าตัด 3 มิติ เพื่อช่วยในการวางแผนผ่าตัดรวมถึงใช้ในการสอนแพทย์และเพิ่มความปลอดภัยในการผ่าตัดลดความเสี่ยงของผู้ป่วยหลังผ่าตัด ขณะที่ (virtual reality; VR) (การจำลองภาพเสมือนจริง) ช่วยในการวางแผนผ่าตัดล่วงหน้า ลดการสัมผัสรังสีและเวลาผ่าตัด และมีประโยชน์ในการผ่าตัดผู้ป่วยกลุ่มเนื้องอก การฉีดซีเมนต์ หรือการเก็บชิ้นเนื้อจากกระดูก อย่างไรก็ตาม ยังต้องการการศึกษาคุณภาพและเทคนิคขั้นต่ำที่แพทย์ต้องสามารถทำได้ รวมถึงการวิจัยเกี่ยวกับการใส่เกลียวสกรูและเทคโนโลยีที่สามารถตรวจจับความผิดพลาดของการลงทะเบียนอุปกรณ์ (registration)[59 – 62]

เทคโนโลยีช่วยผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์ (Robotic-assisted surgery)

การใช้หุ่นยนต์ช่วยในการผ่าตัดกระดูกสันหลังจากอุบัติเหตุเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้แพทย์สามารถมองเห็นภาพการผ่าตัดได้อย่างคมชัดและแม่นยำแบบทันที รวมถึงแสดงภาพสามมิติของกระดูกสันหลังในระหว่างการผ่าตัด ส่งผลให้ภาวะแทรกซ้อนลดลง ใช้เวลาผ่าตัดน้อยลง ผู้ป่วยฟื้นตัวได้เร็ว และสามารถผ่าตัดที่มีความซับซ้อนได้อย่างแม่นยำ แม้จะมีข้อจำกัดบางประการ เช่น ต้องอาศัยความชำนาญสูงของแพทย์ และผู้ป่วยต้องรับการตรวจ CT scan ก่อนผ่าตัดซึ่งเพิ่มปริมาณรังสีที่ได้รับ รวมถึงความเสี่ยงจากการลงทะเบียนข้อมูลที่อาจผิดพลาด แต่โดยรวมแล้วการผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์ยังถือว่าปลอดภัยและมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการรักษากระดูกสันหลังในอนาคต โดยในปี พ.ศ. 2568 มีการศึกษาที่ใช้หุ่นยนต์ในการผ่าตัดผู้ป่วยบาดเจ็บกระดูกสันหลังชนิด A3 ที่ไม่มีการพร่องของระบบประสาทด้วยเทคนิค percutaneous pedicle screw fixation เปรียบเทียบกับเทคนิค freehand พบว่าการผ่าตัดโดยใช้หุ่นยนต์ร่วมด้วยสามารถลดระยะเวลาการผ่าตัด ภาวะเลือดออก การยิงสกรูผิดพลาด การยุบตัวของกระดูกสันหลังที่แตก และมุม Cobb หลังผ่าตัด 1 อาทิตย์และ 12 เดือน แต่อย่างไรก็ตาม การล้มเหลวของอุปกรณ์ยึดตึงกระดูก การลดปวด และการใช้งานที่ 1 อาทิตย์และ 12 เดือน พบว่าไม่ต่างกัน[63 – 65]

สรุป

การผ่าตัดเปิดแผลเล็กในปัจจุบันเป็นที่นิยมมากขึ้น โดยแบ่งออกเป็นสามหมวดหลัก ได้แก่ การลดการกดทับเส้นประสาท (decompression) การใช้เครื่องมือดาม (instrumentation) และการเชื่อมข้อกระดูกสันหลัง (fusion) การเลือกวิธีผ่าตัดจะขึ้นอยู่กับลักษณะการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังของผู้ป่วย แพทย์ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบว่าการผ่าตัดเปิดแผลเล็กนั้นเหมาะสมกับผู้ป่วยหรือไม่ โดยมีเทคโนโลยีใหม่ ช่วยในการผ่าตัดแผลเล็กมากขึ้น ซึ่งเป้าหมายหลักคือ ลดการเจ็บปวดจากการกระทบกระเทือนเนื้อเยื่อรอบข้าง ขณะเดียวกันยังสามารถแก้ไขพยาธิสภาพได้ ลดการเสียเลือด ลดความเสี่ยงการติดเชื้อจากแผลเล็กและฟื้นตัวเร็วขึ้น รวมถึงลดระยะเวลาในการนอนโรงพยาบาลและภาวะแทรกซ้อนระหว่างการผ่าตัด อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความแม่นยำในการผ่าตัด อย่างไรก็ตาม การผ่าตัดแผลเล็กยังต้องการความชำนาญสูง ใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์เสริมที่มาก ซึ่งส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายที่สูงตามมา

เอกสารอ้างอิง

1. Wendt K, Nau C, Jug M, Pape HC, Kdolsky R, Thomas S, Bloemers F, Komadina R. ESTES recommendation on thoracolumbar spine fractures: January 2023. Eur J Trauma Emerg Surg 2024;50:1261–75.
2. McAfee PC, Yuan HA, Fredrickson BE, Lubicky JP. The value of computed tomography in thoracolumbar fractures: an analysis of one hundred consecutive cases and a new classification. J Bone Joint Surg Am 1983;65:461–73.
3. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, Dvorak M, Schnake K, Bellabarba C, et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. Spine (Phila Pa 1976) 2013;38:2028–37.

4. Daher M, Aoun M, Cottrill EJ, Wang Z, Hurley RK, Lavelle WF, et al. Minimally invasive versus open surgery for thoracolumbar fractures treatment: a meta-analysis of randomized controlled trials and prospective studies. Spine (Phila Pa 1976) 2025;50: 412–9.
5. Esposito F, Bove I, Vitulli F, Bocchino A, Barbanera A, Nape S, et al. Outcome measures of open versus minimally invasive surgery for thoracolumbar spinal traumatic fractures: a systematic review and meta-analysis. J Clin Med 2024;13:5558.
6. Carazzo CA, Yurac R, Guiroy A, Zamorano JJ, Cabrera JP, Joaquim AF. Minimally invasive versus open surgery for the treatment of types B and C thoracolumbar injuries: a PRISMA systematic review. Int J Spine Surg 2021;15:803–10.
7. Court-Brown CM, Heckman JD, McQueen MM, Ricci WM, Tornetta P, editors. Rockwood and Green's fractures in adults. 10th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2019.
8. Kapoen C, Liu Y, Bloemers FW, Deunk J. Pedicle screw fixation of thoracolumbar fractures: conventional short segment vs short segment with intermediate screws. A systematic review and meta-analysis. Eur Spine J 2020;29:2491–504.
9. Roy-Camille R, Berteaux D, Saillant G. Unstable fractures of the spine. Surgical methods. Synthesis of the injured dorso-lumbar spine by plates screwed into vertebral pedicles. Orthop Traumatol Surg Res 2014;100:23–5.
10. Dong J. The choices of the indications and approach of operation in thoracolumbar fracture. Zhongguo Gu Shang 2009;22:485–7. Chinese.
11. Canale ST, Beaty JH, editors. Campbell's operative orthopaedics. 14th ed. Philadelphia: Elsevier; 2017.
12. Pan XM, Li W, Huang X, Deng SL, Qu B, Fan L, et al. Single-level anterior interbody fusion and fixation in the treatment of thoracolumbar fractures. J Back Musculoskelet Rehabil 2014;27:499–505.
13. Smits A, Noor A, Bakker F, Deunk J, Bloemers F. Thoracoscopic anterior stabilization for thoracolumbar fractures in patients without spinal cord injury: quality of life and long-term results. Eur Spine J 2018;27:1593–603.
14. Stauffer ES. The classic: current concepts review: internal fixation of fractures of the thoracolumbar spine. 1984. Clin Orthop Relat Res 2006;443:135–8.
15. McGuire RA Jr. The role of anterior surgery in the treatment of thoracolumbar fractures. Orthopedics 1997;20:959–62.
16. Feil J, Wörsdörfer O. Ventrale Stabilisierung im Bereich der Brust- und Lendenwirbelsäule [Ventral stabilization in the area of the thoracic and lumbar spine]. Chirurg 1992;63:856–65. German.
17. Lindtner RA, Mueller M, Schmid R, Spicher A, Zegg M, Kammerlander C, et al. Monosegmental anterior column reconstruction using an expandable vertebral body replacement device in combined posterior–anterior stabilization of thoracolumbar burst fractures. Arch Orthop Trauma Surg 2018;138: 939–51.
18. Mishra S, Mishra PK, Verma VK, Issrani M, Prasad SS, Hodigere VC. Surgical decision-making in thoracolumbar fractures: a systematic review of anterior and posterior approach. J Orthop Case Rep 2025;15:204–11.
19. Kar BK, Goyal RL, Gaurav P, Pandey P, Mishra A, Chouhan D. Approach to junctional fractures in spine: a systematic review and meta-analysis. J Clin Orthop Trauma 2025;62:102900.
20. Wang T, Wang Z, Ji P, Zhang J, Zhang C, Zhang L. The efficacy and safety of anterior versus posterior approach for the treatment of thoracolumbar burst fractures: a systematic review and meta-analysis. Ann Transl Med 2022;10:309.
21. Roblesgil-Medrano A, Tellez-Garcia E, Bueno-Gutierrez LC, Villarreal-Espinosa JB, Galindo-Garza CA, et al. Thoracolumbar burst fractures: a systematic review and meta-analysis on the anterior and posterior approaches. Spine Surg Relat Res 2021;6:99–108.

22. Verheyden AP, Spiegl UJ, Ekkerlein H, Gercek E, Hauck S, Josten C, et al. Treatment of fractures of the thoracolumbar spine: recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). Global Spine J 2018;8 2 Suppl:34S–45S.
23. Zhang B, Zou H, Kong W, Wang C, Wu F, Ye S, et al. Decompression by mini-open posterior approach assisted with microscope for thoracolumbar burst fracture with severe spinal canal stenosis. Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi 2018;32:468–75. Chinese.
24. Li X, Guan Z, Chen X, Chen B, Kong L, Han J, et al. Modified minimally invasive technique for decompression and reduction of thoracolumbar burst fracture with neurological symptoms: technical note. J Orthop Surg Res 2021;16:626.
25. LÜ H, Zhao F, Cao J, Zhang D, Xiao F, Li C. Spinal canal decompression with microendoscopic discectomy and pillar vertebral space insertion for thoracolumbar neglected fracture. Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi 2012;26:1420–4. Chinese.
26. Beisse R. Endoscopic surgery on the thoracolumbar junction of the spine. Eur Spine J 2010;19 Suppl 1:S52–S65.
27. Ahn Y. Current techniques of endoscopic decompression in spine surgery. Ann Transl Med. 2019 Sep;7 Suppl 5:S169.
28. Bai G, Qiu X, Wei G, Jing X, Hu Q. Unilateral biportal endoscopic treatment of complications in a patient with lumbar burst fracture with pedicle screw repositioning and fixation: a case report. Interdiscip Neurosurg 2023;34:101837.
29. Yang H, Miao J, Wang J, Han D, Wang Y, Yan L, et al. Endoscopic decompression combined with percutaneous pedicle screw fixation for AOSpine A3 or A4 thoracolumbar fractures with neurological deficits: a retrospective cohort study. Neurospine 2025;22:571–82.
30. Tian D, Zhong H, Zhu B, Chen L, Jing J. Unilateral biportal endoscopic technique combined with percutaneous transpedicular screw fixation for thoracolumbar burst fractures with neurological symptoms: technical note and preliminary report. J Orthop Surg Res 2023;18:584.
31. Pelegri C, Benchikh El Fegoun A, Winter M, Brassart N, Bronsard N, Hovorka I, et al. Percutaneous osteosynthesis of lumbar and thoracolumbar spine fractures without neurological deficit: surgical technique and preliminary results. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 2008;94:456–63. French.
32. Wang B, Fan Y, Dong J, Wang H, Wang F, Liu Z, et al. A retrospective study comparing percutaneous and open pedicle screw fixation for thoracolumbar fractures with spinal injuries. Medicine (Baltimore) 2017 ;96:e8104.
33. Ni WF, Huang YX, Chi YL, Xu HZ, Lin Y, Wang XY, et al. Percutaneous pedicle screw fixation for neurologic intact thoracolumbar burst fractures. J Spinal Disord Tech 2010;23:530–7.
34. Gui Q, Su X, Lu Z, He J. Comparison between minimally invasive percutaneously and open pedicle screw fixation of thoracolumbar fracture: Prospective comparative study protocol. Medicine (Baltimore) 2020;99:e23403.
35. Wang J, Zhou Y, Zhang ZF, Li CQ, Zheng WJ, Liu J. Radiological study on disc degeneration of thoracolumbar burst fractures treated by percutaneous pedicle screw fixation. Eur Spine J 2013;22:489–94.
36. Yin N, Du L, Pan M, Xue F, Shen Y, Ding L. Minimally invasive technique of monoaxial percutaneous screws and instrumentational maneuvers in thoracolumbar and lumbar fractures. Injury 2022;53:4028–32.
37. Phan K, Rao PJ, Mobbs RJ. Percutaneous versus open pedicle screw fixation for treatment of thoracolumbar fractures: systematic review and meta-analysis of comparative studies. Clin Neurol Neurosurg 2015;135:85–92.

38. Mkochi VL, Sharma H, Gonzalez AG, Wu HH. Posterior fixation and fusion (PFF) versus combined anterior and posterior fixation and fusion (CAPFF) for type B and C thoracolumbar spine injuries: a systematic review and meta-analysis. J Orthop Surg Res 2025;20:453.
39. Jonayed S, Choudhury AAM, Hasan MZ, Alam MS. Fusion versus non-fusion for thoracolumbar burst fractures treated with short-segment posterior instrumentation including the fracture level. Cureus 2025;17:e82331.
40. Sharif S, Shaikh Y, Yaman O, Zileli M. Surgical techniques for thoracolumbar spine fractures: WFNS spine recommendations. Neurospine 2021;18: 667–80.
41. Wali Z, Yen D. Thoracotomy and mini radial diaphragm incision for anterior decompression and stabilization of fractures of the thoracolumbar spine: technical note. J Trauma 2010 ;68:734–5.
42. BÜhren V. Thorakoskopische Versorgung von Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule [Thoracoscopic management of fractures of the thoracic and lumbar spine]. Langenbecks Arch Chir Suppl Kongressbd 1998;115:108–12. German.
43. Mobbs RJ, Phan K, Malham G, Seex K, Rao PJ. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. J Spine Surg 2015;1:2–18.
44. Cavanaugh D, Usmani MF, Weir TB, Camacho J, Yousaf I, Khatri V, et al. Radiographic evaluation of minimally invasive instrumentation and fusion for treating unstable spinal column injuries. Global Spine J 2020;10:169–76.
45. Rawicki N, Dowdell JE, Sandhu HS. Current state of navigation in spine surgery. Ann Transl Med 2021;9:85.
46. Dobran M, Nasi D, Brunozzi D, di Somma L, Gladi M, Iacoangeli M, et al. Treatment of unstable thoracolumbar junction fractures: short-segment pedicle fixation with inclusion of the fracture level versus long-segment instrumentation. Acta Neurochir (Wien) 2016;158:1883–9.
47. Özbek Z, Özkara E, Önner H, Baş G, Erman İC, Özen H, et al. Treatment of unstable thoracolumbar fractures: does fracture-level fixation accelerate the bone healing? World Neurosurg 2017;107:362–70.
48. Loibl M, Korsun M, Reiss J, Gueorguiev B, Nerlich M, Neumann C, et al. Spinal fracture reduction with a minimal-invasive transpedicular Schanz screw system: clinical and radiological one-year follow-up. Injury 2015;46 Suppl 4:S75–S82.
49. La Maida GA, Luceri F, Ferraro M, Ruosi C, Mineo GV, Misaggi B. Monosegmental vs bisegmental pedicle fixation for the treatment of thoracolumbar spine fractures. Injury 2016 ;47 Suppl 4:S35–S43.
50. Evaniew N, Kitzen J, Buckley R. Percutaneous fixation vs ORIF and fusion for an AO type B thoracolumbar fracture without neurologic injury. Injury 2022;53: 2413–5.
51. Zhang JG, Lai BH, Pan JH, Qiu BC, Ye J. [Pedicle fixation without bone fusion for the treatment of thoracolumbar fractures through paraspinal approach]. Zhongguo Gu Shang 2012;25:984–7. Chinese.
52. Richter PH, Gebhard F. Einsatz von Navigation in der Traumatologie an der Wirbelsäule [Application of navigation in the fractured spine]. Oper Orthop Traumatol 2023;35:29–36. German.
53. Brunken F, Mandelka E, Bullert B, Gruetzner PA, Vetter SY, Gierse J. Comparison of 3D-navigation and fluoroscopic guidance in percutaneous pedicle screw placement for traumatic fractures of the thoracolumbar junction. Brain Spine. 2024;4: 102769.
54. Lee CY, Wu MH, Li YY, Cheng CC, Hsu CH, Huang TJ, et al. Intraoperative computed tomography navigation for transpedicular screw fixation to treat unstable thoracic and lumbar spine fractures: clinical analysis of a case series (CARE-compliant). Medicine (Baltimore) 2015;94:e757.

55. Wang HC, Yang YL, Lin WC, Chen WF, Yang TM, Lin YJ, et al. Computer-assisted pedicle screw placement for thoracolumbar spine fracture with separate spinal reference clamp placement and registration. Surg Neurol 2008;69:597–601;
56. Ye X, Gaewsky JP, Jones DA, Miller LE, Stitzel JD, Weaver AA. Computational modeling and analysis of thoracolumbar spine fractures in frontal crash reconstruction. Traffic Inj Prev 2018;19 sup2:S32–S39.
57. Luchmann D, Jecklin S, Cavalcanti NA, Laux CJ, Massalimova A, Esfandiari H, et al. Spinal navigation with AI-driven 3D-reconstruction of fluoroscopy images: an ex-vivo feasibility study. BMC Musculoskelet Disord 2024;25:925.
58. Shin BJ, James AR, Njoku IU, Härtl R. Pedicle screw navigation: a systematic review and meta-analysis of perforation risk for computer-navigated versus freehand insertion. J Neurosurg Spine 2012;17: 113–22.
59. Azad TD, Warman A, Tracz JA, Hughes LP, Judy BF, Witham TF. Augmented reality in spine surgery – past, present, and future. Spine J 2024;24:1–13.
60. De Jesus Encarnacion Ramirez M, Chmutin G, Nurmukhametov R, Soto GR, Kannan S, Piavchenko G, et al. Integrating augmented reality in spine surgery: redefining precision with new technologies. Brain Sci 2024;14:645.
61. Avrumova F, Lebl DR. Augmented reality for minimally invasive spinal surgery. Front Surg 2023;9:1086988.
62. McCloskey K, Turlip R, Ahmad HS, Ghenbot YG, Chauhan D, Yoon JW. Virtual and augmented reality in spine surgery: a systematic review. World Neurosurg 2023;173:96–107.
63. Gajjar AA, Le AHD, Lavadi RS, Boddeti U, Barpujari A, Abou-Al-Shaar H, et al. Evolution of robotics in spine surgery: a historical perspective. Interdiscip Neurosurg 2023;33:101721.
64. Diaz-Aguilar LD, Brown NJ, Bui N, Alvandi B, Pennington Z, Gendreau J, et al. The use of robot-assisted surgery for the unstable traumatic spine: a retrospective cohort study. N Am Spine Soc J 2023;15:100234.
65. Liu P, Hu J, Zhang W, Lin S, Yu Y, Tang L, et al. Robot-assisted percutaneous pedicle screw fixation in thoracolumbar burst fractures: a comparative study. Sci Rep 2025;15:23175.