

Review article

Surgical management and decision making in osteoporotic vertebral compression fracture

Parinya Phitchayanon, Weerasak Singhatanadgige*

Department of Orthopaedic, King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society, Bangkok, Thailand

Abstract

Osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF) is a common condition in the elderly. Although it can often be managed conservatively, some patients may experience severe pain, progressive kyphosis, or neurological injury. In these cases, surgical treatment plays a crucial role. Current treatment guidelines, such as those from The German Society of Orthopaedics and Trauma (DGOU), often use the Osteoporotic Fracture (OF) classification based on fracture morphology to guide decisions between conservative and surgical management and to recommend specific operative techniques. Various surgical modalities exist, including cement augmentation (vertebroplasty/kyphoplasty), posterior instrumentation and fusion, and anterior instrumentation and fusion. However, surgery in osteoporotic patients is highly challenging due to an increased risk of implant failure and pseudarthrosis (non-union). The surgeon's decision-making is critical. This review article will discuss the various studied surgical techniques and the evidence-based, accepted guidelines for managing patients with OVCF.

Keyword: OVCF, osteoporosis.

*Correspondence to: Weerasak Singhatanadgige, Department of Orthopaedic, King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society, Bangkok 10330, Thailand.

E-mail: dr.weerasaks@gmail.com

Received: July 20, 2025

Revised: October 15, 2025

Accepted: November 6, 2025

บทฟื้นฟูวิชาการ

แนวทางการรักษาและการผ่าตัดในภาวะกระดูกสันหลังยุบ จากโรคกระดูกพรุน

ปริญญญา พิษยานนท์, วีรศักดิ์ สิงหนัดกิจ*

ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

ภาวะกระดูกสันหลังยุบจากโรคกระดูกพรุนเป็นภาวะที่พบได้บ่อยในผู้สูงอายุ ภาวะนี้สามารถรักษาด้วยวิธีอนุรักษ์นิยมได้ แต่อย่างไรก็ตามในผู้ป่วยที่มีกระดูกสันหลังยุบบางรายอาจมีอาการปวดมาก กระดูกสันหลังค่อมมากขึ้น หรือมีการบาดเจ็บของเส้นประสาท การรักษาด้วยวิธีการผ่าตัดจึงมีส่วนสำคัญในการรักษาผู้ป่วยเหล่านี้ แนวทางการรักษาในปัจจุบันนิยมอ้างอิงตาม The German Society of Orthopaedics and Trauma (DGOU) ซึ่งพิจารณาจากลักษณะการยุบตัวของกระดูกสันหลังตาม osteoporotic fracture (OF) classification เป็นหลักในการตัดสินใจการรักษาแบบอนุรักษ์นิยมหรือการผ่าตัด และช่วยแนะนำวิธีการผ่าตัดอีกด้วย ปัจจุบันมีวิธีการรักษาด้วยวิธีการผ่าตัดหลายรูปแบบ เช่น การใส่ซีเมนต์เข้าไปในกระดูกสันหลัง การผ่าตัดใส่เหล็กตามกระดูกสันหลังจากทางด้านหลัง และการใส่เหล็กตามและเชื่อมต่อกระดูกจากทางด้านหน้า เป็นต้น ซึ่งการผ่าตัดในผู้ป่วยกระดูกพรุนนั้นมีความท้าทายสูง เนื่องจากการใส่เหล็กตามในกระดูกของผู้ป่วยกระดูกพรุนนั้นมีโอกาสเสี่ยงในการเกิดการถอน หรือการเคลื่อนของเหล็กตามและภาวะกระดูกไม่ติดที่สูงกว่าปกติ ดังนั้นในรายละเอียดของการผ่าตัดกระดูกสันหลังในกลุ่มผู้ป่วยกระดูกพรุนนั้นจึงแตกต่างจากผู้ป่วยปกติ การตัดสินใจของศัลยแพทย์ว่าจะใช้วิธีการรักษาอย่างไรจึงเป็นสิ่งสำคัญ บทความวิชาการนี้จะได้กล่าวถึงการผ่าตัดในแต่ละวิธีที่ผ่านการศึกษา และแนวทางการรักษาผู้ป่วยภาวะกระดูกสันหลังยุบจากโรคกระดูกพรุน โดยอ้างอิงหลักฐานทางวิชาการและเป็นที่ยอมรับ

คำสำคัญ: ภาวะกระดูกสันหลังยุบ, โรคกระดูกพรุน.

ภาวะกระดูกสันหลังยุบจากกระดูกพรุนมักพบได้ในผู้ที่มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป โดยมีอุบัติการณ์ในสหรัฐอเมริกา 7 แสนคนต่อปี หรือเป็น 5 - 10 คนต่อ 1,000 ประชากรต่อปี^(1, 2) ผู้ป่วยส่วนใหญ่มักไม่ได้รับการวินิจฉัยหรือเป็น false negative diagnosis ถึงร้อยละ 34⁽³⁾ อาจเป็นเพราะส่วนใหญ่ผู้ป่วยไม่มีอาการ หรือมีอาการปวดหลังแต่ไม่มีประวัติอุบัติเหตุชัดเจน บางครั้งผู้ป่วยอาจให้ประวัติว่ามีอาการปวดหลังหลังจากเพียงแค่ไอหรือจามเพียงเท่านั้น^(4, 5) ซึ่งหากไม่ได้รับการรักษากระดูกพรุน ผู้ป่วยมีความเสี่ยงในการเกิดกระดูกสันหลังยุบเพิ่มเติมได้อีก ร้อยละ 19.2 ต่อปี⁽⁶⁾ การวินิจฉัยจึงเป็นสิ่งสำคัญโดยการส่งเอกซเรย์ การส่ง computed tomography scan (CT scan) มีประโยชน์ในแง่ของการประเมินโครงสร้างกระดูกและอายุความเก่าของรอยหัก ส่วน magnetic resonance imaging (MRI) มีประโยชน์ในการประเมินการบาดเจ็บของเส้นประสาทและวินิจฉัยแยกโรคอื่น เช่น ภาวะติดเชื้อและโรคมะเร็ง⁽⁵⁾ และการส่งตรวจมวลกระดูก (bone mass density, BMD) นั้นควรส่งทันทีเมื่อวินิจฉัยภาวะกระดูกสันหลังยุบ เพื่อทำการเริ่มรักษากระดูกพรุนเลยทันที⁽⁷⁾

การรักษาแบบอนุรักษ์นิยมมักเป็นวิธีการรักษาเริ่มต้นในภาวะกระดูกสันหลังยุบ การนอนราบ (Bed rest) เป็นวิธีที่มีประโยชน์ในการลดความปวดแต่ยังขาดหลักฐานคุณภาพสูงที่บ่งบอกระยะเวลาที่แน่นอนและการนอนนานอาจทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนได้⁽⁸⁾ การใช้อุปกรณ์พยุงกาย (bracing) มีประโยชน์ในการลดความเจ็บปวดหากใช้ในระยะสั้น แต่ในระยะยาวอาจไม่เกิดประโยชน์⁽⁹⁾ และพบว่าประสิทธิภาพในการลดปวดของการนอนราบและใส่อุปกรณ์พยุงกายนั้นไม่แตกต่างกัน⁽¹⁰⁾ การออกกำลังกายกล้ามเนื้อหลังมีส่วนช่วยทำให้ป้องกันกระดูกสันหลังยุบซ้ำในอนาคตแต่ควรค่อยๆ ปรับระดับตามความปวดโดยเฉพาะในช่วง 3 เดือนแรก^(11, 12) การให้ยาแก้ปวดในกลุ่ม nonsteroidal anti-inflammatory drugs และ acetaminophen เป็นกลุ่มแรกที่นำมาใช้ จากนั้นจะเป็นกลุ่ม opioid หากอาการปวดยังคงควบคุมไม่ได้⁽¹³⁾ การให้ยากกลุ่ม calcitonin เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์มีประโยชน์ในการลดอาการปวด ลดความเสี่ยงกระดูกสันหลังยุบซ้ำ และเพิ่มมวลกระดูก⁽¹⁴⁾ และสุดท้ายการรักษาโรคกระดูกพรุนโดยการให้ยาควบคู่กันไปเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการป้องกันกระดูกสันหลังยุบตัวและกระดูกหักในตำแหน่งอื่นๆ

การรักษาโดยการผ่าตัดนั้นมีข้อบ่งชี้ คือ 1) ผู้ป่วยกระดูกสันหลังยุบที่มีอาการปวดมากหลังรักษาแบบ

อนุรักษ์นิยมแล้ว 6-8 สัปดาห์⁽¹⁵⁾; 2) อาการปวดจากกระดูกไม่ติด (non-union); 3) มีอาการทางระบบประสาท (neurological deficit); 4) มีภาวะความไม่มั่นคงของกระดูกสันหลัง (spinal instability); และ 5) มีภาวะ kyphotic deformity การผ่าตัดแบ่งออกเป็นสองกลุ่มหลัก คือ การใส่ซีเมนต์เข้าไปในกระดูกสันหลัง (cement augmentation) เช่นการทำ vertebroplasty และ kyphoplasty และการใส่เหล็กตามกระดูกสันหลัง (vertebral instrumentation)⁽¹⁴⁾ แนวทางการรักษาที่เป็นที่นิยมในปัจจุบันมักอ้างอิงตาม The German Society of Orthopaedics and Trauma (DGOU) เสนอแนวทางการรักษาตาม osteoporotic fracture (OF) classification โดยคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ คือ ลักษณะการยุบตัว ความหนาแน่นกระดูก อาการทางระบบประสาท ความปวด และความสามารถในการเคลื่อนไหวของผู้ป่วย รวมถึงปัจจัยทางสุขภาพของผู้ป่วย⁽¹⁶⁾ มาร่วมพิจารณาในการเลือกวิธีการรักษาจึงทำให้เป็นที่นิยมในกลุ่มศัลยแพทย์กระดูกสันหลังเป็นอย่างมาก

ประเภทของกระดูกสันหลังยุบจากโรคกระดูกพรุน

การแบ่งประเภทของกระดูกสันหลังยุบจากโรคกระดูกพรุนนั้นเริ่มมีการแบ่งประเภทแรกเริ่มโดย Genant HK. และคณะ⁽¹⁷⁾ โดยแบ่งตามรูปร่างและการยุบตัวของกระดูกสันหลัง แต่ไม่สามารถใช้ประกอบแนวทางการรักษาได้ ต่อมา Tsukasa K. และคณะ⁽¹⁸⁾ ได้เสนอการแบ่งประเภทตามตำแหน่งรอยโรคในกระดูกสันหลังที่เห็นได้จากภาพคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสามารถบ่งบอกถึงความมั่นคงของกระดูกสันหลังได้จากตำแหน่งรอยโรค พบว่ารอยโรคที่อยู่ส่วนหลังของกระดูกสันหลังหรือรอยโรคที่กินพื้นที่ทั้งหมดของกระดูกสันหลังนั้นมีความไม่มั่นคงสูง การแบ่งประเภทต่อมาของ Makoto S. และคณะ⁽¹⁹⁾ แบ่งรอยโรคของกระดูกสันหลังจากภาพเอกซเรย์ พิจารณาจากลักษณะการยุบตัวเพื่อบ่งบอกถึงพยากรณ์โรคหากรักษาผู้ป่วยด้วยวิธีอนุรักษ์นิยมพบว่าพยากรณ์โรคไม่ดีในกลุ่มที่มีการยุบตัวแบบ swell-front, bow-shape, และ projecting type

ปัจจุบันการแบ่งประเภทของกระดูกสันหลังยุบจากโรคกระดูกพรุนที่เป็นที่นิยมจะอ้างอิงจาก Osteoporotic fracture (OF) classification นำเสนอโดย The German Society of Orthopaedics and Trauma (DGOU)

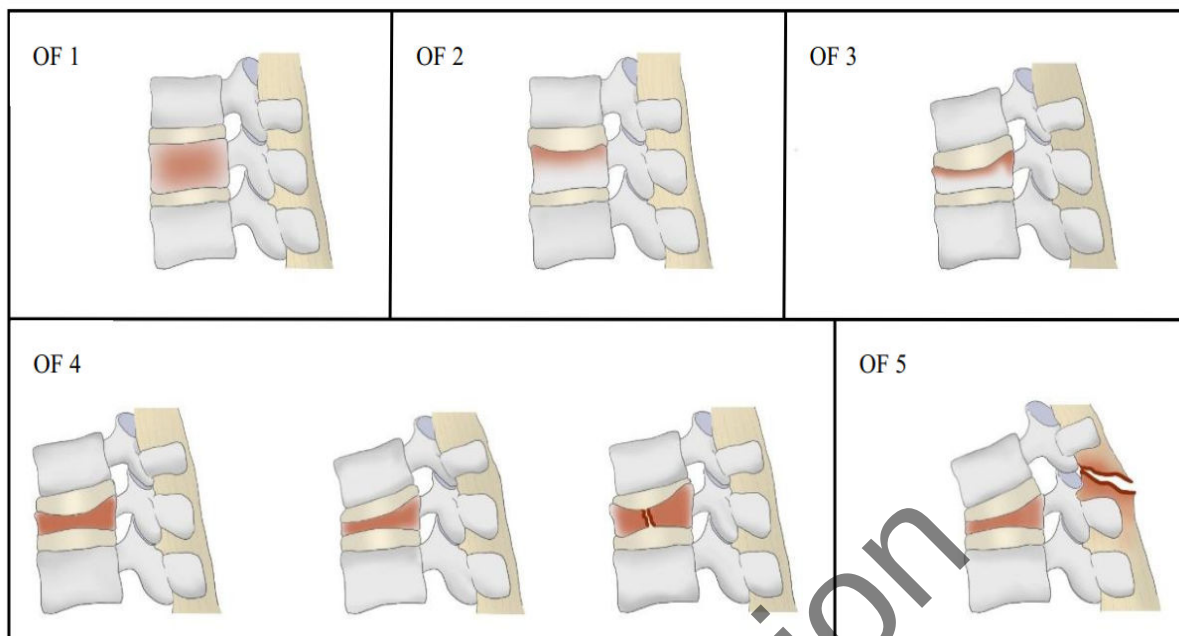


Figure 1. การแบ่งประเภท Osteoporotic fracture (OF) classification ตาม The German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU).

เนื่องจากสามารถใช้ประกอบกับแนวทางการรักษาได้ โดยแบ่งประเภทลักษณะการยุบตัวของกระดูกสันหลังจาก เอ็กซเรย์ท่ายืน (Figure 1) ⁽²⁰⁾ แบ่งออกเป็นดังนี้

OF 1 มีสัญญาณการบาดเจ็บในกระดูกสันหลังที่เห็นได้จาก ภาพคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงทาง โครงสร้างของกระดูกสันหลังที่พบได้จากภาพถ่ายรังสี

OF 2 ขอบกระดูกสันหลังด้านบนหรือล่างผิดปกติและมีผนัง ส่วนหลังของกระดูกสันหลังยุบตัวน้อยกว่า 1/5 เท่าของ ความสูงกระดูกสันหลัง

OF 3 ขอบกระดูกสันหลังด้านบนหรือล่างผิดปกติและมีผนัง ส่วนหลังของกระดูกสันหลังยุบตัวมากกว่า 1/5 เท่าของ ความสูงกระดูกสันหลัง

OF 4 แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ประเภทแรกมีขอบกระดูก สันหลังด้านบนและล่างผิดปกติและมีผนังส่วนหลังยุบตัวลง ทำให้สูญเสียความแข็งแรงของโครงสร้างกระดูกสันหลัง ประเภทสองเป็นภาวะที่เกิดการยุบตัวของกระดูกสันหลัง โดยสมบูรณ์ ประเภทสามมีการแยกตัวของกระดูกสันหลัง ซึ่งทำให้เสียความมั่นคงของกระดูกสันหลัง มีลักษณะ การผิดปกติของขอบกระดูกสันหลังด้านบนและล่าง โดยที่อาจไม่ต้องการยุบตัวของผนังส่วนหลัง มีชื่อเรียก เฉพาะว่า Pincer type หรือ Split type

OF 5 เกิดการบาดเจ็บต่อคอลัมน์ด้านหลังของกระดูก สันหลังคือมีกระดูกหักหรือเส้นเอ็นยึดฉีกขาดร่วมด้วย ทำให้กระดูกสันหลังสูญเสียความมั่นคงเป็นอย่างมาก

Osteoporotic fracture (OF) classification-based scoring system

DGOU เสนอแนวทางการรักษาตาม Osteoporotic Fracture (OF) Classification-Based Scoring System ⁽¹⁶⁾ ตาม Table 1 โดยหากคะแนนรวม OF score น้อยกว่า 6 คะแนน แนะนำให้รักษาแบบอนุรักษ์นิยม คะแนนรวม OF score เท่ากับ 6 คะแนนพิจารณาการรักษาแบบอนุรักษ์นิยม หรือผ่าตัดตามความเหมาะสม คะแนนรวม OF score มากกว่า 6 คะแนน แนะนำรักษาแบบผ่าตัด ทั้งนี้จากเอ็กซเรย์ ควรเป็นท่ายืนและหลังจากคำนวณคะแนนครั้งแรกแล้ว ควรประเมินหลังจากนั้นอีก 4 - 7 วัน เนื่องจากคะแนนอาจมีการเปลี่ยนแปลงและมีผลต่อแนวทางการรักษา มีการศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของการใช้ OF score ในการเป็นแนวทางการรักษาพบว่ามีประสิทธิภาพที่ดี และสามารถใช้งานได้จริง โดยเฉพาะในการแยกกลุ่ม ที่สามารถรักษาแบบอนุรักษ์นิยมได้ ^(21, 22) ในการศึกษา EOFTT ⁽²²⁾ พบว่าในกลุ่มผู้ป่วยที่ OF score 6 คะแนน ซึ่งสามารถรักษาได้ทั้งสองแนวทาง ศัลยแพทย์จะตัดสินใจ

Table 1. Osteoporotic fracture (OF) classification–based scoring system ดัดแปลงเป็นภาษาไทย จาก Global spine journal 2018. ⁽¹⁶⁾

พารามิเตอร์	ระดับ	คะแนน
ประเภทกระดูกสันหลังยุบ (OF 1-5)	1-5	2-10 (ระดับของ OF คู่ผดอง)
ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD)	T score < - 3	1
กระดูกสันหลังยุบตัวมากขึ้น	ใช่	1
	ไม่ใช่	-1
ระดับความเจ็บปวด	VAS ≥ 4	1
(Visual analog scale, VAS) (ภายใต้การใช้ยาแก้ปวด)	VAS < 4	-1
ภาวะการกดทับเส้นประสาท	ใช่	2
ผู้ป่วยสามารถเคลื่อนไหวได้	ใช่	1
(ภายใต้การใช้ยาแก้ปวด)	ไม่ใช่	-1
สถานะสุขภาพของผู้ป่วย 5 รายการ	ASA > 3; ภาวะสมองเสื่อม; ดัชนีมวลกาย < 20 กก/ม ² ; ผู้ป่วยติดเตียง; การใช้ยาต้านการแข็งตัวของเลือด	แต่ละรายการหัก -1; หักสูงสุด -2

OF, osteoporotic fracture; BMD, bone mass density; ASA, The American Society of Anesthesiologists physical status classification system.

ผ่าตัดเมื่อผู้ป่วยมีความปวดแกร็บ visual analog scale ≥ 6 รวมทั้งในกลุ่มที่ OF score อยู่ในกลุ่มแนะนำให้ผ่าตัด แต่ผู้ป่วยได้รับการรักษาแบบอนุรักษ์นิยมเพราะมีความปวด visual analog scale < 6 และมี functional outcome ดี ใน EOFTT ได้เสนอว่าควรมีการปรับเปลี่ยน cut-off value ของ visual analog scale ที่เท่ากับ 4 คะแนนใน OF score ในอนาคต และแสดงให้เห็นว่า OF score เป็นเพียงแนวทางในการรักษา แต่การตัดสินใจนั้นขึ้นอยู่กับสภาพผู้ป่วยแต่ละคน

นอกจากนี้ทาง DGOU ยังมีคำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการรักษาโดยการผ่าตัดลงในรายละเอียดของในแต่ละประเภทของ OF ดังนี้ ใน OF 1 และ 2 แนะนำการรักษาแบบอนุรักษ์นิยม แต่ถ้ามีข้อบ่งชี้ในการผ่าตัดแนะนำให้ใช้วิธี cement augmentation ใน OF 3 แนะนำการรักษาแบบผ่าตัดโดยวิธีใส่เหล็กตาม Short segment posterior instrumentation และอาจทำ cement augmentation ในกระดูกสันหลังข้อที่หักร่วมด้วย หรือใน OF 3 ที่กระดูกสันหลังไม่มีการหักเพิ่มเติม นั้นสามารถทำ cement augmentation อย่างเดียวได้

ใน OF 4 แนะนำการรักษาโดยการผ่าตัด ซึ่งแยกประเภทย่อยของ OF 4 เป็น 3 ประเภท 1) loss of

vertebral frame structure แนะนำให้ short segment posterior instrumentation ร่วมกับ cement augmentation หรือทำ long segment posterior instrumentation ซึ่งคือการใส่เหล็กตามเพิ่มไปอีกอย่างน้อย 2 ระดับบนและล่างต่อระดับที่กระดูกยุบ; 2) vertebral body collapse แนะนำให้ long segment posterior instrumentation แต่หากสามารถ postural reduction กลับมาได้สามารถใช้วิธี short segment posterior instrumentation ร่วมกับ cement augmentation หรือทำเป็น posterior instrumentation ร่วมกับ anterior reconstruction; 3) pincer type แนะนำให้ทำ posterior instrumentation และอาจทำ anterior reconstruction ร่วมด้วย ในการศึกษาของ EOFTT พบว่าผู้ป่วย OF; และ 4) ยังสามารถรักษาอนุรักษ์นิยมได้ ถ้าความปวด VAS < 6 และได้ผลการรักษาที่ดี แม้ว่าจะมีภาวะแทรกซ้อนเกี่ยวกับระบบประสาทตามมาได้ถึงร้อยละ 14 แต่มีภาวะแทรกซ้อนรวมร้อยละ 19 ซึ่งน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับการผ่าตัดที่มีภาวะแทรกซ้อนร้อยละ 35 อันเกิดจากกระดูกหักในข้อถัดมาหรือภาวะแทรกซ้อนจากเหล็กตามในส่วนการผ่าตัดพบว่าวิธีที่ใช้ผ่าตัดแต่ละแบบต่างได้ผลลัพธ์ที่ดี ⁽²³⁾

ใน OF 5 แนะนำให้รักษาแบบการผ่าตัดโดยวิธี long segment posterior instrumentation หรือ short segment posterior instrumentation ร่วมกับ cement augmentation หรือ anterior reconstruction ในการศึกษา EOFTT พบว่า แม้ว่าจะมีหลายการศึกษาแนะนำให้ผ่าแบบ long segment แต่ก็พบว่า short segment สามารถใช้ผ่าตัดแล้วได้ผลลัพธ์ที่ดีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของกระดูกสันหลังที่ยุบ โรคประจำตัวและสภาพร่างกายของผู้ป่วย ที่ศัลยแพทย์จะใช้ประเมินในการเลือกวิธีการผ่าตัดให้กับผู้ป่วยแต่ละราย⁽²⁴⁾

ที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นนี้ ในการใส่เหล็กตาม (vertebral instrumentation) ไม่จำเป็นต้องเชื่อมข้อ (fusion) ดังนั้นการผ่าตัดอาจจะสามารถทำแบบเจาะรูแผลเล็ก (percutaneous) หรือแบบเปิด (open) ก็ได้ ในกรณีที่มีการบาดเจ็บต่อเส้นประสาทแนะนำให้ decompression และเชื่อมข้อ (fusion) ไปด้วย ถ้าหากมีกระดูกยุบหลายตำแหน่งให้ใส่เหล็กตามควรรวมกระดูกที่ยุบทั้งหมด และในคนไข้ที่เป็น ankylosing spondylitis แนะนำให้ผ่าตัดวิธี long segment posterior instrumentation

Cement augmentation

ในปี พ.ศ. 2527 Deramond H. และคณะ⁽²⁵⁾ คิดค้นวิธี vertebroplasty เป็นวิธีการฉีดซีเมนต์ polymethyl methacrylate (PMMA) เข้าไปในกระดูกสันหลังที่ในกลุ่ม

โรค hemangioma ในปี พ.ศ. 2541 วิธี kyphoplasty ถูกคิดค้นโดยใช้บอลูนเข้าไปข้างขยายกระดูกสันหลังที่ยุบตัวก่อนที่จะใส่ซีเมนต์เข้าไป ทั้งสองวิธีเป็นการใส่ซีเมนต์เข้าไป (Figure 2) เพื่อให้เพิ่มความแข็งแรงและลดอาการปวด จึงสามารถใช้รักษาโรคกระดูกสันหลังยุบจากกระดูกพรุนได้ ระยะเวลาที่เหมาะสมที่แนะนำสำหรับการทำ vertebroplasty คือ 3 สัปดาห์ หรือไม่เกิน 4 เดือน⁽²⁶⁾ การใส่ซีเมนต์จะใส่ผ่าน pedicle หรือเรียกว่า transpedicular approach เข้าไปที่ vertebrae มีการศึกษาการใส่ซีเมนต์จากฝั่งเดียวเทียบกับสองฝั่ง (unipedicular เทียบกับ bipedicular approach) พบว่าให้ผลลัพธ์ทางคลินิกไม่แตกต่างกัน จึงมีการศึกษาที่แนะนำให้ฉีดซีเมนต์จากฝั่งเดียว (unipedicular approach) ก็เพียงพอ^(27, 28) อย่างไรก็ตามในบางกรณีกระดูกสันหลังยุบตัวมากและมีการยุบตัวของฝั่งซ้ายและขวาไม่เทียบเท่ากัน การฉีดซีเมนต์ทั้งสองฝั่ง (bipedicular approach) สามารถเพิ่มการกระจายตัวของซีเมนต์ได้ดีกว่าเพิ่มความแข็งแรงของซีเมนต์ในกระดูกสันหลังและลดการเกิดกระดูกสันหลังยุบซ้ำได้⁽²⁹⁾ และซีเมนต์ที่ใช้นั้นควรมีความหนืดสูง (high viscosity) เนื่องจากมีการศึกษา randomized controlled trial ของ Alhashash M, และคณะ⁽³⁰⁾ พบว่าการใช้ซีเมนต์ความหนืดต่ำ (low viscosity) นั้นมีโอกาสรั่วไหลของซีเมนต์มากกว่าซีเมนต์ที่มีความหนืดสูง

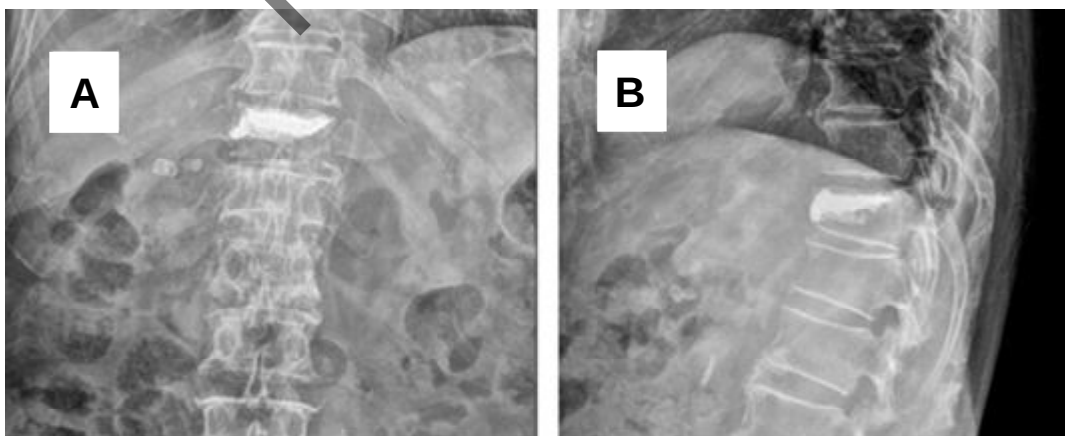


Figure 2. ภาพถ่ายรังสีหลังการทำ kyphoplasty (A) anteroposterior view; (B) lateral view.

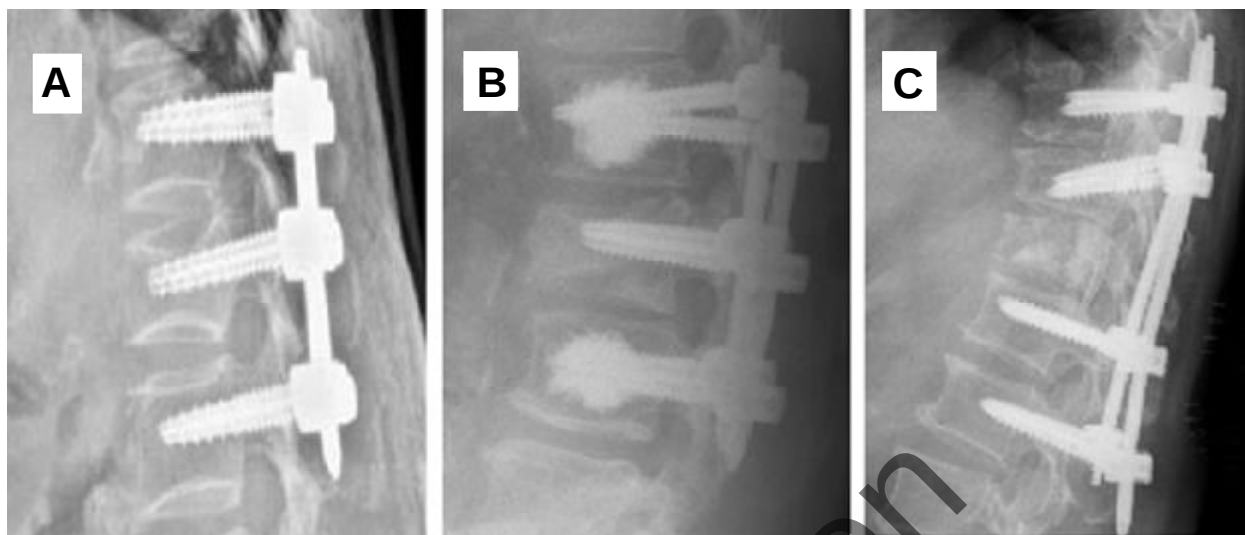


Figure 3. (A) short segment posterior instrumentation; (B) short segment posterior instrumentation with cement-augmented pedicle screw; and (C) long segment posterior instrumentation

ในการศึกษา meta-analysis ของ Muhammad D. และคณะ⁽³¹⁾ พบว่าทั้ง vertebroplasty และ kyphoplasty นั้นมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากันในเรื่องของการลดความปวดและ functional outcome แม้จะพบว่าการทำ kyphoplasty นั้นมีค่า vertebral height ที่มากกว่ากลุ่ม vertebroplasty แต่ความแตกต่างของภาพทางรังสีนั้นไม่ส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ทางคลินิก และมีอุบัติการณ์ของซีเมนต์รั่วไหลน้อยกว่ากลุ่ม vertebroplasty โดยสรุปจึงแนะนำให้พิจารณาทำ kyphoplasty ในรายที่มี large kyphotic angle, significant height loss, vertebral fissures, fracture posterior wall of vertebral body แต่การทำ kyphoplasty นั้นมีข้อเสียคือเรื่องของค่าใช้จ่ายที่มากกว่า หากไม่มีปัจจัยเสี่ยงดังที่กล่าวมาข้างต้น สามารถพิจารณาทำ vertebroplasty ได้โดยที่มีประสิทธิภาพการรักษาเท่าเทียมกัน

ภาวะแทรกซ้อนการรั่วไหลของซีเมนต์มีโอกาสเกิดที่ประมาณร้อยละ 3 ถึงร้อยละ 74⁽³⁰⁾ โดยส่วนมากมักไม่ทำให้เกิดอาการ การรั่วไหลไปที่ epidural และ neural foramen อาจจะทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อเส้นประสาทได้ โดยอาการอาจเป็นชั่วคราวซึ่งเกิดจากความร้อนของซีเมนต์ หรือถาวรซึ่งเกิดจากการกดเบียดเส้นประสาทซึ่งจำเป็นต้องรักษาโดยการผ่าตัดเร่งด่วน การรั่วไหลไปที่ disc space และ paravertebral tissue มักไม่ทำให้เกิดอาการ แต่การรั่วไหลไปบริเวณ disc space มากเกินไปอาจทำให้เกิดการยุบตัวของกระดูกสันหลังข้อที่ติดกันตามมาได้และซีเมนต์

อาจมีการรั่วไหลไปที่ venous plexus ทำให้เกิดเป็น pulmonary หรือ cerebral embolism ได้⁽²⁶⁾ ภาวะแทรกซ้อนที่เกิดจากการยุบตัวของกระดูกสันหลังข้อถัดมานั้นพบได้ร้อยละ 23 ใน 6 เดือน⁽³⁰⁾ และภาวะแทรกซ้อนอื่นที่พบได้ เช่น แผลติดเชื้อ เลือดออกจากรูฉีดยาซีเมนต์ และอาการแพ้ซีเมนต์ เป็นต้น

Posterior vertebral instrumentation

การผ่าตัดใส่เหล็กตามเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกระดูกสันหลังมีบทบาทสำคัญในการรักษากระดูกสันหลังยุบ การผ่าตัดจากทางด้านหลัง (posterior approach) เป็นที่นิยมเนื่องจากศัลยแพทย์มีความคุ้นชิน และเกิดความบาดเจ็บต่อผู้ป่วยน้อย ในผู้ป่วยที่มีกระดูกพรุนการใส่เหล็กตามนั้นมีความท้าทายเนื่องจากมีโอกาสเสี่ยงเกิดการถอนหรือเคลื่อนของเหล็กได้ วิธีที่เพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างเหล็กตามที่นิยมคือการทำ long segment posterior instrumentation แต่มีข้อเสียคือเกิดการผ่าตัดหลายระดับ ต่อมาคือการทำ short segment instrumentation ร่วมกับการใส่ intermediate screw ในระดับที่มีกระดูกสันหลังหัก ซึ่งสามารถเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างเหล็กตามได้ดี ในกระดูกสันหลังตำแหน่ง thoracolumbar⁽³²⁾ อีกวิธีหนึ่งที่นิยมคือ short segment instrumentation ร่วมกับ cement-augmented pedicle screw (Figure 3) คือการใส่ซีเมนต์เข้าไปเสริมความแข็งแรงของสกรู ลดการถอนของสกรูได้⁽³³⁾

แต่มีข้อเสียคือการเกิดซีเมนต์รั่วไหลเช่นเดียวกับทำ vertebral cement augmentation ซึ่งวิธีนี้มีตั้งแต่การฉีดซีเมนต์เข้าไปในรูก่อนที่จะใส่ solid pedicle screw ปกติ และมี fenestrated pedicle screw เป็นรูปแบบของสกรูที่มีรูฉีดซีเมนต์ตรงกลาง มีการศึกษาทาง biomechanic พบว่า cement-augmented pedicle screw มีความแข็งแรงมาก และการใช้ fenestrated pedicle screw นั้นแข็งแรงกว่าและโอกาสเกิดซีเมนต์รั่วไหลน้อยกว่าการฉีดซีเมนต์แล้วใส่ solid pedicle screw ปกติ⁽³⁴⁾

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการทำ long segment posterior instrumentation และ short segment instrumentation with cement-augmented pedicle screw มีการศึกษาทาง biomechanic พบว่าการทำ long segment posterior instrumentation นั้นแข็งแรงกว่า มี fatigue load สูงกว่าร้อยละ 76 ในขณะที่ cement-augment pedicle screw นั้นมี fatigue load สูงกว่าเพียงร้อยละ 16 เทียบกับ non-augmented short segment instrumentation⁽³⁵⁾ และการศึกษาทางคลินิกของ Wen Z. และคณะ ในปี พ.ศ. 2565⁽³⁶⁾ เปรียบเทียบการผ่าตัดในกลุ่มกระดูกสันหลังยวบจากโรคกระดูกพรุน พบว่าการผ่าตัด short segment instrumentation with cement-augmented pedicle screw นั้นมีผลการรักษาทางคลินิกเทียบเท่ากับการทำ long segment instrumentation ในแง่ของความปลอดภัย functional score และภาวะแทรกซ้อน แต่การทำ long segment instrumentation มีได้ประโยชน์เรื่องการรักษา vertebral height และ kyphosis progression ที่น้อยกว่า แน่นนอนว่ากลุ่มที่ทำ short segment instrumentation with non-augmented pedicle screw นั้นมีผลการรักษาที่แย่ที่สุดและภาวะแทรกซ้อนเยอะที่สุดอันเกิดจากสกรูที่หลวมไม่แข็งแรงพอ อีกทั้งผลการศึกษายังบอกว่าการทำ cement augmentation คือการทำ kyphoplasty เสริมเข้าไปกับการทำ short หรือ long segment instrumentation นั้นไม่ได้มีส่วนช่วยให้ผลการรักษาดีขึ้นแต่อย่างใด ในขณะที่การศึกษาของ Lai O. และคณะ ในปี พ.ศ. 2565⁽³⁷⁾ ทำการศึกษาทางคลินิกให้ผลว่าการทำ short segment instrumentation combined with kyphoplasty ให้ผลการรักษาเทียบเท่ากับ long segment instrumentation และภาวะแทรกซ้อนไม่แตกต่างกัน จึงสรุปได้ว่าในผู้ป่วย

กระดูกสันหลังยวบ OF 4 หรือ 5 สามารถเลือกการรักษาแบบ long segment instrumentation หรือ short segment instrumentation combined with cement-augmented pedicle screw or vertebral cement augmentation ก็ได้ ขึ้นกับดุลยพินิจของศัลยแพทย์และผู้ป่วยแต่ละคน

Anterior vertebral instrumentation

การผ่าตัดกระดูกสันหลังจากด้านหน้า (anterior approach) แม้ว่าไม่ได้เป็นที่นิยมมาก แต่เชื่อว่าการยึดกระดูกจากด้านหน้านั้นเป็นกลยุทธ์สำคัญในการเสริมสร้างความแข็งแรงของกระดูกสันหลังที่ยวบมา⁽³⁸⁾ โดยเสริมกับการทำ posterior instrumentation เพื่อได้ความแข็งแรงสูงสุด ข้อได้เปรียบของการผ่าตัดจากด้านหน้าคือในกรณีที่กระดูกสันหลังยุบกดทับเส้นประสาท การผ่าตัดจากด้านหน้านั้นสามารถเข้าถึงกระดูกที่กดทับเพื่อเอาออกได้โดยตรง (direct decompression) ซึ่งบางกรณีการผ่าตัดจากด้านหลังไม่สามารถทำได้ และในกรณีเป็นเคสกระดูกสันหลังยวบเก่าและทำให้เกิด deformity การผ่าตัดจากทางด้านหน้าเพื่อใส่เหล็กเชื่อมข้อนั้นสามารถแก้ไข deformity ได้ดีกว่า⁽³⁹⁾ ทั้งนี้ทั้งนั้นการเลือกการผ่าตัดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในผู้ป่วยแต่ละรายและความชำนาญของศัลยแพทย์แต่ละคน

Osteotomy of OVCF

การผ่าตัดแก้ไขแนวกระดูกสันหลัง โดยทั่วไปแล้วจะผ่าตัดในภาวะกระดูกสันหลังคดผิดปกติ โดยมีประเภทหลักคือ 1) Smith-Peterson osteotomy (SPO) เป็นการผ่าตัดกระดูกสันหลังส่วน posterior column แก้ไขมุมผ่าน mobile intervertebral disc ซึ่งสามารถแก้ไขมุมได้ประมาณ 10 องศา; 2) Pedicle subtraction osteotomy (PSO) เป็นการผ่าตัดกระดูกสันหลังผ่านทั้ง 3 column โดยตัดเป็นลักษณะรูปลิ้ม (posterior closed wedge osteotomy) ตัด pedicle ออก ซึ่งสามารถแก้ไขมุม kyphosis ได้ประมาณ 30 ถึง 40 องศา; 3) vertebral column resection (VCR) เป็นการผ่าตัดกระดูกสันหลังทั้ง 3 column เพื่อแก้ไขภาวะกระดูกสันหลังผิดรูปมากและการผิดรูปหลายแนว (multiplanar deformity) (Figure 4)⁽⁴⁰⁾

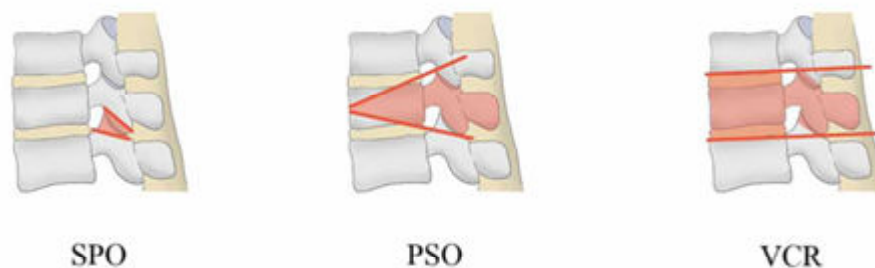


Figure 4. รูปแบบการผ่าตัดแก้ไขแนวกระดูกสันหลัง.

SPO, Smith-Peterson osteotomy; PSO, Pedicle subtraction osteotomy; VCR, Vertebral column resection

ในผู้ป่วยที่มีภาวะกระดูกสันหลังยุบจากโรคกระดูกพรุนที่อาจไม่ได้รับการวินิจฉัยหรือได้รับการรักษาโดยวิธีอนุรักษ์นิยมแล้วมีปัญหากระดูกไม่ติด (non-union) หรือผิดรูป (malunion) มักมีลักษณะ kyphotic deformity และอาจจะมีปัญหาเรื่อง sagittal imbalance อันนำไปสู่ความปวดและเสียความสามารถในการใช้ชีวิตประจำวันไป การผ่าตัดแก้ไขแนวกระดูกสันหลังนั้นมีบทบาทในการรักษาผู้ป่วยกลุ่มนี้⁽⁴¹⁾

ในปี พ.ศ. 2556 Patil S. และคณะ⁽⁴¹⁾ ได้ทำการศึกษา non-union OVCF ที่มีปัญหาเรื่อง neurological deficit ร่วมกับมี intravertebral instability และมี kyphotic deformity ได้ผลลัพธ์ออกมาว่าในเคสที่มี kyphotic deformity < 30° แนะนำให้ทำ Ponte osteotomy หรือ Smith-Peterson osteotomy (SPO) ในเคสที่มี kyphotic deformity > 30° แนะนำให้ทำ Pedicle subtraction osteotomy (PSO) และในเคสที่มี intravertebral instability จาก endplate fracture แนะนำให้ทำ Vertebral column resection (VCR) การศึกษานี้เป็นรากฐานสำคัญในการช่วยตัดสินใจทำ osteotomy ใน OVCF

ในกรณีผู้ป่วยที่มี kyphotic deformity แต่ไม่มีปัญหาเรื่อง neurological deficit การผ่าตัด osteotomy มุ่งหวังเพื่อแก้ไขเรื่อง sagittal imbalance ของผู้ป่วย การผ่าตัด SPO มีความสามารถในการแก้ไข deformity ได้น้อยที่สุด การทำ PSO แก้ไข deformity ได้มากกว่า จึงเป็นที่นิยมมากกว่า และการทำ VCR นั้นมีข้อบ่งชี้ในกลุ่มที่มี multiplanar deformity เพราะในผู้ป่วยที่มี coronal plane deformity ร่วมด้วยนั้นไม่สามารถแก้ไขด้วยการทำ PSO ได้

การผ่าตัดกลุ่ม posterior closed wedge osteotomy มีอีกประเด็นที่พึงระวังคือการเกิด post-operative spinal cord deformity หลังการทำ posterior resection โดยเฉพาะเมื่อสูงจากระดับ L1 มีการศึกษาของ Kawahara N. และคณะ⁽⁴²⁾ แบ่งการทำ posterior resection ออกเป็น 3 stages โดย stage 1 คือการตัดกระดูกออกไป < 1/3 ของ segment ถือเป็นระยะปลอดภัย (safe range) เนื่องจากไม่มี dural sac and spinal cord deformity ต่อมา stage 2 คือการตัดกระดูกออกไป 1/3 ถึง 2/3 ของ segment เป็นระยะเฝ้าระวัง (warning range) มีการเปลี่ยนรูปของ dural sac แต่ไม่มี spinal cord deformity และ stage 3 คือการตัดกระดูกออกไป > 2/3 ของ segment เป็นระยะอันตราย (dangerous range) มี spinal cord deformity ชัดเจน และอาจทำให้เกิด severe neurological deficit ได้

สรุป

การรักษาผู้ป่วยกระดูกสันหลังยุบจากกระดูกพรุนมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้ป่วยสามารถกลับไปใช้ชีวิตประจำวันได้ และมีความปลอดภัยกับผู้ป่วย แนวทางการตัดสินใจการรักษาในปัจจุบันนั้นนิยมอ้างอิงตาม DGOU (Figure 5) โดยดูลักษณะกระดูกสันหลังยุบตัวตาม OF classification หากเป็น OF 1 หรือ OF 2 ที่มี OF score < 6 สามารถให้รักษาแบบอนุรักษ์นิยมก่อน 6-8 สัปดาห์ หากเป็น OF 1 หรือ OF 2 ที่มี OF score > 6 หรือรักษาแบบอนุรักษ์นิยมแล้วยังไม่หาย แนะนำให้รักษาโดยการทำ cement augmentation โดยเลือกการทำ kyphoplasty หากต้องการเพิ่มการแก้ไข kyphosis หรือมีความเสี่ยงในการเกิด cement leakage เช่นมี posterior wall fracture เป็นต้น การทำ vertebroplasty นั้นสามารถ

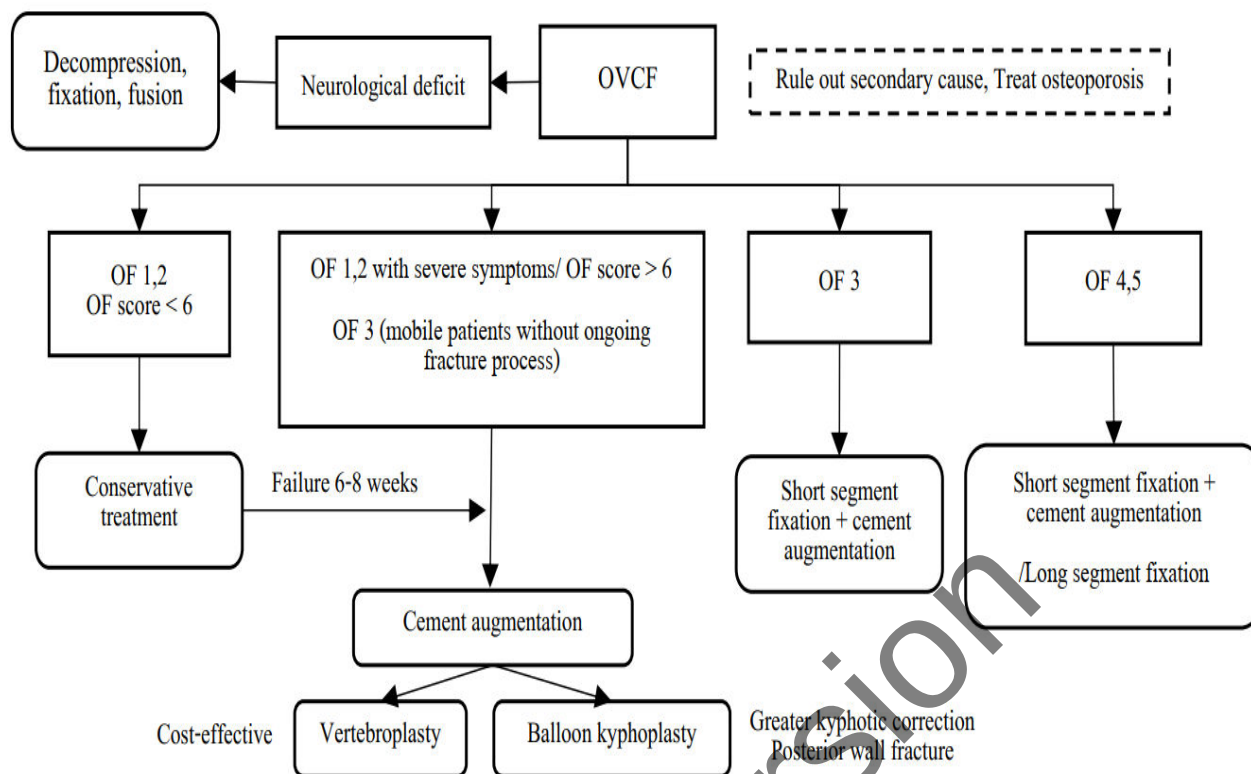


Figure 5 สรุปแนวทางการรักษาผู้ป่วยกระดูกสันหลังยุบจากกระดูกพรุน

OVCF, Osteoporotic vertebral compression fracture; OF, Osteoporotic fracture อ้างอิงลักษณะกระดูกสันหลังยุบตามการแบ่งประเภทของ The German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU), OF score, Osteoporotic Fracture (OF) Classification–Based Scoring System

ทำได้เช่นกันโดยสามารถประหยัดค่าอุปกรณ์ผ่าตัดได้ หากเป็น OF 3 ที่ไม่มีอาการปวดมาก ผู้ป่วยเดินเคลื่อนไหวได้ดี สามารถรักษาเป็น cement augmentation อย่างเดียวได้ แต่หากมีอาการปวดมาก แนะนำให้ทำ fixation เป็น short segment posterior instrumentation ร่วมกับทำ cement augmentation และหากเป็น OF 4 หรือ OF 5 แนะนำให้ทำ long segment posterior instrumentation หรือจะทำเป็น short segment posterior instrumentation ร่วมกับทำ cement augmentation ก็ได้ ทั้งนี้หากผู้ป่วยมีปัญหาเรื่อง neurological deficit แนะนำให้ทำ decompression เพื่อรักษาการกดทับเส้นประสาทรวมกับการทำ fixation and fusion และหากผู้ป่วยมีปัญหาเรื่อง deformity ให้พิจารณาการผ่าตัดตามความรุนแรงของความผิดปกติของกระดูกสันหลังของผู้ป่วย อย่างไรก็ตามปัจจัยด้านผู้ป่วย เช่น สภาพร่างกาย โรคประจำตัว มวลกระดูก ความปวดและข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหว เป็นต้น นั้นก็มีความสำคัญที่ต้องคำนึงถึงการรักษา นั้นจึงอาจแตกต่างกันในผู้ป่วยแต่ละราย ศัลยแพทย์จะต้องพิจารณาการรักษาที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประโยชน์กับตัวผู้ป่วยมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. Riggs BL, Melton LJ 3rd. The worldwide problem of osteoporosis: insights afforded by epidemiology. Bone 1995;17:505-11.
2. Felsenberg D, Silman AJ, Lunt M, Armbrrecht G, Ismail AA, Finn JD, et al. Incidence of vertebral fracture in europe: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). J Bone Miner Res 2002;17:716-24.
3. Delmas PD, van de Langerijt L, Watts NB, Eastell R, Genant H, Grauer A, et al. Underdiagnosis of vertebral fractures is a worldwide problem: the IMPACT study. J Bone Miner Res 2005;20:557-63.
4. Kutsal FY, Ergin Ergani GO. Vertebral compression fractures: still an unpredictable aspect of osteoporosis. Turk J Med Sci 2021;51:393-99.
5. McCarthy J, Davis A. Diagnosis and management of vertebral compression fractures. Am Fam Physician 2016;94:44-50.

6. Lindsay R, Silverman SL, Cooper C, Hanley DA, Barton I, Broy SB, et al. Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture. *JAMA* 2001;285: 320-3.
7. LeBoff MS, Greenspan SL, Insogna KL, Lewiecki EM, Saag KG, Singer AJ, et al. The clinician's guide to prevention and treatment of osteoporosis. *Osteoporos Int* 2022;33:2049-102.
8. Praisarnti P. Current evidence for conservative management of osteoporotic vertebral fractures. *Srinagarind Med J* 2023;38:530-8.
9. Garg B, Dixit V, Batra S, Malhotra R, Sharan A. Non-surgical management of acute osteoporotic vertebral compression fracture: a review. *J Clin Orthop Trauma* 2017;8:131-8.
10. Kim HJ, Yi JM, Cho HG, Chang BS, Lee CK, Kim JH, et al. Comparative study of the treatment outcomes of osteoporotic compression fractures without neurologic injury using a rigid brace, a soft brace, and no brace: a prospective randomized controlled non-inferiority trial. *J Bone Joint Surg Am* 2014;96: 1959-66.
11. Sinaki M, Itoi E, Wahner HW, Wollan P, Gelzcer R, Mullan BP, et al. Stronger back muscles reduce the incidence of vertebral fractures: a prospective 10 year follow-up of postmenopausal women. *Bone* 2002;30: 836-41.
12. Sinaki M. Exercise for patients with osteoporosis: management of vertebral compression fractures and trunk strengthening for fall prevention. *PM R* 2012;4: 882-8.
13. Rzewuska M, Ferreira M, McLachlan AJ, Machado GC, Maher CG. The efficacy of conservative treatment of osteoporotic compression fractures on acute pain relief: a systematic review with meta-analysis. *Eur Spine J* 2015;24:702-14.
14. Esses SI, McGuire R, Jenkins J, Finkelstein J, Woodard E, Watters WC 3rd, et al. The treatment of symptomatic osteoporotic spinal compression fractures. *J Am Acad Orthop Surg* 2011;19:176-82.
15. Patel D, Liu J, Ebraheim NA. Managements of osteoporotic vertebral compression fractures: A narrative review. *World J Orthop* 2022;13:564-73.
16. Blattert TR, Schnake KJ, Gonschorek O, Gercek E, Hartmann F, Katscher S, et al. Nonsurgical and surgical management of osteoporotic vertebral body fractures: recommendations of the spine section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Global Spine J* 2018;8(2 Suppl):50S-5S.
17. Genant HK, Wu CY, van Kuijk C, Nevitt MC. Vertebral fracture assessment using a semiquantitative technique. *J Bone Miner Res* 1993;8:1137-48.
18. Kanchiku T, Taguchi T, Kawai S. Magnetic resonance imaging diagnosis and new classification of the osteoporotic vertebral fracture. *J Orthop Sci* 2003;8:463-6.
19. Sugita M, Watanabe N, Mikami Y, Hase H, Kubo T. Classification of vertebral compression fractures in the osteoporotic spine. *J Spinal Disord Tech* 2005; 18:376-81.
20. Schnake KJ, Blattert TR, Hahn P, Franck A, Hartmann F, Ullrich B, et al. Classification of osteoporotic thoracolumbar spine fractures: recommendations of the spine section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Global Spine J* 2018;8(2 Suppl):46S-9S.
21. Mitani K, Takahashi T, Tokunaga S, Inoue T, Kanematsu R, Minami M, et al. Therapeutic prediction of osteoporotic vertebral compression fracture using the AO Spine-DGOU osteoporotic fracture classification and classification-based score: a single-center retrospective observational study. *Neurospine* 2023;20:1166-76.
22. Ullrich BW, Schnake KJ, Schenk P, Katscher S, Blumlein M, Zimmermann V, et al. Clinical evaluation of the osteoporotic fracture treatment score (OF-Score): results of the evaluation of the osteoporotic fracture classification, treatment score and therapy recommendations (EOFTT) study. *Global Spine J* 2023;13(1_suppl):29S-35S.

23. Spiegl UJA, Schenk P, Schnake KJ, Ullrich BW, Osterhoff G, Scheyerer MJ, et al. Treatment and outcome of osteoporotic thoracolumbar vertebral body fractures with deformation of both endplates with or without posterior wall involvement (OF 4): short-term results from the prospective EOFTT multicenter study. *Global Spine J* 2023;13 (1_suppl): 36S-43S.
24. Osterhoff G, Schenk P, Katscher S, Schnake KJ, Blumlein M, Zimmermann V, et al. Treatment and outcome of osteoporotic thoracolumbar vertebral fractures with anterior or posterior tension band failure (OF 5): short-term results from the prospective EOFTT multicenter study. *Global Spine J* 2023;13 (1_suppl):44S-51S.
25. Galibert P, Deramond H, Rosat P, Le Gars D. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty. *Neurochirurgie* 1987;33:166-8. French.
26. Gangi A, Sabharwal T, Irani FG, Buy X, Morales JP, Adam A. Quality assurance guidelines for percutaneous vertebroplasty. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2006;29:173-8.
27. Zhang L, Liu Z, Wang J, Feng X, Yang J, Tao Y, et al. Unipedicular versus bipedicular percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures: a prospective randomized study. *BMC Musculoskelet Disord* 2015;16:145.
28. Qian Y, Li Y, Shen G, Zhong X, Tang C, He S. Comparison of unipedicular and bipedicular kyphoplasty for treating acute osteoporotic vertebral compression fractures in the lower lumbar spine: a retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord* 2023;24:410.
29. Liu L, Song F, Shang J, Zhang J, Ma C, Liu G, et al. Bipedicular percutaneous kyphoplasty versus unipedicular percutaneous kyphoplasty in the treatment of asymmetric osteoporotic vertebral compression fractures: a case control study. *BMC Surg* 2023;23:285.
30. Alhashash M, Shousha M, Barakat AS, Boehm H. Effects of polymethylmethacrylate cement viscosity and bone porosity on cement leakage and new vertebral fractures after percutaneous vertebroplasty: a prospective study. *Global Spine J* 2019;9:754-760.
31. Daher M, Kreichati G, Kharrat K, Sebaaly A. Vertebroplasty versus kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: a meta-analysis. *World Neurosurgery* 2023;171: 65-71.
32. Limthongkul W, Wannaratsiri N, Sukjamsri C, Benyajati CN, Limthongkul P, Tanasansomboon T, et al. Biomechanical Comparison between posterior long-segment fixation, short-segment fixation, and short-segment fixation with intermediate screws for the treatment of thoracolumbar burst fracture: a finite element analysis. *Int J Spine Surg* 2023;17:442-8.
33. Kim HS, Kim SW, Ju CI, Lee SM, Shin H. Short segment fixation for thoracolumbar burst fracture accompanying osteopenia : a comparative study. *J Korean Neurosurg Soc* 2013;53:26-30.
34. Choma TJ, Pfeiffer FM, Swope RW, Hirner JP. Pedicle screw design and cement augmentation in osteoporotic vertebrae: effects of fenestrations and cement viscosity on fixation and extraction. *Spine (Phila Pa 1976)* 2012;37:E1628-32.
35. Weiser L, Dreimann M, Huber G, Sellenschloh K, Püschel K, Morlock MM, et al. Cement augmentation versus extended dorsal instrumentation in the treatment of osteoporotic vertebral fractures. *Bone Joint J* 2016;98-B:1099-105.
36. Wen Z, Mo X, Ma H, Li H, Liao C, Fu D, et al. Study on the optimal surgical scheme for very severe osteoporotic vertebral compression fractures. *Orthop Surg* 2023;15:448-59.
37. Lai O, Zhang X, Hu Y, Sun X, Zhu B, Dong W, et al. Long-segment fixation VS short-segment fixation combined with kyphoplasty for osteoporotic thoracolumbar burst fracture. *BMC Musculoskeletal Disord* 2022;23:160.

38. Uchida K, Kobayashi S, Nakajima H, Kokubo Y, Yayama T, Sato R, et al. Anterior expandable strut cage replacement for osteoporotic thoracolumbar vertebral collapse. *J Neurosurg Spine* 2006;4: 454-62.
39. Li J, Xu L, Liu Y, Sun Z, Wang Y, Yu M, et al. Open surgical treatments of osteoporotic vertebral compression fractures. *Orthop Surg* 2023;15: 2743-8.
40. Kose KC, Bozduman O, Yenigul AE, Iğrek S. Spinal osteotomies: indications, limits and pitfalls. *EFORT Open Rev* 2017;2:73-82.
41. Patil S, Rawall S, Singh D, Mohan K, Nagad P, Shial B, et al. Surgical patterns in osteoporotic vertebral compression fractures. *Eur Spine J* 2013; 22:883-91.
42. Kawahara N, Tomita K, Kobayashi T, Abdel-Wanis ME, Murakami H, Akamaru T. Influence of acute shortening on the spinal cord: an experimental study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30:613-20.

Proof Version