J Med Biosci Vol. 8 No. 1 January - June 2026; 69 - 86 DOI: 10.58837/CHULA.JMBS.8.S1.5

Review article

Meniscus injury: 2025 update

Chitralada Ruampatana, Thun Ittipanichpong*

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

Abstract

This topic focuses on medial meniscus posterior root tears, a condition that has garnered increasing attention due to its association with degenerative knee changes and the potential for early-onset osteoarthritis if left untreated. Biomechanically, a complete medial meniscus root tear mimics the effects of total meniscectomy, leading to impaired hoop stress distribution and accelerated cartilage degeneration. Early detection and accurate diagnosis are crucial for optimizing patient outcomes. Most cases of medial meniscus root tears occur in conjunction with degenerative changes of the knee, with meniscal extrusion being a common finding on magnetic resonance imaging, reflecting compromised meniscal function. Proper patient selection and a thorough understanding of the natural history of the disease are essential in guiding treatment decisions. Management options include conservative treatment, meniscectomy, meniscus root repair, meniscus reconstruction and techniques aimed at reducing meniscal extrusion. Long-term study suggests that surgical intervention, particularly meniscus root repair, is associated with a lower rate of knee replacement compared to nonoperative management.

Keywords: Meniscus root tear, meniscal extrusion, meniscus.

***Correspondence to: Thun Ittipanichpong,** Department of Orthopaedics, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society, Bangkok 10330, Thailand.
Email: chitraladarmd@gmail.com
Received: August 20, 2025
Revised: November 24, 2025
Accepted: December 11, 2025

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

บทความปริทัศน์

การฉีกขาดของหมอนรองข้อเข่าด้านใน

จิตรลดา ร่วมพัฒนา, ธันว์ อิทธิพานิชพงศ์

ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

บทคัดย่อ

ภาวะการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง (medial meniscus posterior root tear) ได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของข้อเข่าเสื่อมและอาจนำไปสู่ข้อเข่าเสื่อมก่อนวัยอันควรหากไม่ได้รับการรักษา ในทางชีวกลศาสตร์พบว่าภาวะฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในมีลักษณะคล้ายกับการตัดหมอนรองข้อเข่าออกทั้งหมด (total meniscectomy) ซึ่งส่งผลให้การกระจายแรงดึงตามแนววงแหวน (hoop stress distribution) บกพร่องและเร่งให้เกิดการเสื่อมของกระดูกอ่อนผิวข้อเข่า การตรวจพบภาวะดังกล่าวตั้งแต่ระยะแรกและการวินิจฉัยที่แม่นยำจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ผลลัพธ์ของการรักษาดีขึ้น การฉีกขาดของรากหมอนข้อเข่าด้านในส่วนหลังมักเกิดร่วมกับข้อเข่าเสื่อม โดยภาพถ่ายด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic resonance imaging; MRI) มักพบลักษณะหมอนรองข้อเข่าเคลื่อนออกนอกแนวปกติ (meniscal extrusion) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงการทำงานของหมอนรองข้อเข่าที่บกพร่อง การคัดเลือกผู้ป่วยอย่างเหมาะสมและความเข้าใจเกี่ยวกับพยาธิสภาพของโรคเป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดแนวทางการรักษา แนวทางการรักษามีตั้งแต่การรักษาแบบอนุรักษ์ (conservative treatment), การตัดหมอนรองข้อเข่า (meniscectomy), การซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่า (meniscus root repair), การสร้างรากหมอนรองข้อเข่าขึ้นใหม่ (meniscus root reconstruction) และเทคนิคที่ช่วยลดการเคลื่อนออกนอกของหมอนรองข้อเข่า (extrusion reduction techniques) จากการศึกษาในระยะยาวพบว่าการรักษาด้วยวิธีผ่าตัด โดยเฉพาะการซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่ามีความสัมพันธ์กับอัตราการเปลี่ยนข้อเข่าเทียมที่ต่ำกว่าการรักษาแบบไม่ผ่าตัด

คำสำคัญ: รากหมอนรองข้อเข่าฉีกขาด, หมอนรองข้อเข่าเคลื่อนออกนอก, หมอนรองข้อเข่า.

หมอนรองข้อเข่า (meniscus) เป็นโครงสร้างกระดูกอ่อนชนิด fibrocartilaginous ที่มีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของข้อเข่า โดยทำหน้าที่กระจายแรงที่กระทำต่อข้อเข่า เพิ่มความมั่นคงของข้อต่อระหว่างกระดูกต้นขาและกระดูกหน้าแข้ง (tibiofemoral articulation) ช่วยในการหล่อลื่นข้อ เป็นแหล่งสารอาหาร และทำหน้าที่ดูดซับแรงกระแทก (shock absorber) อย่างมีประสิทธิภาพ หากไม่มีหมอนรองข้อเข่า แรงที่กระทำต่อกระดูกอ่อนผิวข้อจะเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ข้อเข่าเสื่อมอย่างรวดเร็ว การฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่า เป็นหนึ่งในรูปแบบของการฉีกขาดที่ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างมาก เนื่องจากจำนวนผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้นและลักษณะการดำเนินโรคที่นำไปสู่ข้อเข่าเสื่อมอย่างรวดเร็ว คล้ายกับผลกระทบที่เกิดจากการตัดหมอนรองกระดูกออกทั้งหมด [1] ดังนั้น การตรวจวินิจฉัยได้เร็วและให้การรักษาอย่างถูกวิธี จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยชะลอการดำเนินโรคและทำให้ผลลัพธ์ของการรักษาดียิ่งขึ้น

1.คุณลักษณะของหมอนรองข้อเข่า

1.1 คำจำกัดความ

การฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง ได้มีการศึกษาครั้งแรกในปี พ.ศ. 2478 โดย Weaver JB. ผ่านการตรวจภาพถ่ายรังสี (plain radiograph)[2] ต่อมาการบาดเจ็บของเอ็นหรือเนื้อเยื่ออ่อนบริเวณจุดยึดของรากหมอนรองข้อเข่ากับกระดูก tibial plateau ได้รับความสนใจมากขึ้นหลังจากการนำเทคนิคการตรวจด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาใช้ทางการแพทย์ โดยในปี พ.ศ. 2534 Pagnani MJ ได้รายงานการเคลื่อนออกของหมอนรองข้อเข่าด้านใน (medial meniscus subluxation) ที่สัมพันธ์กับการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังในนักกีฬา[3] และปัจจุบันการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าถูกนิยามว่าเป็นภาวะที่มีการฉีกหลุดของจุดยึดหมอนรองข้อเข่ากับกระดูก tibial plateau หรือเกิดการฉีกขาดตามแนวรัศมีภายในระยะ 1 เซนติเมตร จากจุดยึดกับกระดูก [4] (Figure 1)

1.2 ระบาดวิทยา

Laprade RF. และคณะได้ให้คำจำกัดความของอุบัติการณ์การเกิด การฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง ไว้ว่าเป็นเหมือนโรคระบาดเงียบ (silent epidermic) เนื่องจากเป็นภาวะที่พบได้บ่อยแต่ไม่ได้รับการตระหนักรู้หรือให้ความสำคัญเท่าที่ควร และเนื่องจากการวินิจฉัยทำได้ยาก ทำให้อัตราความชุกอาจต่ำกว่าความเป็นจริง [5] จากการศึกษาของ Matheny LM และคณะพบว่าในการผ่าตัดส่องกล้องข้อเข่าจำนวน 673 ราย มีผู้ป่วยที่มีการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่า จำนวน 50 ราย คิดเป็นร้อยละ 7 [6] ในขณะเดียวกันการศึกษาของ Han SB และคณะ ก็พบว่ามีอัตราความชุกอาจสูงถึงร้อยละ 15 ในแถบทวีปเอเชีย [7] โดยส่วนใหญ่เป็นการเปลี่ยนแปลงจากภาวะเสื่อม และมีอุบัติการณ์ของภาวะฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังสูงถึงร้อยละ 78 ในผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม (total knee arthroplasty)[8]

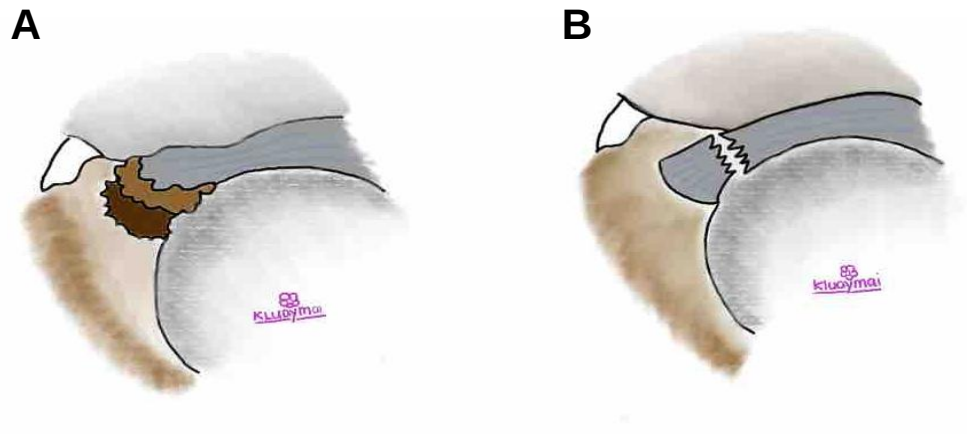

Figure 1. ภาพแสดงการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง (A) การฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังจากภาวะที่มีการฉีกหลุดของจุดยึดหมอนรองข้อเข่ากับกระดูก Tibial plateau; (B) การฉีกขาดตามแนวรัศมี (radial tear) ภายในระยะ 1 เซนติเมตร จากจุดยึดกับกระดูก.

1.3 ชีวกลศาสตร์

บทบาททางชีวกลศาสตร์ของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง และผลกระทบจากการฉีกขาด คือ หมอนรองข้อเข่าทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับแรงกระแทก และมีบทบาทสำคัญในการกระจายแรงภายในข้อเข่า หากรากหมอนรองข้อเข่าฉีกขาด จะทำให้เข่าเสียแรงดึงตามแนววงแหวนการฉีกขาดของรากหมอนรอง-ข้อเข่าด้านในส่วนหลังส่งผลต่อชีวกลศาสตร์ของเข่าคล้ายกับการตัดหมอนรองข้อเข่าออกทั้งหมด (total eniscectomy) **(Figure 2)** โดยปกติหมอนรองข้อเข่าทำหน้าที่รองรับน้ำหนักประมาณร้อยละ 50 ในขณะยืน และอีกร้อยละ 50 จะกระจายไปยังกระดูกอ่อนผิวข้อ [9] รากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังเป็นโครงสร้างที่เคลื่อนที่ได้น้อยที่สุดและต้องรับแรงส่วนใหญ่ที่กระทำต่อข้อเข่าด้านใน (medial compartment) เมื่อมีการงอเข่าแรงดันที่กระทำต่อบริเวณนี้จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากกลไกการเคลื่อนถอยหลังของกระดูกต้นขา (femoral rollback mechanism) ส่งผลให้การฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังพบได้บ่อยกว่าการบาดเจ็บของหมอนรองกระดูกด้านหน้า[10] ในกรณีที่รากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังฉีกขาดหรือถูกตัดออก แรงดันที่กระทำต่อกระดูกอ่อนผิวข้อด้านในอาจเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 25 [1] นำไปสู่ข้อเข่าเสื่อมแบบ “Fairbank’s phenomenon” [11]

การศึกษาติดตามผลเป็นเวลา 5 ปี ในผู้ป่วย 52 รายที่มีการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังและได้รับการรักษาแบบไม่ผ่าตัด โดย Krych AJ และคณะพบว่าผู้ป่วยกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพการใช้งานเข่าลดลงและร้อยละ 31 ต้องเข้ารับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมภายหลัง[12] นอกจากนี้ การฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าเพิ่มความเสี่ยงต่อการเสื่อมของข้อเข่า โดยการติดตามผลในระยะ 5 - 8 ปี พบว่าประมาณหนึ่งในสามของผู้ป่วยมีข้อเข่าเสื่อมมากขึ้น [7] ภาวะหมอนรองข้อเข่าเคลื่อนออกนอกข้อเป็นตัวบ่งชี้ความบกพร่องของหมอนรองข้อเข่าและระดับของการเคลื่อนออกมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของข้อเข่าเสื่อม [8, 13] ทั้งนี้ยังพบว่าการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในเกี่ยวข้องกับการสึกของกระดูกอ่อนผิวข้อที่ระดับ Outerbridge grade 2 หรือสูงกว่า โดยผู้ป่วยที่มีหมอนรองข้อเข่าฉีกขาดมีความเสี่ยงต่อการสึกของกระดูกอ่อนผิวข้อสูงกว่าผู้ที่ไม่มีหมอนรองข้อเข่าฉีกขาดถึง 5 เท่า [6] และอาจนำไปสู่ภาวะกระดูกตายจากการขาดเลือด (osteonecrosis) การฟกช้ำของกระดูก (bone contusion) และการแตกหักของกระดูกอ่อนใต้ผิวข้อ (subchondral insufficiency fracture) [11] และสุดท้ายก็จะตามมาด้วยข้อเข่าเสื่อม

จากการศึกษาของ Kawada K และคณะ พบว่าการฉีกของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังเป็นปัจจัยเร่งในผู้ป่วยที่มีข้อเข่าเสื่อมอยู่แล้วให้ได้รับการผ่าตัดข้อเข่าเทียมเร็วขึ้นกว่าเดิม จากอายุเฉลี่ย 75 ปี เป็น 67 ปี และ ระยะเวลาในการดำเนินโรคข้อเข่าเสื่อม ร่วมกับการมีอาการปวดจนต้องได้รับการรักษาด้วยการเปลี่ยนข้อเข่าเทียมก็เร็วขึ้นกว่าผู้ที่ไม่มีหมอนรองข้อเข่าฉีกขาดนี้ถึง 5 เท่า [14] นอกจากนี้

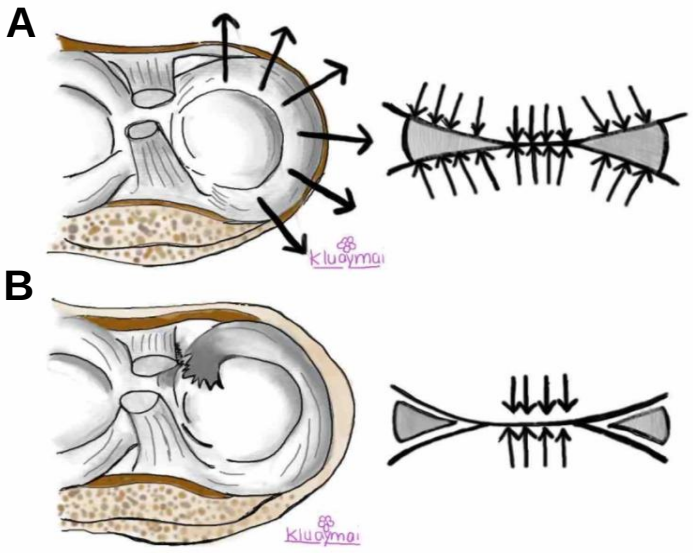

Figure 2. ภาพแสดงการกระจายแรงภายในข้อเข่า (hoop stress function in meniscus) **(A)** ภาพการกระจายแรงดึงตามแนววงแหวนในเข่าปกติ โดยมีแรงกระทำที่หมอนรองข้อเข่าและกระจายไปยังกระดูกอ่อนผิวข้อ; **(B)** ภาพการกระจายแรงดึงตามแนววงแหวนในเข่าที่รากหมอนรองข้อเข่าฉีกขาด ทำให้แรงดันที่กระทำต่อกระดูกอ่อนผิวข้อด้านในเพิ่มขึ้น

ยังส่งผลต่อประสิทธิผลทางเศรษฐกิจ (economic effectiveness) ในการรักษาที่สูงขึ้นประมาณ 25,000 เหรียญสหรัฐต่อคนต่อปี [15] อย่างไรก็ตาม การซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าสามารถฟื้นฟูแรงดันสัมผัสระหว่างกระดูกต้นขาและกระดูกหน้าแข้งให้ใกล้เคียงกับภาวะปกติ [16, 17] ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการชะลอการเสื่อมของข้อเข่าและลดความจำเป็นในการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าในอนาคต

2. ลักษณะทางกายวิภาคของหมอนรองกระดูก

หมอนรองข้อเข่าด้านใน (medial meniscus) เป็นโครงสร้างกระดูกอ่อนชนิด fibrocartilaginous ที่ประกอบด้วยเส้นใยซึ่งจัดเรียงตัวในแนวรัศมี (radial) และแนววงแหวน (circumferential) ทำให้สามารถรองรับแรงดึงตามแนววงแหวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ หมอนรองข้อเข่าด้านในมีรูปร่างคล้ายพระจันทร์เสี้ยว (semi-lunar shape) มีความกว้างประมาณ 1 เซนติเมตร โดยส่วนด้านหลังจะกว้างกว่าส่วนด้านหน้า โครงสร้างและการแบ่งส่วนทางกายวิภาค แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนหน้า (anterior horn) , ตัวหมอนรองข้อเข่า (body) และ ส่วนหลัง (posterior horn) และยังสามารถแบ่งส่วนย่อยตามแนวกายวิภาคได้ในทางกายวิภาคเพิ่มเติมได้อีก 5 ส่วน ดังนี้ zone 1. anterior root, zone 2 anteromedial zone ซึ่งแบ่งย่อยเป็น 2a และ 2b, zone 3: medial zone, zone 4: posterior zone และ zone 5 posterior root [18] (Figure 3)

ตำแหน่งที่มีการยึดเกาะของรากหมอนรองข้อเข่าบริเวณที่หมอนรองข้อเข่าด้านในยึดติดกับกระดูก tibial plateau ส่วน anterior horn และ posterior horn เรียกว่ารากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหน้า (medial meniscus anterior root) และ รากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง (medial meniscus posterior root) ตามลำดับ โดยรากหมอนรองข้อเข่าเองไม่ได้เป็นโครงสร้างกระดูกอ่อนพิเศษเช่นเดียวกับหมอนรองข้อเข่า แต่มีลักษณะคล้ายเส้นเอ็น (ligament) ทำหน้าที่เป็นจุดยึดติดกับกระดูกหน้าแข้ง รากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังยึดอยู่ที่ posterior intercondylar fossa ซึ่งอยู่ระหว่างตำแหน่งยึดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านนอก (lateral meniscus) และเอ็นไขว้หลัง (posterior cruciate ligament; PCL) โดยตำแหน่งยึดเกาะอยู่ประมาณ 9.6 มิลลิเมตรด้านหลังของยอดกระดูกหน้าแข้งด้านใน (medial tibial emnence) และ 3.5 มิลลิเมตรด้านข้างของกระดูกอ่อนผิวข้อของกระดูกหน้าแข้งด้านใน (medial tibial plateau articular cartilage) [19, 20]

3. ประวัติ อาการแสดง และการตรวจร่างกาย

ลักษณะทางคลินิกและการวินิจฉัยของการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่า สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลักตามกลไกการบาดเจ็บ ได้แก่

3.1 การฉีกขาดจากอุบัติเหตุ ในกลุ่มนี้มักพบในผู้ป่วยที่มีอายุน้อยและได้รับบาดเจ็บจากเหตุการณ์ที่มีแรง

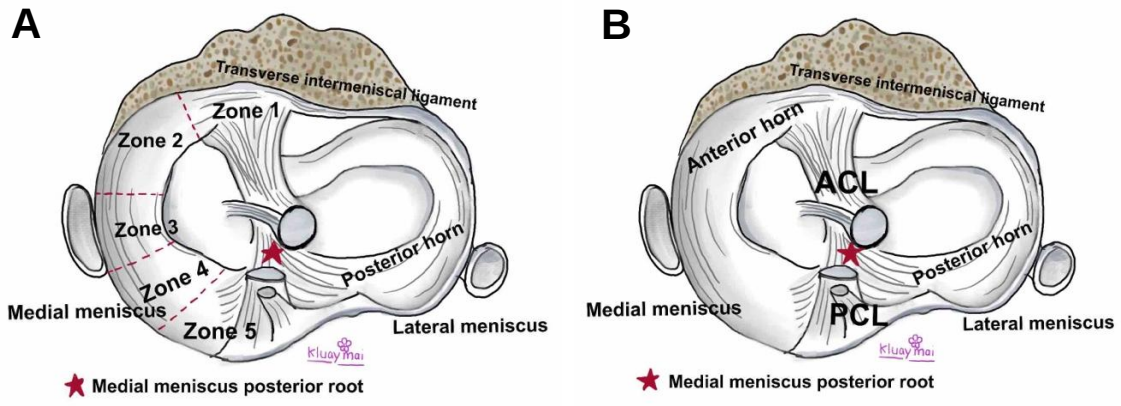

Figure 3. ลักษณะทางกายภาพของรากหมอนรองข้อเข่า (A) โครงสร้างและการแบ่งส่วน ทางกายวิภาคของหมอนรองข้อเข่าด้านใน; (B) รากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง (medial meniscus posterior root) ยึดอยู่ที่ posterior intercondylar fossa ซึ่งอยู่ระหว่างตำแหน่งยึดของรากหมอนรองกระดูกด้านนอก (lateral meniscus) และเอ็นไขว้หลัง (posterior cruciate ligament; PCL)

กระแทกรุนแรง เช่น อุบัติเหตุจากการจราจรหรือการบาดเจ็บจากกีฬา ภาวะนี้มักเกิดร่วมกับการบาดเจ็บของเอ็นในข้อเข่า เช่น เอ็นไขว้หน้า หรือเอ็นไขว้หลัง ซึ่งอาจส่งผลต่อเสถียรภาพของข้อเข่าและทำให้หมอนรองกระดูกทำงานผิดปกติร่วมด้วย [21]

3.2 การฉีกขาดจากการเสื่อม (degenerative meniscal root tear) ภาวะนี้มักพบในผู้ป่วยที่มีอายุมากขึ้น โดยเฉพาะผู้ที่มีอายุระหว่าง 50 - 60 ปี ซึ่งมักจะมีอาการปวดเข่าด้านในที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยไม่มีประวัติการบาดเจ็บจากภายนอก บางรายอาจมีเสียง “ป๊อบ” ขณะทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันทั่วไป เช่น การนั่งยองการก้าวลงบันได ซึ่งเป็นสัญญาณของการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง [22] และภาวะนี้มีลักษณะคล้ายกับอาการข้อเข่าเสื่อมในระยะเริ่มต้น

การวินิจฉัยภาวะฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่ามีความยากและต้องอาศัยประสบการณ์ร่วมด้วย เนื่องจากอาการแสดงส่วนใหญ่ไม่ค่อยชัดเจน อาการที่พบได้บ่อยคืออาการปวดเข่าด้านในและการกดเจ็บที่บริเวณแนวข้อต่อโดยเฉพาะที่บริเวณด้านหลังของข้อเข่า ผู้ป่วยส่วนใหญ่มักไม่ค่อยมีอาการล็อกหรือการงอเข่าติดขัด ซึ่งต่างจากภาวะฉีกขาดของหมอนรองข้อเข่าชนิดอื่น การงอเข่าลึกอาจทำให้เกิดอาการปวดเพิ่มขึ้น ในการทดสอบทางคลินิก เช่น McMurray’s test จะให้ผลบวกประมาณร้อยละ 57 [22, 23] และจากการศึกษาพบว่ามีปัจจัยเสี่ยงที่สัมพันธ์กับการเกิดการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังที่พบได้บ่อยในประชากรเอเชีย คือพบมากในผู้ป่วยเพศหญิงผู้ที่มีค่าดัชนีมวลกาย (body mass index, BMI) สูงกว่า 30 กิโลกรัม/เมตร^2 โดยปัจจัยนี้จะทำให้มีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นถึง 4.9 เท่า นอกจากนี้ หากผู้ป่วยมีแนวกลไกการลงน้ำหนักแบบเข่าโก่ง (varus mechanical axis) ก็จะมีความเสี่ยงต่อภาวะฉีกขาดนี้เพิ่มขึ้นถึง 3.3 เท่า [23]

4. การส่งตรวจทางรังสี

ในผู้ป่วยที่สงสัยว่ามีภาวะฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง ควรส่งภาพถ่ายทางรังสีของเข่าเพื่อประเมินระดับความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงจากโรคข้อเข่าเสื่อมและความผิดรูปของแนวแกนขา โดยวิธีการจำแนกระดับความรุนแรงของข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายคือ Kellgren and Lawrence (K-L) classification [24]

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันภาพถ่ายด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถือเป็นมาตรฐาน (gold standard for imaging) ในการตรวจหาภาวะฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านใน เนื่องจากมีความไว (sensitivity) สูงถึง ร้อยละ 93.3 และความจำเพาะ (specificity) ร้อยละ 100 [25] ลักษณะเด่นที่พบได้แก่ ghost sign ซึ่งแสดงถึงการหายไปของส่วนหลังของหมอนรองข้อเข่าด้านใน บริเวณใกล้กับเอ็นไขว้หลัง (posterior cruciate ligament), cleft sign, radial linear defect , giraffe neck sign, ภาวะหมอนรองข้อเข่าเคลื่อนออกนอก ≥ 3 มม. [25 - 27] **(Figure 4)** นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่ช่วยให้การวินิจฉัยภาวะรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังทำได้เร็วขึ้น คือ การศึกษาของ Nakamura R. และคณะ ที่ได้อธิบายลักษณะเด่นทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระยะก่อนที่จะมีการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าที่เรียกว่า spreading root sign[28] และการศึกษาของ Okazaki Y. และคณะ เป็นลักษณะเด่นที่พบได้ ภายหลังการฉีกขาดในระยะฉับพลัน ที่เรียกว่า posterior shiny corner lesion ลักษณะเด่นนี้มีความไวร้อยละ 90.5 ภายหลังการฉีกขาด 3 สัปดาห์ และร้อยละ 81.8 ภายหลังการฉีกขาด 8 สัปดาห์ [29]

5. การจำแนกประเภท

สำหรับการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง ระบบการจำแนกที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือการจำแนกโดย Laprade ซึ่งพิจารณาจากลักษณะทางกายวิภาคของรอยฉีกขาด และแบ่งออกเป็น 5 ประเภท **(Figure 5)**

Type I: Partial stable root tear

Type II: Complete radial tear within 9 mm from the bony root attachment.

Type III: Bucket-handle tear with complete root detachment.

Type IV: Complex oblique or longitudinal tear with complete root detachment.

Type V: Bony avulsion fracture of the root attachment.

ลักษณะที่พบได้บ่อยที่สุดคือ Type II โดยระบบจากจำแนกของ Laprade นี้มีประโยชน์ คือ สามารถอธิบายลักษณะการฉีกขาดได้ชัดเจน และยังช่วยเป็นแนวทางในการรักษา จึงมีการใช้อย่างแพร่หลาย [30]

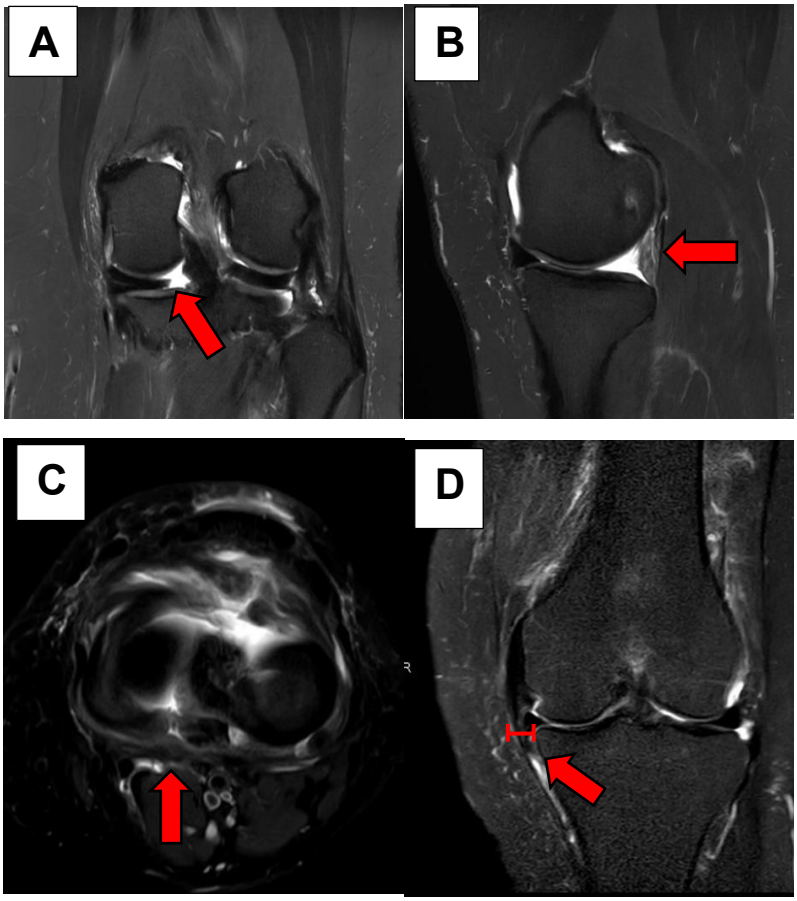

Figure 4. แสดงลักษณะเด่นของการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง จากการตรวจด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (A) Cleft sign พบเป็นเส้นตรงที่ลากในแนวตั้งฉาก (vertical linear defect)ใน coronal MRI; (B) Ghost sign พบเป็นการหายไปของรากหมอนรองข้อเข่าในตำแหน่งที่มีการฉีกขาด (absent of posterior horn medial meniscus); (C) Radial linear defect on axial MRI; (D) การเคลื่อนออกนอกของหมอนรองข้อเข่า (medial meniscus extrusion)

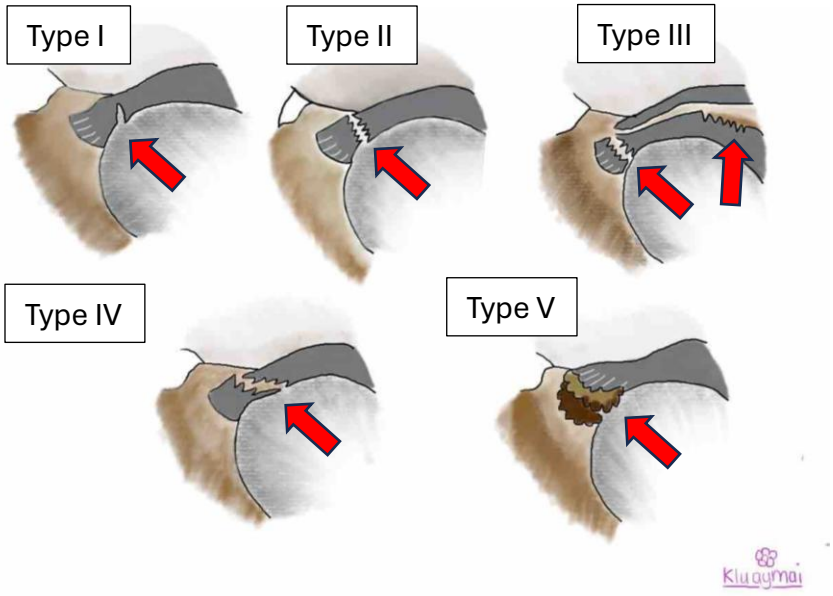

Figure 5. การจำแนกการฉีกขาดของหมอนรองข้อเข่าด้านใน โดย Laprade CM. Type I, Partial stable tear; Type II, Complete radial tear within 9 mm from the root attachment; Type III, Bucket-handle tear with complete root detachment; Type IV, Complex oblique tear; Type V, Bony avulsion fracture with root detachment (ดัดแปลงจาก LaPrade CM. และคณะ [30])

ต่อมา Bin SI. และคณะ ได้พัฒนาระบบการจำแนกการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในผ่านการส่องกล้อง (arthroscopic classification) โดยอ้างอิงจากระดับการเคลื่อนออกนอกข้อของหมอนรองข้อเข่าบน MRI และตำแหน่งของเนื้อเยื่อที่ฉีกขาด ระบบนี้แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

Type A: ไม่มีการเคลื่อนออก (non-displaced)

Type B: มีการซ้อนทับของเนื้อเยื่อที่ฉีกขาด (overlapped)

Type C: มีการเคลื่อนออกอย่างชัดเจน (widely displaced)

และจากการศึกษา พบว่า Type C กลุ่มที่มีการเคลื่อนออกอย่างชัดเจน มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดความผิดรูปของข้อเข่าแบบโก่งเข้า (varus deformity) มากกว่ากลุ่มที่ไม่มีการเคลื่อนออกหรือกลุ่มที่มีการซ้อนทับของเนื้อเยื่อที่ฉีกขาดประมาณ 4° นอกจากนี้ยังพบ อัตราการเคลื่อนออกนอกข้อของหมอนรองข้อเข่าที่สูงขึ้น รวมถึงความเสียหายของกระดูกอ่อนระดับ III หรือ IV บริเวณผิวข้อของกระดูกต้นขาด้านใน และ การเกิดข้อเข่าเสื่อมในช่องข้อด้านใน (medial compartment osteoarthritis) ในอัตราที่สูงกว่ากลุ่มอื่น [31]

6. การรักษา

อ้างอิงจากธรรมชาติของการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง หากไม่ได้รับการรักษาอย่างเหมาะสม มีโอกาสสูงที่จะเกิดการเคลื่อนของหมอนรองข้อเข่าออกนอก และข้อเข่าเสื่อมจะดำเนินไปอย่างรวดเร็ว โดยการรักษาสามารถแบ่งออกเป็น 2 แนวทางหลัก ได้แก่ 1) การรักษาด้วยวิธีอนุรักษ์ (nonoperative treatment); และ 2) การรักษาด้วยการผ่าตัด (operative treatment)

6.1 การรักษาด้วยวิธีอนุรักษ์

แนวทางการรักษาด้วยวิธีอนุรักษ์หรือการรักษาแบบไม่ผ่าตัดมีหลากหลายวิธี ประกอบไปด้วยการใช้ยาต้านการอักเสบที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ (non steroid anti-inflammatory drugs, NSAIDs) การฉีดสเตียรอยด์ที่เข่า (corticosteroid injection) การใช้สนับเข่าลดแรงกระแทก (unloader knee brace) การทำกายภาพบำบัด การใช้เครื่องช่วยเดิน เช่น ไม้เท้าหรือไม้ค้ำยัน การใช้แผ่นรองเท้าปรับสมดุล (orthotic) เครื่องช่วยเดิน (gait aid) และสนับเข่าแบบบานพับ (hinge knee brace) โดยวิธีนี้มีประโยชน์ คือ เพื่อป้องกันความเสียหายเพิ่มเติมต่อหมอนรองข้อเข่า และช่วยบรรเทาอาการปวดในระยะเฉียบพลัน อย่างไรก็ตาม การฉีดสเตียรอยด์ก็ควรหลีกเลี่ยงในผู้ป่วยที่มีแผนจะผ่าตัดซ่อมแซมหมอนรองข้อเข่า เนื่องจากอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการติดเชื้อและรบกวนกระบวนการฟื้นตัวของเนื้อเยื่อหมอนรองข้อเข่า แม้ว่าการรักษาด้วยวิธีอนุรักษ์จะสามารถบรรเทาอาการปวดได้ แต่ไม่สามารถป้องกันการดำเนินการเกิดข้อเข่าเสื่อมในระยะยาวได้ [7, 32] การทำกายภาพบำบัดสามารถช่วยเพิ่มคะแนนของประสิทธิภาพทำงานของข้อเข่าและลดอาการปวดได้ โดยเฉพาะในกรณีที่การฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าที่เกิดจากความเสื่อม จากการศึกษาด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ (meta-analysis) ของ Faucett SC. และคณะ พบว่า ในผู้ป่วยกลุ่มนี้มีอัตราการดำเนินของข้อเข่าเสื่อมในระยะ 10 ปี สูงถึง ร้อยละ 95 และมีอัตราการเปลี่ยนข้อเข่าเทียมถึงร้อยละ 45 [15] นอกจากนี้จากหลายการศึกษาพบว่า อัตราการเปลี่ยนข้อเข่าเทียมในกลุ่มที่รักษาแบบไม่ผ่าตัดสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยการผ่าตัดซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่า [7, 15, 33, 34]

การรักษาแบบไม่ผ่าตัดของการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง จึงแนะนำไว้สำหรับกลุ่มผู้ป่วยในกลุ่ม ดังนี้

1. ผู้ป่วยที่มีข้อจำกัดหรือความเสี่ยงสูงในการผ่าตัด
2. ผู้ป่วยที่มีข้อเข่าเสื่อมขั้นรุนแรง (Kellgren-Lawrence grade III-IV)
3. ผู้ป่วยที่ไม่สามารถปฏิบัติตามแนวทางการฟื้นฟูหลังการผ่าตัดได้ [35]

6.2 การรักษาด้วยการผ่าตัด

การรักษาด้วยการผ่าตัดมีตัวเลือกในการรักษาได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ รวมทั้ง อายุ ระดับความเสียหายของหมอนรองข้อเข่า สภาพข้อเข่า และปัจจัยเฉพาะตัวของผู้ป่วยแต่ละราย โดยมีเป้าหมายคือ การบรรเทาอาการปวด เพิ่มคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น ป้องกันการดำเนินของข้อเข่าเสื่อม และฟื้นฟูการทำงานของหมอนรองข้อเข่า แพทย์ผู้รักษาจำเป็นต้องพูดคุยกับผู้ป่วยเกี่ยวกับเป้าหมายของการรักษาและผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นหลังการผ่าตัด เช่น หากผู้ป่วยมีภาวะฉีกขาดเฉียบพลันของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง แต่ไม่สามารถปฏิบัติตามแนวทาการฟื้นฟูหลังผ่าตัดได้ เนื่องจากปัญหาทางเศรษฐกิจการผ่าตัดซ่อมแซมหมอนรองข้อเข่าอาจไม่ใช่ทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วย

โดยตัวเลือกของการรักษาแบบผ่าตัดในปัจจุบันมีดังนี้

1. การตัดหมอนรองข้อเข่าบางส่วนหรือทั้งหมด (total or partial meniscectomy)

2. การผ่าตัดซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่า (meniscus root repair)

3. การสร้างใหม่ของรากหมอนรองข้อเข่าด้วยเนื้อเยื่อทดแทน (meniscus reconstruction)

4. การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม (arthroplasty)

6.2.1 การตัดหมอนรองข้อเข่าบางส่วนหรือทั้งหมด

ในอดีตวิธีการตัดหมอนรองข้อเข่าออกเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการรักษาหมอนรองข้อเข่าฉีกขาด ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักคือ การตัดหมอนรองข้อเข่าบางส่วน (partial meniscectomy) โดยพยายามรักษาเนื้อเยื่อหมอนรองข้อเข่าให้มากที่สุด และการตัดหมอนรองข้อเข่าทั้งหมด (total meniscectomy) โดยมีเป้าหมาย คือ เพื่อบรรเทาอาการปวดที่เกิดจากหมอนรองข้อเข่าที่ไม่มั่นคง และลดการระคายเคืองจากกลไกจากการฉีกขาดของหมอนรองข้อเข่า การตัดหมอนรองข้อเข่าในภาวะฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าต่างจากการฉีกขาดทั่วไป โดยการฉีกขาดรูปแบบอื่น เช่น radial tear หรือ vertical tear หากเก็บรักษาหมอนรองข้อเข่าไว้ได้มากพอ หน้าที่รับความตึงเครียดแบบวงแหวน ยังทำงานได้ แต่ในกรณีนี้ไม่ว่าจะเก็บรักษาหมอนรองข้อเข่าไว้มากเพียงใด ก็ยังคงสูญเสียหน้าที่การรับแรง ทำให้กระดูกอ่อนผิวข้อรับแรงมากขึ้น และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเสื่อมของข้อเข่าในอนาคต

ข้อบ่งชี้สำหรับการตัดหมอนรองข้อเข่า คือ ผู้ป่วยที่มีกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่ไม่ต้องใช้ข้อเข่าหนัก (low demand patients) ผู้ป่วยที่มีข้อเข่าเสื่อมระยะรุนแรง (K-L grade III-IV) ผู้ป่วยที่มีอาการจากการฉีกขาดของหมอนรองข้อเข่าที่ทำให้เกิดอาการกลไกติดขัด (mechanical symptoms) การฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าบางส่วน (partial root tear) ที่ยังมีจุดเกาะมากกว่าร้อยละ 50 ผู้ป่วยที่มีคุณภาพเนื้อเยื่อหมอนรองข้อเข่าไม่ดี (poor meniscal tissue quality) [7, 33, 34] โดยผลลัพธ์ของการตัดหมอนรองข้อเข่าในระยะสั้นสามารถช่วยบรรเทาอาการปวดและบวมได้ดี แต่ในระยะยาวอาจทำให้ข้อเข่าเสื่อมมากขึ้น จากงานวิจัยของ Krych AJ. และคณะ พบว่าอัตราการเปลี่ยนข้อเข่าเทียม จากการติดตามผลเฉลี่ย 5 ปีอยู่ที่ ร้อยละ 54 [36] ซึ่งเป็นอัตราที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่น ๆ [7, 15, 33, 34] ดังนั้น การตัดหมอนรองข้อเข่าควรใช้เฉพาะในผู้ป่วยที่มีข้อบ่งชี้เหมาะสมและควรพิจารณาแนวทางการรักษาอื่นที่สามารถรักษาโครงสร้างและการทำงานของหมอนรองข้อเข่าได้

6.2.2 การผ่าตัดซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่า

การผ่าตัดซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าเป็นแนวทางการรักษาที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากมีผลลัพธ์ระยะยาวที่ดีกว่า เมื่อเทียบกับการรักษาแบบไม่ผ่าตัด[34] ข้อดีของวิธีนี้คือ ทำให้ชีวกลศาสตร์ของข้อเข่ากลับมาใกล้เคียงเดิม ช่วยทำให้การกระจายแรงของข้อเข่าให้เป็นปกติ ลดอัตราการเปลี่ยนข้อเข่าเทียมในอนาคต ถึงแม้ว่าการซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าจะไม่สามารถทำให้การกระจายแรงกลับมาเหมือนปกติได้ เนื่องจากการยืดตัวของไหมเย็บหลังการซ่อม แต่แรงกดสัมผัส (contact pressure) และพื้นที่สัมผัส (contact area) จะใกล้เคียงกับข้อเข่าที่มีหมอนรองข้อเข่าปกติ [37, 38] ในกรณีที่ไม่สามารถเย็บซ่อมให้รากหมอนรองข้อเข่าให้กลับมาอยู่ในตำแหน่งกายวิภาคเดิม (non-anatomic repair) ก็อาจทำให้การกระจายแรงผิดปกติ และนำไปสู่การสึกของข้อเข่าในอนาคตได้เช่นเดียวกัน โดยงานวิจัยทางชีวกลศาสตร์ของ Laprade และคณะ ในปี พ.ศ. 2558 พบว่า แรงกดสัมผัสเฉลี่ยและแรงกดสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับข้อเข่าปกติและการซ่อมแซมในตำแหน่งกายวิภาคเดิม[38] (Figure 6)

วิธีในการซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่า มีหลายวิธี โดยแต่ละวิธีทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานของเข่าดีขึ้น และลดอัตราการเปลี่ยนข้อเข่าเทียมในอนาคต การผ่าตัดซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่า จึงถือเป็นแนวทางการรักษาที่มีประสิทธิภาพ และควรได้รับการพิจารณาสำหรับผู้ป่วยที่มีข้อบ่งชี้เหมาะสม โดยวิธีการผ่าตัดซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่า มี 2 วิธีหลัก ดังนี้

6.2.2.1 วิธีการซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าผ่านกระดูกหน้าแข้ง (transtibial pullout technique)

วิธีนี้เป็นวิธีมาตรฐานที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและความคุ้นเคยของศัลยแพทย์ในการผ่าตัด สามารถเข้าถึงอุปกรณ์ได้ง่าย มีบริษัททางการแพทย์หลายแห่งที่ผลิตอุปกรณ์เฉพาะสำหรับเทคนิคนี้ สำหรับขั้นตอนของวิธีนี้คือ การใช้สว่านเจาะจากกระดูกหน้าแข้ง ไปยังตำแหน่งรากหมอนรองข้อเข่าที่เกาะอยู่ด้านหลังของกระดูกหน้าแข้ง หลังจากนั้นทำการ

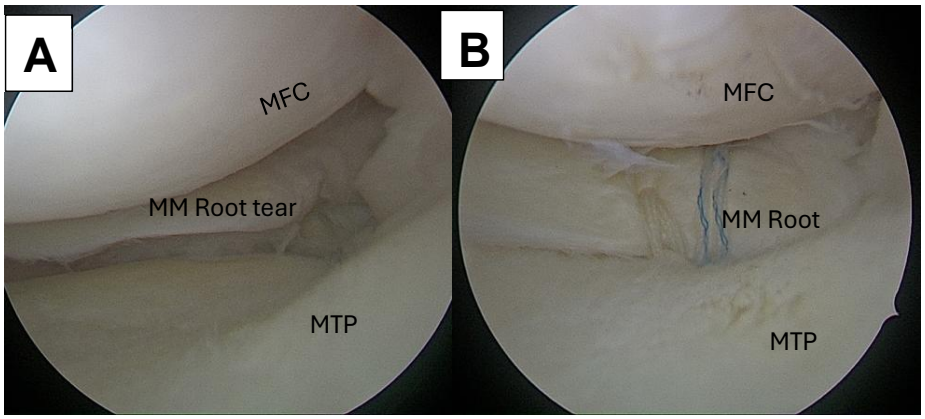

Figure 6. การผ่าตัดส่องกล้องในผู้ป่วยที่มีการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง (A) ภาพจากการผ่าตัดส่องกล้องเย็บซ่อมรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง (MFC, medial femoral condyle; MM Root tear, medial meniscus root tear; MM Root, medial meniscus root; MTP, medial tibial plateau)

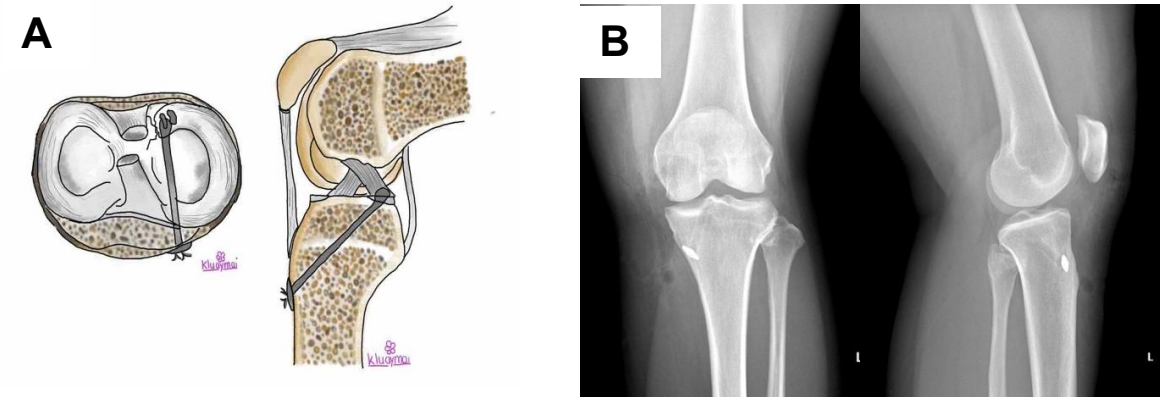

Figure 7. วิธีการซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าผ่านกระดูกหน้าแข้ง (transtibial pullout technique) (A) ภาพถ่ายทางรังสีของเข่าขวาของผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยการเย็บซ่อมรากหมอนรองข้อเข่าด้วยวิธี transtibial pullout (B).

เย็บหมอนรองข้อเข่าบริเวณที่ฉีกขาด ดึงหมอนรองข้อเข่าเข้าสู่รูที่เจาะไว้ โดยใช้ไหมเย็บ และผูกปมไว้ที่กระดูกหน้าแข้ง (Figure 7) ส่วนข้อเสียของวิธีนี้ คือ แรงดึงย้อนกลับที่ตำแหน่งซ่อมแซม อาจทำให้การยึดเกาะของหมอนรองข้อเข่าไม่สมบูรณ์ (bungee effect) มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของเส้นประสาทและหลอดเลือด (neurovascular injury) หากตำแหน่งเจาะสว่านคลาดเคลื่อน รูเจาะผ่านกระดูกหน้าแข้ง (transtibial tunnel) อาจรบกวนการผ่าตัดอื่น ๆ ที่ทำพร้อมกันและไหมเย็บอาจเกิดการยืดตัวหรือเสียดสีกับโพรงกระดูก (suture elongation and abrasion) ทำให้เสี่ยงต่อการหลุดของไหมเย็บในอนาคต [39, 40]

การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับวิธีนี้ พบว่าให้ผลลัพธ์เกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้งานข้อเข่าที่ดี สามารถชะลอการดำเนินของข้อเข่าเสื่อม และลดอัตราการเปลี่ยนข้อเข่าเทียมได้ โดยพบว่าอัตราการเปลี่ยนข้อเข่าเทียมภายใน 10 ปี ในกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยวิธีนี้ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับการตัดหมอนรองข้อเข่าบางส่วน และกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยวิธีอนุรักษ์ อย่างมีนัยสำคัญ ร้อยละ 33.5 เทียบกับร้อยละ 51.5 และร้อยละ 45.5 ตามลำดับ [33] อย่างไรก็ตาม ในผู้ป่วยที่อายุน้อยกว่า 50 ปี พบว่ามีความเสี่ยงต่อการผ่าตัดซ้ำ สูงกว่ากลุ่มผู้ป่วยที่มีอายุสูงกว่า เนื่องจากระดับกิจกรรมและความต้องการใช้งานข้อเข่าของผู้ป่วยอายุน้อยอาจสูงกว่า ทำให้แรงยึดตรึงที่ได้จากการซ่อมแซมอาจไม่เพียงพอในกลุ่มผู้ป่วยนี้ [40] ถึงแม้วิธี transtibial pull-out repair จะสามารถชะลอการดำเนินของโรคข้อเข่าเสื่อมได้ แต่ไม่สามารถหยุดการดำเนินโรคของข้อเข่านี้ได้โดยสมบูรณ์

6.2.2.2 วิธีการซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข้าด้วยหมุดเย็บ (suture anchor technique)

วิธีนี้ได้รับความนิยมน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธี transtibial pull-out เนื่องจากความยากในการวางหมุดเย็บ (suture anchor) ขั้นตอนของเทคนิคนี้ประกอบด้วย การเตรียมเนื้อเยื่อหมอนรองข้อเข่าและฐานกระดูก การวางหมุดเย็บ การเย็บเนื้อเยื่อหมอนรองข้อเข่าที่ฉีกขาด และการรัดปมให้แน่น (Figure 8) ข้อเสียของวิธีนี้ ได้แก่ ความยากในการวางหมุดเย็บ อาจเกิดการระคายเคืองของกระดูกอ่อนจากปมเย็บ การยึดอาจหลวมได้ หากหมุดเย็บไม่ถูกวางอย่างถูกต้อง และต้นทุนที่สูงขึ้นจากการใช้หมุดเย็บ[41] Kuptniratsaikul S. และคณะ [41] ได้เสนอแนวทางการซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังโดยใช้หมุดเย็บแบบ curved sleeve soft anchor suture ทำการเปิดทางเข้าแนวตั้งที่ส่วนในของเข่าห่างจากขอบกระดูก และทำการงอเข่าในขณะที่เจาะกระดูกหน้าแข้งเพื่อวางหมุดเย็บ ทำให้การวางหมุดเย็บง่ายขึ้น [41] และผลลัพธ์เมื่อติดตามไป 2 ปี พบว่าการปวดดีขึ้น สามารถใช้งานเข่าได้ดีกว่าก่อนผ่าตัด มีการลดลงของการเคลื่อนของหมอนรองข้อเข่าออกนอก และยังไม่พบการรายงานของการเกิดข้อเข่าเสื่อมมากขึ้นหลังจากผ่าตัด [41] (Figure 9)

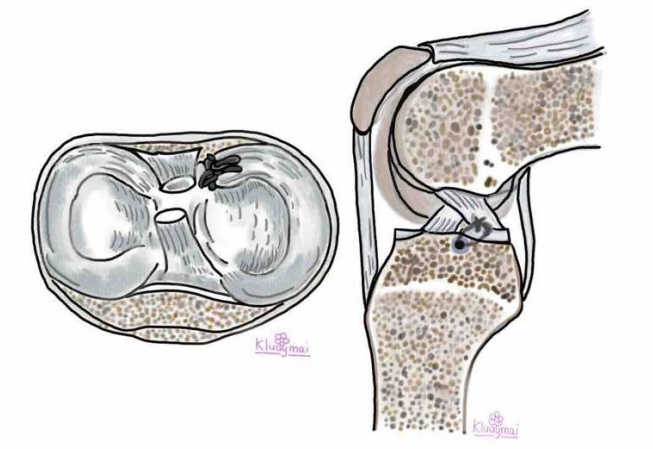

Figure 8. วิธีการซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าด้วยหมุดเย็บ (suture anchor technique).

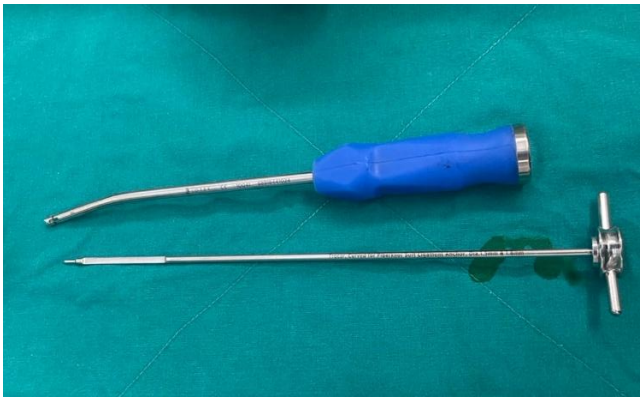

Figure 9. อุปกรณ์สำหรับซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังโดยใช้หมุดเย็บแบบ curved sleeve soft anchor suture โดย Kuptniratsaikul S.และคณะ

ผลลัพธ์ของการผ่าตัดด้วยวิธีนี้ จากการศึกษาของ Kim JH และคณะ พบว่า อัตราเชื่อมกันของรากหมอนรองข้อเข่าจากการถ่ายภาพทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไม่แตกต่างจากการซ่อมแซมแบบ transtibial pull out แต่อย่างไรก็ตาม ทั้งสองวิธีนี้ก็พบว่า การเคลื่อนหมอนรองข้อเข่ายังคงไม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากก่อนการผ่าตัด [43] มีหลายการศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง วิธี transtibial pull-out repair และวิธี anchor suture เนื่องจากทั้งสองวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน (Table 1)

การศึกษาทางชีวกลศาสตร์โดย Feucht MJ และคณะ พบว่าวิธี anchor suture ทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบ (cyclic loading) และมีความแข็งแรงสูงกว่าวิธี transtibial pull-out repair อย่างไรก็ตาม ทั้งสองวิธีก็ไม่สามารถสร้างความแข็งแรงที่เทียบเท่ากับเนื้อเยื่อธรรมชาติได้ [44] ในทางกลับกัน การศึกษาของ Wu SH และคณะ [45] ซึ่งเป็นการศึกษาในข้อเข่าหมู พบว่าวิธี anchor suture ต้องใช้แรงมากกว่าและมีความแข็งแรงน้อยกว่า แต่อย่างไรการตามการศึกษาส่วนใหญ่พบว่า ค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนหมอนรองข้อเข่า ผลลัพธ์การใช้งานหลังการผ่าตัด ระดับการสึกของกระดูกอ่อน และอัตราการเชื่อมติดของหมอนรองข้อเข่าทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ [45] ทางคณะผู้นิพนธ์ได้ทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงกดสัมผัสที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงผิวข้อต่อเข่าหลังการผ่าตัดซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าส่วนหลังด้านในด้วยวิธีการใช้ anchor suture และ transtibial pull-out ในร่างผู้บริจาคอวัยวะ ซึ่งพบว่าทั้ง 2 วิธี สามารถทำให้แรงกดสัมผัสที่เกิดขึ้นไม่แตกต่างจากร่างผู้บริจาคอวัยวะที่ยังมีรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังอยู่ จากการศึกษานี้จึงสรุปว่าทั้ง 2 วิธีให้ผลที่ไม่แตกต่างกันในเรื่องแรงกดสัมผัส [47]

ตามที่ได้กล่าวถึงข้างต้น การเคลื่อนตัวออกของหมอนรองข้อเข่า หรือ meniscal extrusion อาจไม่เปลี่ยนแปลงหลังการซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าไม่ว่าจะใช้วิธีใด ดังนั้นจึงมีวิธีที่ถูกเพิ่มเข้ามาในกระบวนการซ่อมแซมเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของหมอนรองข้อเข่าในระหว่างการยืดและงอเข่า [48, 49] มีการศึกษาการจัดตำแหน่งใหม่ด้วยวิธีการ reduction or centralization ของหมอนรองข้อเข่าของหนู โดย Ozeki N. และคณะ ซึ่งการศึกษานี้สรุปว่า centralization ช่วยแก้ไขการเคลื่อนตัวของหมอนรองข้อเข่าด้านในและชะลอการเสื่อมของกระดูกอ่อน อย่างไรก็ตามวิธีนี้ยังคงเป็นประเด็นที่ถกเถียงกันอยู่ เนื่องจาก

Table 1. ข้อดี และข้อเสีย ของวิธีการผ่าตัดซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าผ่านกระดูกหน้าแข้ง (transtibial pullout technique) และ วิธีการซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าด้วยหมุดเย็บ (suture anchor technique).

Transtibial pullout suture	Anchor suture
ข้อดี	
- เป็นวิธีที่ศัลยแพทย์ส่วนใหญ่คุ้นเคย	- ไม่มีดึงย้อนกลับที่ตำแหน่งซ่อมแซม (no bungee effect)
- มีความง่ายทางเทคนิคมากกว่า	- ไม่มีรูเจาะผ่านกระดูกหน้าแข้ง (no interfere with bone tunnel)
- สามารถเข้าถึงอุปกรณ์ได้ง่าย	- ไหมเย็บอาจเกิดการยืดตัวหรือเสียดสีกับโพรงกระดูกได้น้อยกว่า (less suture elongation and abrasion)
- ใช้อุปกรณ์สำหรับผ่าตัดส่องกล้องทั่วไป	
- ซ่อมแซมแล้วได้ตำแหน่งทางกายภาพเดิม	- ความเสี่ยงต่ำในการบาดเจ็บจากเส้นประสาทและหลอดเลือด
ข้อเสีย	
- ความแข็งแรงน้อยกว่า	- ความยากในการวางหมุดเย็บ
- มีการเจาะกระดูกเพื่อทำทาง (bone tunnel require)	- อาจเกิดการระคายเคืองที่กระดูกอ่อนจากการผูกปม
- มีดึงย้อนกลับที่ตำแหน่งซ่อมแซม (bungee effect)	- การยึดอาจคลายตัวหากหมุดเย็บไม่ถูกวางในตำแหน่งที่เหมาะสม
- ความเสี่ยงในการบาดเจ็บของเส้นประสาทและหลอดเลือด	- ค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมสำหรับหมุดเย็บ

กลไกและความตึงเครียดที่เปลี่ยนแปลงของหมอนรองข้อเข่าอาจส่งผลต่ออาการปวดและความแข็งตึงหลังจากการผ่าตัดซ่อมแซม[51] (Figure 10)

การซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าให้ผลลัพธ์ในระยะยาวที่ดีกว่าการรักษาด้วยวิธีไม่ผ่าตัดและการตัดหมอนรองข้อเข่า[33] ผลลัพธ์ของการซ่อมแซมขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย การศึกษาของ Jiang EX และคณะ ในปี พ.ศ. 2562 พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการพยากรณ์ผลที่ไม่ดีในการซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าด้านในได้แก่ โรคอ้วน อายุที่เพิ่มขึ้น ข้อเข่าเสื่อมรุนแรง และการผิดปกติของการจัดเรียงข้อต่อที่เอียงไปทางข้างในมากกว่า 5° [52] ดังนั้นการเลือกผู้ป่วยให้เหมาะสมต่อการรักษาจึงเป็นอีกปัจจัยที่ควรพิจารณาอย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ

6.2.3 การสร้างใหม่ของรากหมอนรองข้อเข่าด้วยเนื้อเยื่อทดแทน (meniscus root reconstruction)

การซ่อมแซมการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังมีความสำคัญในการป้องกันการเกิดข้อเข่าเสื่อม และมีรายงานผลลัพธ์ทางคลินิกที่ดี อย่างไรก็ตามในแง่ของการแก้ไขการยื่นออกและการประสิทธิภาพในการติดคืนของหมอนรองข้อเข่า (healing process) ยังให้ผลลัพธ์ที่ไม่ดีพอ การสร้างใหม่ของรากหมอนรองข้อเข่าด้านใน สามารถฟื้นฟูการทำงานของวงหมอนรองข้อเข่าและการทำงานทางชีวกลศาสตร์ของข้อเข่าให้ใกล้เคียงปกติได้ โดยมีการศึกษาของ Ishikawa H. และ Holmes SW. ที่ใช้การผสมผสานระหว่างการสร้างใหม่ของรากหมอนรองข้อเข่าโดยใช้ gracilis tendon ของตัวผู้ป่วยเอง และวิธีการซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าแบบ transtibial pullout [52, 53] โดยวิธีนี้มีข้อดีคือสามารถช่วยให้เกิดแรงตึงของวงหมอนรองข้อเข่าด้านในและยับยั้งการเสื่อมของกระดูกอ่อน เป็นวิธีที่ใช้เส้นเอ็นผู้ป่วยเองไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาภูมิคุ้มกัน การสมานตัวของกระดูกและเส้นเอ็นดีกว่าแบบเย็บซ่อม และนอกเหนือจากการสร้างใหม่แล้ว การซ่อมแซม transtibial pull out repair ที่นำมาประยุกต์ใช้ร่วมด้วย ก็มีส่วนช่วยลดความเครียดทางกลศาสตร์ที่เกิดขึ้นกับการปลูกถ่ายเมื่อเทียบกับการสร้างใหม่เพียงอย่างเดียว ไม่คำนึงถึงการเสื่อมของหมอนรองข้อเข่าที่ขาด และเมื่อทำการผ่าตัดพร้อมกับการตัดกระดูกหน้าแข้ง (high tibial osteotomy) ก็สามารถลงเปิดเป็นแผลเดียวกันได้ สำหรับข้อเสียของวิธีนี้คือ เป็นวิธีที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยประสบการณ์ ใช้ทักษะที่หลากหลาย เวลาที่ใช้ในการผ่าตัดนานกว่าวิธีก่อนหน้า และอาจเกิดภาวะแทรกซ้อนของตำแหน่งที่เส้นเอ็นถูกนำมาใช้ (donor site injury) [53, 54]

6.2.4. การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม (arthroplasty)

การผ่าตัดข้อเข่าเทียมแบบเปลี่ยนข้อเข่าบางส่วนเป็นหนึ่งในตัวเลือกที่มีการใช้รักษาผู้ป่วยที่มีรากหมอนรองข้อเข่าฉีกขาด และมีภาวะข้อเข่าเสื่อมระดับรุนแรงร่วมด้วย มีการศึกษาผลลัพธ์ทางคลินิกของการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าในการรักษาโรคข้อเข่าเสื่อมทุติยภูมิ (secondary osteoarthritis;OA) ที่เกิดจากการฉีกขาดของรากด้านหลังของหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังและไม่เข้าเกณฑ์สำหรับการผ่าซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่า ด้วยการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมแบบบางส่วน (unicompartmental knee arthroplasty; UKA) พบว่า วิธีนี้ช่วยบรรเทาอาการปวด ผู้ป่วยสามารถกลับมาใช้งานได้ใกล้เคียงปกติ และยังไม่พบ

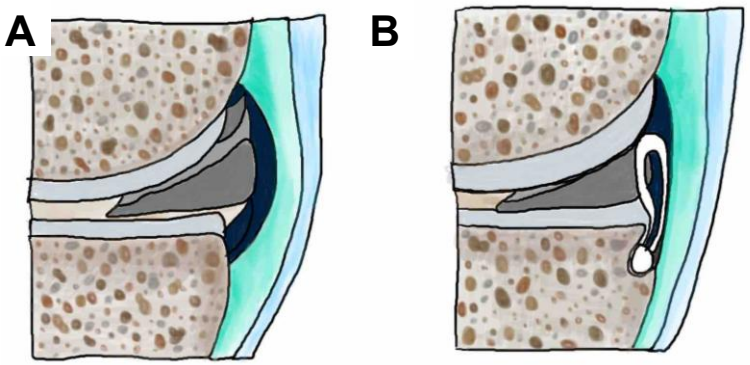

Figure 10. การเคลื่อนตัวออกของหมอนรองข้อเข่า หรือ meniscal extrusion (A); และการ centralization ของหมอนรองข้อเข่า (B).

การเปลี่ยนแปลงทางภาพถ่ายทางรังสีของข้อเข่าเสื่อม ดังนั้นนี้จึงอาจเป็นหนึ่งในทางเลือกในการรักษาที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่มีข้อเข่าเสื่อมด้านในที่เกิดร่วมกับการฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่า[14, 55]

ข้อบ่งชี้สำหรับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมในผู้ป่วยที่มีรากหมอนรองข้อเข่าฉีกขาด คือ ผู้ป่วยที่มีกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่ไม่ต้องใช้ข้อเข่าหนัก (low demand patients) ผู้ป่วยที่มีภาวะข้อเข่าเสื่อมระยะรุนแรง ผู้ป่วยที่มีประเมินแล้วพบว่ารากหมอนรองข้อเข่าในระยะเรื้อรังที่ทำให้การเย็บซ่อมแซมทำได้ยากผู้ป่วยที่มีคุณภาพเนื้อเยื่อหมอนรองข้อเข่าไม่ดี (poor meniscal tissue quality)[55]

เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อผลลัพธของการรักษารากของหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง โดยมีปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ระยะเวลาที่เกิดการฉีกขาด ระดับความรุนแรงของโรคข้อเข่าเสื่อม และความผิดปกติของแนวแกนขา (ภาวะเข่าโก่ง > 5°) บทความนี้ได้เสนอแนวทางเชิงกลยุทธ์ในการรักษาไว้ดังแผนภูมิ (Figure 11)

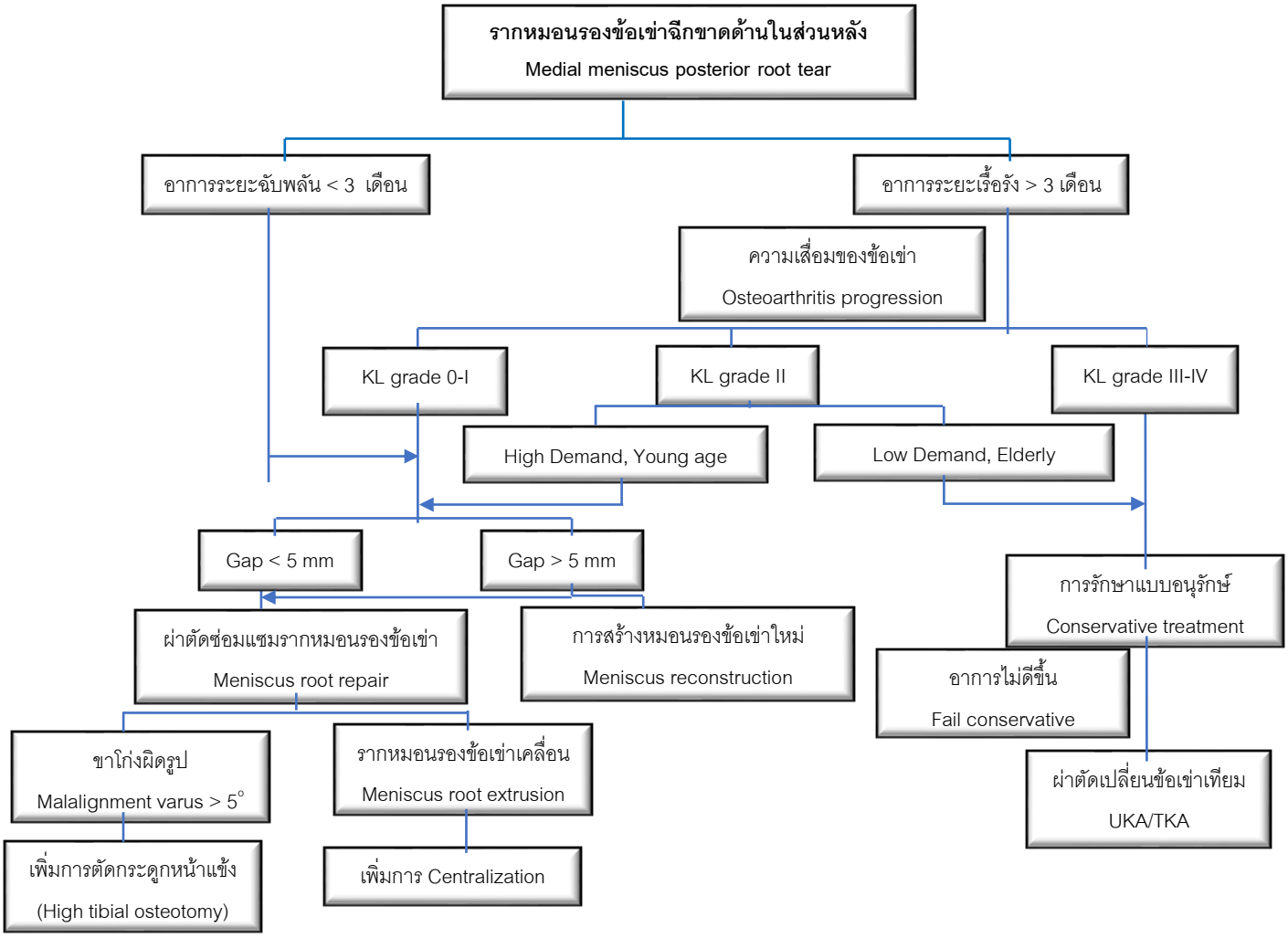

Figure 11. แนวทางในการรักษาภาวะรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลังโดยคณะผู้นิพนธ์.

7. การฟื้นฟูหลังการผ่าตัด

เป้าหมายหลักของการฟื้นฟูหลังผ่าตัด คือการบรรเทาอาการปวดและบวม แนวทางการรักษาส่วนใหญ่ แนะนำให้ชะลอการเคลื่อนไหวออกไปเป็นเวลาอย่างน้อย 4 สัปดาห์ ด้วยการใช้เฝือกหรืออุปกรณ์พยุงเข่าที่จำกัดการงอเข่าในช่วง 4 สัปดาห์แรก โดยในช่วง 2 สัปดาห์แรกควรตรึงเข่าในท่าเหยียดตรงเต็มที่แต่ก็มีบางการศึกษาแนะนำให้ใช้เครื่องเคลื่อนไหวแบบต่อเนื่อง (continuous passive motion, CPM) ทันทีหลังการผ่าตัด[56] และใน 2 สัปดาห์ถัดไปจึงจะเริ่มให้เคลื่อนไหวในช่วง 0 - 30° เพื่อป้องกันกลไกของ femoral rollback และลดความเสี่ยงต่อความเสียหายของหมอนรองข้อเข่าที่ซ่อมแซม[57] การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวของข้อ (active range of motion exercise) ควรเริ่มหลังจาก 4 - 6 สัปดาห์ ผู้ป่วยควรหลีกเลี่ยงการลงน้ำหนักที่ขาข้างที่ผ่าตัด (non-weight bearing) หรือใช้การลงน้ำหนักที่เท้าบางส่วน (toe-touch weight bearing) ในช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังการผ่าตัด จากนั้นสามารถเพิ่มการลงน้ำหนักแบบค่อยเป็นค่อยไปจนสามารถลงน้ำหนักเต็มที่ได้ภายใน 6 - 8 สัปดาห์หลังผ่าตัด การออกกำลังกายแบบ isometric ของกล้ามเนื้อ quadriceps สามารถเริ่มได้ตั้งแต่วันแรกหลังผ่าตัด อย่างไรก็ตาม การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงแบบ active strengthening ควรเริ่มหลังจาก 8 -12 สัปดาห์เป็นต้นไป ในผู้ป่วยส่วนใหญ่ การกลับไปทำกิจกรรมเต็มรูปแบบสามารถทำได้ภายใน 4 - 6 เดือนหลังการผ่าตัด [57]

สรุป

ปัจจุบันผู้ป่วยที่มีภาวะฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าด้านในส่วนหลัง ได้รับการวินิจฉัยมากขึ้น เนื่องจากความเข้าใจเกี่ยวกับตัวโรคที่ดีขึ้นและการเข้าถึงเครื่องมือวินิจฉัย โดยความสำคัญของรากหมอนรองข้อเข่า คือการช่วยรักษาเสถียรภาพของหมอนรองข้อเข่าทั้งชิ้น การฉีกขาดของรากหมอนรองข้อเข่าจะทำให้การกระจายแรงดึงรอบหมอนรองข้อเข่าสูญเสียไป ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่การเกิดข้อเข่าเสื่อมการบาดเจ็บนี้มักพบในผู้สูงอายุ และเกิดจากแรงกระทำที่ไม่รุนแรง ในการใช้ชีวิตประจำวันทั่วไป เช่น การนั่งยอง การขึ้นลงบันได โดยมีปัจจัยเสี่ยงคือ น้ำหนักตัวที่มากขึ้น และลักษณะแนวแกนขาที่ผิดรูป การวินิจฉัยด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความไวและความจำเพาะสูง เนื่องจากสามารถแสดงลักษณะที่จำเพาะต่อการฉีกขาดของหมอนรองข้อเข่าด้านในได้ เช่น cleft sign, ghost sign และ medial meniscus extrusion อย่างไรก็ตามการวินิจฉัยก็จำเป็นต้องอาศัยการซักประวัติ ตรวจร่างกายทางคลินิกและการยืนยันด้วยการตรวจทางรังสีวิทยา การรักษาแบบไม่ผ่าตัดอาจช่วยบรรเทาอาการปวดและลดอาการบวมได้ในระยะสั้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาพบว่าแนวโน้มการดำเนินโรคมักนำไปสู่ข้อเข่าเสื่อมและเพิ่มโอกาสของการเปลี่ยนข้อเข่าเทียมในอนาคต ดังนั้นการซ่อมแซมรากหมอนรองข้อเข่าในผู้ป่วยที่มีอาการฉีกขาดเฉียบพลันหรือมีข้อเข่าเสื่อมเพียงเล็กน้อยจึงเป็นวิธีที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย เพื่อป้องกันการยื่นออกของหมอนรองข้อเข่าและลดอัตราการเปลี่ยนข้อเข่าเทียมในอนาคต นอกจากนี้ การรักษาด้วยวิธีทางชีวภาพก็อาจมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการหายของหมอนรองข้อเข่า อย่างไรก็ตาม ยังมีความจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันประสิทธิภาพของการรักษาดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

1. Allaire R, Muriuki M, Gilbertson L, Harner CD. Biomechanical consequences of a tear of the posterior root of the medial meniscus: Similar to total meniscectomy. J Bone Joint Surg Am 2008;90: 1922–31.
2. Weaver JB. Ossification of the internal cartilage. J Bone Joint Surg 1935;17:195-8.
3. Pagnani MJ, Cooper DE, Warren RF. Extrusion of the medial meniscus. Arthroscopy 1991;7:297–300.
4. Padalecki JR, Jansson KS, Smith SD, Dornan GJ, Pierce CM, Wijdicks CA, et al. Biomechanical consequences of a complete radial tear adjacent to the medial meniscus posterior root attachment site: in situ pull-out repair restores derangement of joint mechanics: In situ pull-out repair restores derangement of joint mechanics. Am J Sports Med 2014;42:699–707.
5. LaPrade RF, Cinque ME, Chahla J, Moatshe G, Faucett SC, Krych AJ. Meniscal root tears: a silent epidemic. Br J Sports Med 2018;52:872–6.

6. Matheny LM, Ockuly AC, Steadman JR, Laprade RF. Posterior meniscus root tear: associated pathologies to assist as diagnosis tools. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2015;23:3127–31.
7. Han SB, Shetty GM, Lee DH. Unfavorable results of partial meniscectomy for complete medial meniscus posterior root tear with early osteoarthritis: a 5- to 8-year follow up study. Arthroscopy 2010;26: 1326–32.
8. Choi ES, Park SJ. Clinical Evaluation of the root tear of the posterior horn of the medial meniscus in the total knee arthroplasty for osteoarthritis. Knee Surg Relat Res 2015; ;27:90–4.
9. Jones RS, Keene GC, Learmonth DJ, Bickerstaff D, Nawana NS, Costi JJ, et al. Direct measurement of hoop strain in the intact and torn human meniscus. Clin Biomech 1996;11:295–300.
10. Johal P, Williams A, Wragg P, Hunt D, Gedroyc W. Tibio-femoral movement in the living knee. a study of weight bearing and non-weight bearing knee kinematics using interventional MRI. J Biomech 2005;38:269–76.
11. Krych AJ, Johnson NR, Mohan R, Hevesi M, Sturart MJ, Littrell LA, Collins MS. Arthritis progression on serial MRIs following diagnosis of medial meniscus posterior horn root tear. J Knee Surg 2018;31: 698–704.
12. Krych AJ, Reardon PJ, Johnson NR, Mohan R, Peter L, Levy BA, et al. Non-operative management of medial meniscus posterior horn tears is associated with worsening arthritis and poor clinical outcome at 5-year follow up. Knee Surg Sports Tramatol Arthrsc 2017;25:383–389
13. Gale DR, Chaisson CE, Totterman SM, Schwartz RK, Gale ME, Felson D. Meniscal subluxation: association with osteoarthritis and joint space narrowing. Osteoarthritis Cartilage 1999;7:526–32.
14. Kawada K, Yokoyama Y, Okazaki Y, Tamura M, Ozaki T, Furumatsu T. Medial meniscus posterior root tears with advanced osteoarthritis or subchondral insufficiency fracture are good indications for unicompartmental knee arthroplasty at a minimum 2-year follow-up. Arch Orthop Trauma Surg 2024; 145:64.
15. Faucett SC, Geisler BP, Chahla J, Krych AJ, Kurzweil PR, Garner AM, et al. Meniscus root repair vs meniscectomy or nonoperative management to prevent knee osteoarthritis after medial meniscus root tears: clinical and economic effectiveness. Am J Sports Med 2019;47:762–9.
16. Marzo JM, Gurske-DePerio J. Effects of medial meniscus posterior horn avulsion and repair on tibiofemoral contact area and peak contact pressure with clinical implications. Am J Sports Med 2009;37:124–9.
17. Kim JG, Lee YS, Bae TS, Ha JK, Lee DH, Kim YJ, et al. Tibiofemoral contact mechanics following posterior root of medial meniscus tear, repair, meniscectomy, and allograft transplantation. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2013;21:2121–5.
18. Gee SM, Posner M. Meniscus anatomy and basic science. Sports Med Arthrosc Rev 2021;29:e18-e23.
19. Mameri ES, Dasari SP, Fortier LM, Verdejo FG, Gursoy S, Yanke AB, et al. Review of meniscus anatomy and biomechanics. Curr Rev Musculoskelet Med 2022;15:323–35.
20. Bhatia S, LaPrade CM, Ellman MB, LaPrade RF. Meniscal root tears: significance, diagnosis, and treatment. Am J Sports Med 2014;42:3016–30.
21. Ra HJ, Ha JK, Jang HS, Kim JG. Traumatic posterior root tear of the medial meniscus in patients with severe medial instability of the knee. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2015;23:3121–6.
22. Bae JH, Paik NH, Park GW, Yoon JR, Chae DJ, Kwon JH, et al. Predictive value of painful popping for a posterior root tear of the medial meniscus in middle-aged to older Asian patients. Arthroscopy 2013; 29:545–9.

23. Hwang BY, Kim SJ, Lee SW, Lee HE, Lee CK, Hunter DJ, et al. Risk factors for medial meniscus posterior root tear. Am J Sports Med 2012;40:1606–10.
24. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthritis. Ann Rheum Dis 1957;16:494–502.
25. Choi SH, Bae S, Ji SK, Chang MJ. The MRI findings of meniscal root tear of the medial meniscus: emphasis on coronal, sagittal and axial images. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2012;20:2098–03.
26. Lee YG, Shim JC, Choi YS, Kim JG, Lee GJ, Kim HK. Magnetic resonance imaging findings of surgically proven medial meniscus root tear: tear configuration and associated knee abnormalities. J Comput Assist Tomogr 2008;32:452–7.
27. Furumatsu T, Fujii M, Kodama Y, Ozaki T. A giraffe neck sign of the medial meniscus: A characteristic finding of the medial meniscus posterior root tear on magnetic resonance imaging. J Orthop Sci 2017; 22:731–6.
28. Nakamura R, Okano A, Yoshida I, Shimakawa T. A spreading roots sign: Characteristic sign of the preliminary stage of medial meniscus posterior root tear on magnetic resonance imaging. J Orthop Sci 2022;27:1107–13.
29. Okazaki Y, Furumatsu T, Kajiki Y, Hiranaka T, Kintaka K, Kodama Y, et al. A posterior shiny-corner lesion of the tibia is observed in the early phase after medial meniscus posterior root tear. Eur J Orthop Surg Traumatol 2022;32:301–6.
30. LaPrade CM, James EW, Cram TR, Feagin JA, Engebretsen L, LaPrade RF. Meniscal root tears: a classification system based on tear morphology. Am J Sports Med. 2015 ;43:363–9.
31. Bin SI, Jeong TW, Kim SJ, Lee DH. A new arthroscopic classification of degenerative medial meniscus root tear that correlates with meniscus extrusion on magnetic resonance imaging. Knee 2016;23:246–50.
32. Lim HC, Bae JH, Wang JH, Seok CW, Kim MK. Non-operative treatment of degenerative posterior root tear of the medial meniscus. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2010 ;18:535–9.
33. Dragoo JL, Konopka JA, Guzman RA, Segovia N, Kandil A, Pappas GP. Outcomes of arthroscopic all-inside repair versus observation in older patients with meniscus root tears. Am J Sports Med 2020;48: 1127–33.
34. Wang L, Chen X, Deng Q, You M, Xu Y, Liu D, et al. Effectiveness of a digital rehabilitation program based on computer vision and augmented reality for isolated meniscus injury: protocol for a prospective randomized controlled trial. J Orthop Surg Res 2023;18:936.
35. Itthipanichpong T, Moonwong S. Medial meniscus root tear: current update review. arthroscopy. IntechOpen;2022. doi: 10.5772/intechopen.98763.
36. Krych AJ, Johnson NR, Mohan R, Dahm DL, Levy BA, Stuart MJ. Partial meniscectomy provides no benefit for symptomatic degenerative medial meniscus posterior root tears. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2018;26:1117–22.
37. RÖpke EF, Kopf S, Drange S, Becker R, Lohmann CH, Stärke C. Biomechanical evaluation of meniscal root repair: a porcine study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2015;23:45–50.
38. LaPrade RF, Padalecki JR, Jansson K, Smith S, Dornan G, Pierce C, et al. Biomechanical consequences of a complete radial tear adjacent to the medial meniscus posterior root attachment site. Orthop J Sports Med 2014;2(1Suppl): 2325967114S00004.
39. Cerminara AJ, LaPrade CM, Smith SD, Ellman MB, Wijdicks CA, LaPrade RF. Biomechanical evaluation of a transtibial pull-out meniscal root repair: challenging the bungee effect. Am J Sports Med 2014;42:2988–95.
40. LaPrade RF, Matheny LM, Moulton SG, James EW, Dean CS. Posterior Meniscal Root Repairs: Outcomes of an anatomic transtibial pull-out technique. Am J Sports Med 2017;45:884–91.

41. Kuptniratsaikul S, Itthipanichpong T, Kuptniratsaikul V. Arthroscopic Medial Meniscus Root Repair With Soft Suture Anchor Without Posterior Portal Technique. Arthrosc Tech 2018;7:e553–6.
42. Thamrongskulsiri N, Pholkerd P, Limskul D, Tanpowpong T, Kuptniratsaikul S, Itthipanichpong T. Clinical and radiographic outcomes of arthroscopic medial meniscus posterior root repair using soft suture anchor without posterior portal technique. Clin Orthop Surg 2024;16:906–16.
43. Kim JH, Chung JH, Lee DH, Lee YS, Kim JR, Ryu KJ. Arthroscopic suture anchor repair versus pullout suture repair in posterior root tear of the medial meniscus: a prospective comparison study. Arthroscopy 2011;27:1644–53.
44. Feucht MJ, Grande E, Brunhuber J, Burgkart R, Imhoff AB, Braun S. Biomechanical evaluation of different suture techniques for arthroscopic transtibial pull-out repair of posterior medial meniscus root tears. Am J Sports Med 2013;41:2784–90.
45. Wu SH, Yeh TT, Hsu WC, Wu ATH, Li G, Chen CH, et al. Biomechanical comparison of four tibial fixation techniques for meniscal root sutures in posterior medial meniscus root repair: a porcine study. J Orthop Translat. 2020;24:144–9.
46. Perry AK, Lavoie-Gagne O, Knapik DM, Maheshwer B, Hodakowski A, Gursoy S, et al. Examining the efficacy of medial meniscus posterior root repair: a meta-analysis and systematic review of biomechanical and clinical outcomes. Am J Sports Med 2023;51:1914–26.
47. Itthipanichpong T, Choentrakool C, Limskul D, Thamrongskulsiri N, Tanpowpong T, Virulsri C, et al. Suture anchor and transtibial pullout refixation of the posterior medial meniscus root tears restore tibiofemoral contact pressure and area to intact meniscus levels. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2025;33:2078–85.
48. Okazaki Y, Furumatsu T, Miyazawa S, Masuda S, Okazaki Y, Hiranaka T, et al. A novel suture technique to reduce the meniscus extrusion in the pullout repair for medial meniscus posterior root tears. Eur J Orthop Surg Traumatol 2019;29:1805–9.
49. Koga H, Watanabe T, Horie M, Katagiri H, Otabe K, Ohara T, et al. Augmentation of the pullout repair of a medial meniscus posterior root tear by arthroscopic centralization. Arthrosc Tech 2017;6:e1335–9.
50. Ozeki N, Muneta T, Kawabata K, Koga H, Nakagawa Y, Saito R, et al. Centralization of extruded medial meniscus delays cartilage degeneration in rats. J Orthop Sci 2017;22:542–8.
51. Jiang EX, Abouljoud MM, Everhart JS, DiBartola AC, Kaeding CC, Magnussen RA, et al. Clinical factors associated with successful meniscal root repairs: a systematic review. Knee 2019;26:285–91.
52. Ishikawa H, Okamura H, Ohno T, Fujita S, Akezuma H, Inagaki K. Arthroscopic medial meniscus posterior root reconstruction and pull-out repair combined technique for root tear of medial meniscus. Arthrosc Tech 2022;11:e109–14.
53. Holmes SW Jr, Huff LW, Barnes AJ, Baier AJ. Anatomic reinforced medial meniscal root reconstruction with gracilis autograft. Arthrosc Tech 2019;8:e209–13.
54. Feucht MJ, Kühle J, Bode G, Mehl J, Schmal H, Südkamp NP, et al. Arthroscopic transtibial pullout repair for posterior medial meniscus root tears: a systematic review of clinical, radiographic, and second-look arthroscopic results. Arthroscopy 2015;31:1808–16.
55. Hiranaka T, Furumatsu T, Okazaki Y, Tanaka T, Ozawa M, Masuda K, et al. Postoperative clinical outcomes of unicompartmental knee arthroplasty in patients with isolated medial compartmental osteoarthritis following medial meniscus posterior root tear. Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol 2021;26:15–20.
56. Vyas D, Harner CD. Meniscus root repair. Sports Med Arthosc Rev 2012;20:86-94.
57. Papalia R, Vasta S, Franceschi F, D'Adamio S, Maffulli N, Denaro V. Meniscal root tear: from basic science to ultimate surgery. Br Med Bull 2013; 106:91–115.