J Med Biosci Vol. 8 No. 1 January - June 2026; 177 - 195 DOI: 10.58837/CHULA.JMBS.8.S1.10

Review article

Innovations in ACL reconstruction surgery

Chatchai Suebnukarn, Kantichat Khoklin, Danaithep Limskul*

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

Abstract

Anterior cruciate ligament (ACL) is a crucial structure directly involved in knee function, including movement, walking, and running. An ACL injury can lead to abnormal knee function and potentially impact daily activities. Current treatments for ACL injuries include conservative treatment and physical therapy for mild cases. However, anterior cruciate ligament reconstruction surgery has become a widely used approach, incorporating advanced techniques to improve patient outcomes and quality of life. The objective of this article is to provide an overview of ACL reconstruction techniques, graft selection, and surgical outcomes, highlighting innovations that contribute to improved treatment efficacy.

Keywords: ACL reconstruction surgery, innovative treatments, anterior cruciate ligament.

***Correspondence to: Danaithep Limskul,** Department of Orthopaedics, Faculty of Medicine, King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society, Bangkok 10330, Thailand.
E-mail: Danaithep.L@chula.ac.th
Received: August 20, 2025
Revised: November 12, 2025
Accepted: December 12, 2025

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

บทความปริทัศน์

นวัตกรรมในการผ่าตัดสร้างเอ็นไขว้หน้าเข่าใหม่

ชัชชัย สืบนุการณ์, กันติชาติ โก๋กลิ่น, ดนัยเทพ ลิ่มสกุล*

ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

เอ็นไขว้หน้าเข่า เป็นอวัยวะสำคัญที่เกี่ยวของกับการใช้งานข้อเข่าโดยตรง ไม่ว่าจะเป็นการขยับการเดินหรือการวิ่ง ซึ่งหากมีการบาดเจ็บต่อเอ็นไขว้หน้าเข่าขึ้น อาจส่งผลทำให้ผู้ป่วยมีการใช้งานข้อเข่าที่ผิดปกติและอาจส่งผลต่อการใช้ชีวิตประจำวันก็เป็นได้ การรักษาเอ็นไขว้หน้าเข่าในปัจจุบันนอกจากจะรักษาด้วยวิธีการรักษาตามอาการหรือกายภาพบำบัดในกรณีที่มีการบาดเจ็บน้อยแล้ว การรักษาด้วยการผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าเข่าด้วยการสร้างใหม่ (anterior cruciate ligament reconstruction surgery) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับการคิดค้นเทคนิควิธีการใหม่ ๆ ที่ทันสมัยส่งผลทำให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น โดยวัตถุประสงค์ของบทความนี้คือการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับเทคนิคการผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าเข่าแบบสร้างใหม่ รายละเอียดการใช้ graft และผลลัพธ์ของการใช้เทคนิคดังกล่าว ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการรักษาได้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การรักษาด้วยการผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าเข่าด้วยการสร้างใหม่, นวัตกรรมในการรักษา, เอ็นไขว้หน้าเข่า.

เอ็นไขว้หน้าเข่า (anterior cruciate ligament, ACL) เป็นอวัยวะที่ได้รับการบาดเจ็บจากการเล่นกีฬาที่พบได้บ่อย จากการศึกษาของ Sanders TL. และคณะ พบอัตราการเกิดเอ็นไขว้หน้าเข่าฉีกขาดที่ปรับตามอายุและเพศถึง 68.6 ต่อ 100,000 คนต่อปี โดยพบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง [1] การรักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาเอ็นไขว้หน้าเข่าบาดเจ็บ สามารถให้การรักษาได้ทั้งการรักษาแบบประคับประคองและการรักษาด้วยการผ่าตัด โดยจากการศึกษาของ Beard D. และคณะ ศึกษาเปรียบเทียบผลการรักษาด้วยการผ่าตัดกับไม่ผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าเข่าที่ได้รับบาดเจ็บ พบว่าการรักษาผู้ป่วยด้วยวิธีการผ่าตัด (surgical management, reconstruction) สำหรับผู้ป่วยที่ได้รับการบาดเจ็บแบบไม่เฉียบพลัน (non-acute anterior cruciate ligament-injured patients) ให้ผลที่เหนือกว่าการรักษาแบบไม่ผ่าตัด (non-surgical management, rehabilitation) โดยประเมินจาก Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score 4 scores ที่ 18 เดือน ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 73.0 เมื่อเทียบกับผู้ป่วยที่รักษาโดยการไม่ผ่าตัด (95% confidence interval (CI) 2.5 to 13.2; $P = 0.005$) [2] ในปี พ.ศ. 2503 ศัลยแพทย์ออร์โธปิดิกส์ได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเทคนิคการผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าเข่าด้วยวิธีการผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าเข่าด้วยการสร้างใหม่ (ACL reconstruction) ซึ่งในช่วง 45 ปีที่ผ่านมา เทคนิคดังกล่าวได้ถูกคิดค้นวิธีใหม่ ๆ ซึ่งทำให้การผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าเข่าได้ผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจและไม่มีทีท่าว่าเทคนิคการผ่าตัดดังกล่าวจะหยุดการพัฒนาและสืบค้นในอนาคต บทความนี้ได้สรุปวิวัฒนาการ รวมถึงนวัตกรรมต่าง ๆ ของการผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าเข่าด้วยการสร้างใหม่ (ACL reconstruction) ตั้งแต่อดีตจนถึงการพัฒนาเทคนิคความซับซ้อนด้วยการผ่าตัดส่องกล้อง

กายวิภาคของเอ็นไขว้หน้าเข่า

กายวิภาคของเอ็นไขว้หน้าเข่าจากการศึกษาพบว่า มีลักษณะคล้ายริบบิ้น (ribbon like) จากตำแหน่งที่ติดกับกระดูกต้นขา (femur) จนถึงตำแหน่งของตรงกลาง (midsubstance) ซึ่ง ACL fibers เริ่มจากตำแหน่งของ posterior femoral cortex ไปเกาะที่ตำแหน่ง posterior to lateral intercondylar ridge (Figure 1)

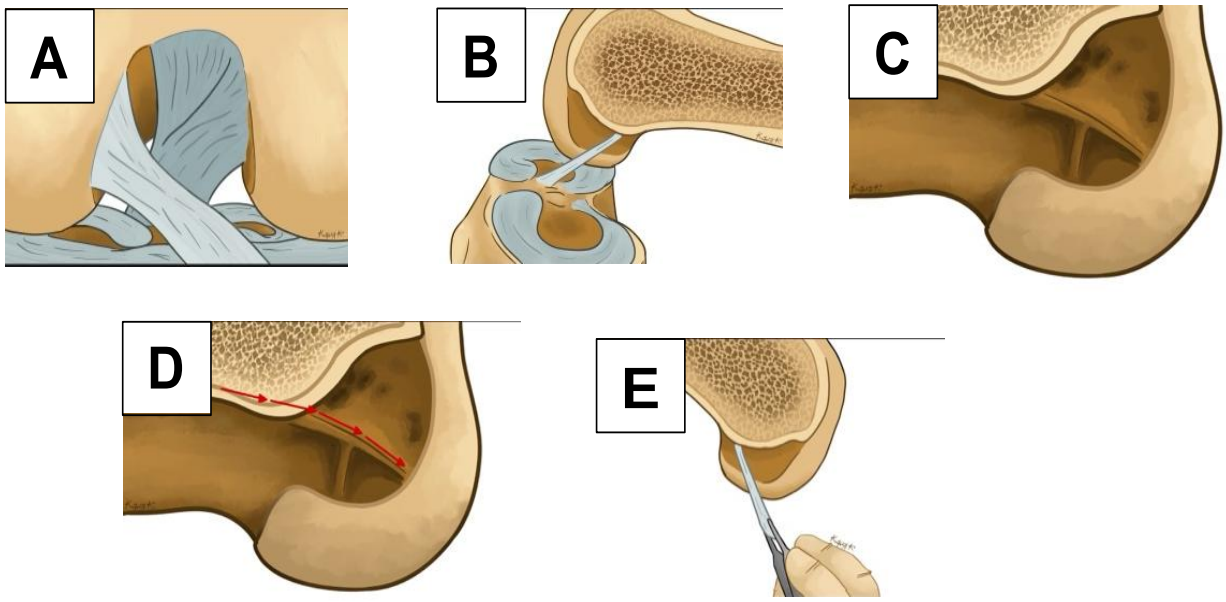

Figure 1. กายวิภาคของเอ็นไขว้หน้าเข่า (A - C) รูปร่างลักษณะคล้ายริบบิ้นของเอ็นไขว้หน้าเข่า หลังจากเอาเนื้อเยื่อ synovial ออก โดยเส้นใยของเอ็นไขว้หน้าเข่ามีลักษณะแบนเป็นแผ่นริบบิ้นขนาดตั้งแต่ประมาณ 2 มม. จากจุดเกาะที่กระดูกต้นขาจนถึงบริเวณ midsubstance; (D - E) การยึดเกาะโดยตรงของเส้นใยเอ็นไขว้หน้าเข่าที่มีลักษณะเป็นริบบิ้นนั้นต่อเนื่องเป็นแนวเดียวกับผิวกระดูกด้านหลังของกระดูกต้นขา

จากการศึกษาของ Iwahashi T. และคณะ [3] ในปี พ.ศ. 2553 ได้อธิบายตำแหน่ง direct insertion ของ femoral insertion ซึ่งอยู่บริเวณตำแหน่งของ intercondylar ridge และอยู่ด้านหน้าต่อ articular cartilage margin 7 - 10 mm วัดความยาวได้ 17.9 mm.กว้าง 8.0 mm. โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Sasaki N, และคณะ [4] วัดได้ความยาว 17.7mm. กว้าง 5 mm.ส่วน indirect insertion พบว่าอยู่ตำแหน่ง ด้านหลังต่อ direct insertion ขนาดพื้นที่หน้าตัดจากหลายการศึกษาพบขนาดแตกต่างกัน โดยแบ่งตามเพศ โดยจากการศึกษาของ Anderson AF. และคณะ [5] พบว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดของเอ็นไขว้หน้าเข่าในตำแหน่งตรงกลาง (midsubstance) ในเพศชาย อยู่ที่ 44 mm^2 ในขณะที่เพศหญิง อยู่ที่ 36.1 mm^2 และจากการศึกษาของ Ferretti M. และคณะ[6] ได้ค้นพบ synovial septum ใน ที่แบ่งเอ็นไขว้หน้าเข่าในระยะตัวอ่อน (fetus) ซึ่งทำให้แบ่งออกเป็น anteromedial (AM) และ posterolateral (PL) bundle ในส่วนของ tibial ACL anatomy จากการศึกษาพบว่ามีลักษณะแบน มีขนาดความกว้างเฉลี่ย 12.2 mm. หนา 3.5 mm และปลายเชื่อมติดกลายเป็นลักษณะ C shaped บริเวณ medial tibial spine จนถึงด้านหน้าต่อ lateral meniscus ในบริเวณ intercondylar ridge

ชีวกลศาสตร์

ชีวกลศาสตร์ของเอ็นไขว้หน้าเข่าแบ่งออกเป็น 2 bundle ได้แก่ anteromedial (AM) bundle และ posterolateral bundle (PL) โดยตั้งชื่อตามตำแหน่งของจุดเชื่อมต่อกับกระดูกหน้าแข้ง (tibial insertion) ซึ่งเมื่อเวลาเหยียดเข่าเต็มที่ (full extension) หรืองอเข่า (flexion) จะมีกลไกการทำงานของ bundle ทั้งสองที่แตกต่างกัน โดยในท่างอเข่า ส่วน AM bundle จะยืดและตึง ส่วน PL bundle จะสั้นและหย่อน ตรงกันข้ามกับท่าเหยียดเข่า ดังนั้น AM bundle จะเป็นส่วนสำคัญ (primary restraint) ป้องกันการเคลื่อนที่มาข้างหน้าของกระดูกหน้าแข้ง

คุณสมบัติเอ็นไขว้หน้าเข่าจากการศึกษาของ Takeda Y. และคณะ [7] พบว่าเมื่อถูกทำให้รับแรงดึง เส้นโค้งแรง-การยืดตัว (load-elongation curve) ที่เกิดขึ้นจะแสดงคุณสมบัติเชิงโครงสร้างของเอ็นไขว้หน้าเข่าดังรูป (Figure 2) รูปร่างของเส้นโค้งนี้สะท้อนถึงคุณสมบัติเชิงกลของเอ็นไขว้หน้าเข่าและบริเวณที่ยึดติดกับกระดูก คุณสมบัติเชิงโครงสร้างที่สำคัญที่สุดได้แก่ ความแข็งแกร่งเชิงเส้น (linear stiffness) ค่ารับแรงสูงสุด (ultimate load), การเปลี่ยนรูปสูงสุด (ultimate deformation) และพลังงานที่ถูกดูดซับเมื่อเกิดการเสียหาย (พื้นที่ใต้กราฟ)

คุณสมบัติเชิงกลของเอ็นไขว้หน้าเข่าสามารถคำนวณได้จากเส้นโค้ง “ความเค้น-ความเครียด” (stress-strain curve) โดยที่ความเค้นหมายถึงแรงต่อหน่วยพื้นที่ (หน่วยเป็น MPa) และความเครียดหมายถึงสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงความยาวต่อความยาวเริ่มต้น (แสดงเป็นร้อยละของความยาวเริ่มต้น) ค่าทั้งสองนี้สามารถคำนวณได้จากข้อมูลในเส้นโค้ง แรง-การยืดตัว (load-elongation curve) เส้นโค้งแรง-การยืดตัว (load-elongation curve) สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนตามคุณสมบัติเชิงโครงสร้างของ ACL ดังนี้

1. ช่วงเริ่มต้นแบบไม่เป็นเชิงเส้น (toe region): เป็นช่วงที่โครงสร้างของเส้นใยคอลลาเจนที่สามารถรองรับแรงในแนวแกนต่ำได้ ซึ่งเรียกว่าปรากฏการณ์ “creeping effect” ของเอ็นไขว้หน้าเข่า
2. ช่วงเกือบเป็นเส้นตรง (quasi-linear region): ในช่วงนี้เส้นใยคอลลาเจนสามารถยืดตัวและหดกลับได้โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงถาวร หลังการรับแรงเอ็นไขว้หน้าเข่าจะกลับคืนสู่ความยาวเดิมโดยไม่มีการเสียหายแบบถาวร จุดนี้สามารถวัดค่าความแข็งแกร่งของเอ็น (stiffness) ได้อย่างแม่นยำ ซึ่งมีหน่วยเป็น N/mm
3. จุดยอมจำนน (yield point): เมื่อแรงเพิ่มขึ้นจนถึงจุดนี้ การเสียหายแบบถาวรเริ่มเกิดขึ้น เส้นใยคอลลาเจนจะได้รับความเสียหายขนาดเล็ก (micro-damage) และเอ็นเริ่มสูญเสียความสามารถในการกลับคืนสู่ความยาวเดิม
4. จุดเสียหายสูงสุด (ultimate failure point):หากแรงเพิ่มขึ้นจนถึงจุดนี้ เอ็นไขว้หน้าเข่าจะฉีกขาดอย่างสมบูรณ์ จุดนี้แสดงถึงแรงสูงสุดที่เอ็นไขว้หน้าเข่า สามารถรับได้ก่อนที่จะเกิดการฉีกขาด พื้นที่ใต้เส้นโค้ง “แรง-การยืดตัว” จนถึงจุดเสียหายสูงสุด แสดงถึงพลังงานที่เอ็นไขว้หน้าเข่าสามารถดูดซับได้ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความสามารถในการทนแรงดึง เส้นโค้งความเค้น-ความเครียดช่วยให้เข้าใจคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุเอ็นไขว้หน้าเข่าได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น โดยค่าความเค้นสะท้อนถึงแรงภายในต่อหน่วยพื้นที่ที่ต้านการเสียรูป และค่าความเครียดวัดการเสียรูปสัมพัทธ์ของเอ็น เส้นโค้งนี้ยังแสดงพฤติกรรมของเอ็นในแต่ละช่วง ได้แก่ toe region, ช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้น (linear elastic region) ช่วงยอมจำนน (yield region) และช่วงเสียหาย (failure region) ทั้งเส้นโค้ง “แรง-การยืดตัว” และ “ความเค้น-ความเครียด” มีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจพฤติกรรมทางชีวกลศาสตร์ของเอ็นไขว้หน้าเข่าภายใต้สภาวะและแรงที่แตกต่างกัน

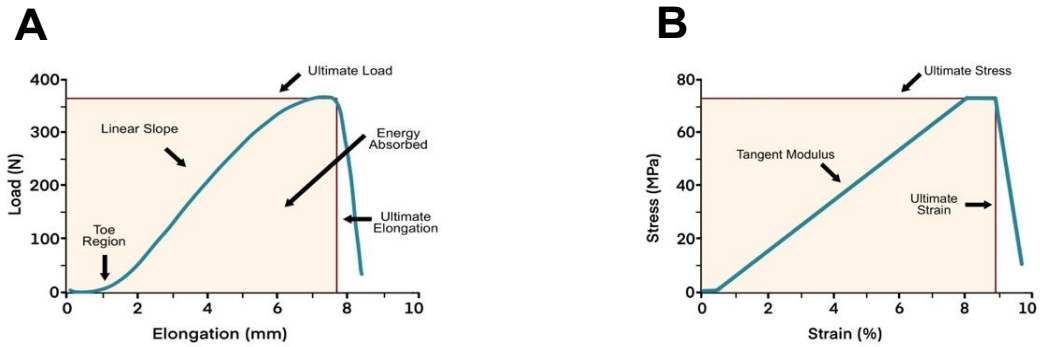

Figure 2. (A) คุณสมบัติเชิงโครงสร้างของระบบกระดูกต้นขา เอ็นไขว้หน้าเข่าและกระดูกหน้าแข้ง (FATC) ซึ่งแสดงตัวแปรต่าง ๆ ของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการยืดตัว (load elongation curve); (B) คุณสมบัติเชิงกลของเอ็นไขว้หน้าเข่าคำนวณได้จากคุณสมบัติเชิงโครงสร้างและลักษณะทางสัณฐานวิทยา

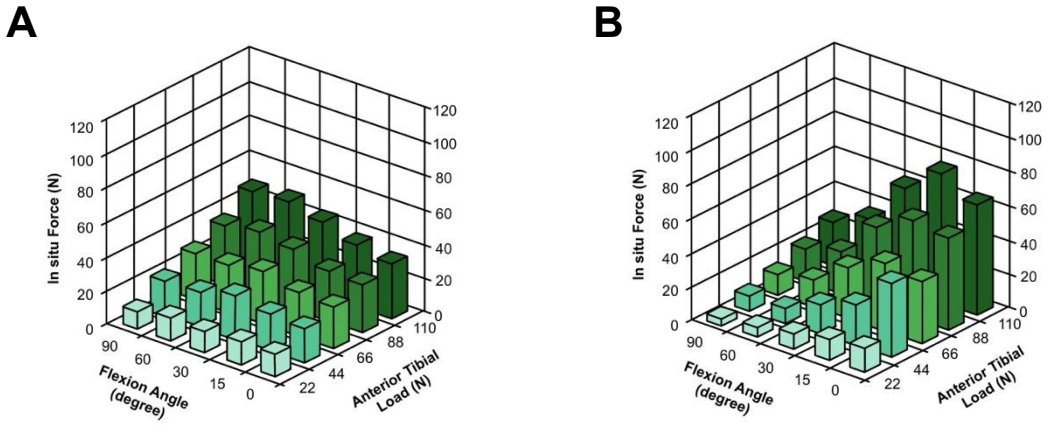

Figure 3. ความแปรผันของแรงในเอ็นไขว้หน้าทั้งสองมัดในสภาวะปกติ (in situ force): ความตึงของมัด anteromedial (AM) จะเพิ่มขึ้นเมื่อข้อเข่างอมากขึ้น (A); ในขณะที่มัด posterolateral (PL) จะมีความตึงมากกว่าในองศาใกล้เหยียดสุด (B).

หน้าที่ของเอ็นไขว้หน้า เป็นตัวหลักในการต้านการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของกระดูกหน้าแข้ง (tibia) เมื่อเทียบกับกระดูกต้นขา (femur) การค้นพบนี้มาจากการตัดเอ็นไขว้หน้าเข่า ซึ่งส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นอย่างมากของความหลวม (laxity) ของข้อเข่าในแนวหน้า-หลัง โดยมีความหลวมมากที่สุดเมื่อเข่าอยู่ในท่าเหยียดเข่าเต็มที่ (full extension)

การทำหน้าที่ของเอ็นไขว้หน้าเข่าในการต้านแรงในการตรวจ anterior drawer test โดยใช้แรง 100 นิวตัน ที่มุมงอเข่าระหว่าง 0° ถึง 90° เอ็นไขว้หน้าเข่ามีส่วนช่วยต้านแรงเคลื่อนไปข้างหน้าของ tibia คิดเป็นร้อยละ 82 – 90 ของแรงทั้งหมด อย่างไรก็ตามหากมีการปล่อยให้เข่าเคลื่อนไหวอย่างอิสระในระดับ 5° ACL จะลดการต้านแรงลงเหลือร้อยละ 74 – 83 ซึ่งบ่งชี้ว่ามีโครงสร้างเนื้อเยื่ออื่น ๆ ที่ช่วยเอ็นไขว้หน้าเข่าในการต้านการเคลื่อนที่ของกระดูกหน้าแข้ง

จากการศึกษาแรงในเอ็นไขว้หน้าเข่าขณะงอเข่าของ Sa Sakane M. และคณะ [8] พบว่า แรงที่กระทำในเอ็นไขว้หน้าเข่า (in situ force) ที่มุมงอเข่า 30° ใกล้เคียงกับแรงที่ดันกระดูกหน้าแข้ง (tibia) ไปข้างหน้า และสามารถพบแรงกระทำลักษณะรูปแบบที่คล้ายกันพบได้ที่มุม 15° แต่เมื่อมุมงอเข่าเพิ่มขึ้นมากกว่า 30° แรงในเอ็นไขว้หน้าเข่าจะลดลงอย่างช้า ๆ (เส้นโค้งจะชันน้อยลง) โดยแรงในเอ็นไขว้หน้าเข่าสูงสุดถูกวัดได้ที่มุมงอประมาณ 15° Hosseini A, และคณะ [9] ยังแสดงให้เห็นว่า แม้ในสภาวะที่รับน้ำหนักเต็มที่ แรงตึงในเอ็นไขว้หน้าเข่าก็สูงสุดระหว่างมุมงอ 15° ถึง 30°

ตลอดช่วงการงอเข่า 90° เมื่อมีแรงกระทำต่อกระดูกหน้าแข้ง Sa Sakane M และคณะ ระบุว่าแรงใน PL bundle คล้ายกับแรงในเอ็นไขว้หน้าเข่าทั้งหมดในทุกมุมการงอเข่า (Figure 3) ในทางตรงกันข้าม AM bundle มีแรงสูงสุดในมุมงอที่มากขึ้น การแบ่งการรับแรงระหว่าง AM และ PL เมื่อเข่าใกล้เหยียดตรง (near extension) และมีแรง

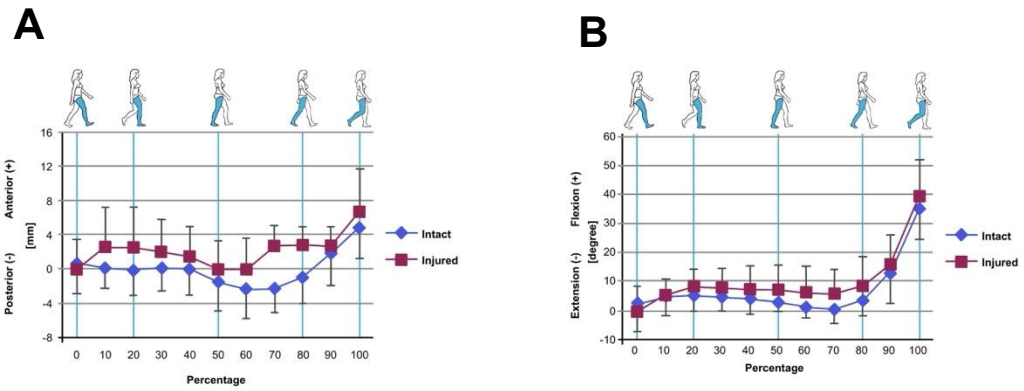

Figure 4. (A) มุมการงอ–เหยียดของข้อเข่าในกลุ่มที่เอ็นไขว้หน้าเข่าปกติและกลุ่มที่เอ็นไขว้หน้าเข่าบาดเจ็บ ระหว่างช่วงยืน (stance phase) ของการเดินบนลู่วิ่ง; (B) แสดงการเคลื่อนที่ไป-กลับในแนวหน้า-หลังของกระดูกหน้าแข้งเมื่อเทียบกับกระดูกต้นขาในเข่าที่มีเอ็นไขว้หน้าเข่าปกติและเข่าที่เอ็นไขว้หน้าบาดเจ็บ ระหว่างช่วงยืน (stance phase) ของการเดินบนลู่วิ่ง

กระทำต่อกระดูกหน้าแข้ง ส่วน PL จะรับแรงได้มากกว่าส่วน AM ส่วน AM รับแรงมากกว่าส่วน PL เมื่อมุมงอเข่าเกิน 30°

การแบ่งหน้าที่ในการรับแรงระหว่างสองส่วนนี้นำไปสู่แนวคิดที่เรียกว่า “Reciprocal function of AM and PL bundles” อย่างไรก็ตาม แนวคิดนี้ยังไม่ได้รับการยอมรับทั้งหมดในทางวิชาการ

บทบาทรองของเอ็นไขว้หน้าเข่าคือการต้านการหมุนภายในของกระดูกหน้าแข้ง (internal tibial rotation) ซึ่งเด่นชัดที่สุดเมื่อเข่าอยู่ในท่าเหยียดตรง (knee extension) โดยเอ็นไขว้หน้าเข่าสามารถทำให้กระดูกหน้าแข้งหมุนเข้าด้านในได้ในระหว่างการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (anterior tibial translation) ซึ่งเกิดจากแนวการยึดเกาะแบบเฉียง (oblique orientation) ระหว่างจุดเกาะของเอ็นไขว้หน้าเข่าบนกระดูกต้นขาและกระดูกหน้าแข้ง จากตำแหน่ง “posterolateral femoral condyle” ไปยัง “anteromedial tibia”

ชีวกลศาสตร์ของเข่าหลังเกิดการบาดเจ็บการฉีกขาดแบบสมบูรณ์ (complete anterior cruciate ligament tear)

มีการศึกษา Nakamae A. และคณะ[10] เกี่ยวกับ Biomechanic function ของ ACL remnants ในการควบคุมความมั่นคงในแนวหน้า-หลัง (anterior-posterior) และการหมุน (rotational stability) ในผู้ป่วยที่มีการฉีกขาดของเอ็นไขว้เข่าแบบสมบูรณ์ (complete ACL injury) โดยใช้เครื่องมือ arthrometry ผลการตรวจพบว่าส่วนของเอ็นไขว้หน้าเข่า (ACL remnant) ที่เหลืออยู่มีส่วนช่วยรักษาความมั่นคงในแนวหน้า-หลังที่องศางอเข่า 30° จนถึง 1 ปีหลังการบาดเจ็บ แต่ไม่มีบทบาทในความมั่นคงด้านการหมุน การศึกษาของ Chen CH. และคณะ [11] ศึกษาผลของการขาดเอ็นไขว้หน้าต่อความเสถียรของข้อเข่าในแนวหน้า-หลังระหว่างการเดิน โดยศึกษาผู้ป่วย 10 รายที่มีการฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้าเข่าข้างเดียว ถูกวัดมุมงอเข่าและการเคลื่อนที่ของกระดูกหน้าแข้งในแนวหน้า-หลัง ระหว่างการเดินบนลู่วิ่งโดยใช้ภาพถ่ายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และ fluoroscopic แบบคู่ พบว่าในผู้ป่วยที่มีการฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้าเข่าแบบสมบูรณ์เมื่อมีแรงกดด้านหน้าของกระดูกหน้าแข้ง (anterior tibial loading) ที่ 134 นิวตัน จะให้ความตึงตัวในเอ็นด้านในของเข่า (MCL) เพิ่มขึ้นร้อยละ 120 – 177 ที่องศางอเข่า 30°– 90° นอกจากนี้ ความตึงตัวของโครงสร้างด้านหลัง-ด้านข้างของเข่ายังเพิ่มขึ้นร้อยละ 123 ที่การเหยียดเข่าเต็มที่และเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 413 ที่องศางอเข่า 15° การศึกษาทางชีวกลศาสตร์ยังพบว่า เข่าที่ไม่มีเอ็นไขว้หน้าเข่ามักอยู่ในมุมงอมากกว่าเข่าปกติในช่วงการเดินที่รับน้ำหนัก (stance phase) และยังแสดงความแตกต่างอย่างชัดเจนในเรื่องการเคลื่อนตัวด้านหน้าของกระดูกหน้าแข้ง (anterior tibial translation) ในช่วงปลายของการเดิน (late stance phase) อีกทั้งยังพบการหมุนด้านนอกของกระดูกหน้าแข้ง (external rotation) ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 4) ในผู้ที่ไม่มีการควบคุมการเคลื่อนตัวด้านหน้าของกระดูกหน้าแข้งเมื่อเทียบกับกระดูกต้นขา ซึ่งพบว่าอาจเป็นหน้าที่สำคัญที่สุดของเอ็นไขว้หน้าเข่า เมื่อเอ็นไขว้หน้าเข่าสูญเสียไปความสามารถในการควบคุมนี้จะหายไปและแรงดึงด้านหลังที่เกิดจากกล้ามเนื้อแฮมสตริงหรือโครงสร้างอื่น ๆ ไม่สามารถชดเชยได้อย่างเต็มที่

***การฉีกขาดเอ็นไขว้หน้าเข่าแบบบางส่วน** (partial anterior cruciate ligament tear)*

จากการศึกษาพบว่าประมาณ ร้อยละ 40 – 50 ของผู้ป่วยที่มีการฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้าเข่าแบบบางส่วนจะพัฒนาเป็นการฉีกขาดแบบสมบูรณ์อนาคต ผู้ป่วยที่มีอาการจากการฉีกขาดของมัด AM มักมีอาการไม่มั่นคงในแนวหน้า-หลัง (anterior instability) คล้ายกับการฉีกขาดของเอ็นไขว้หน้าเข่าแบบสมบูรณ์โดยทั่วไปจะพบ anterior drawer test ที่ 90ฐ ของการงอเข่าเป็นบวก และค่า KT-1000 side-to-side difference มากกว่า 3 mm อย่างไรก็ตาม การเคลื่อนตัวด้านหน้าใน Lachman test ที่ 30° มักมีค่าเพียงเล็กน้อย และการตรวจร่างกาย pivot-shift test อาจเป็นลบหรือบวกเพียงเล็กน้อย [12] การฉีกขาดของ PL Bundle ในทางตรงกันข้าม ผู้ป่วยที่มีอาการจากการฉีกขาดของมัด PL มักบ่นถึงอาการไม่มั่นคงในลักษณะการหมุน (rotational instability) มากกว่าความไม่มั่นคงในแนวหน้า-หลัง กิจกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหมุน (non-pivoting activities) มักไม่ได้รับผลกระทบมากนักในผู้ป่วยกลุ่มนี้ ผู้ป่วยมักแสดงผล pivot-shift test เป็นบวกในขณะที่ผล anterior drawer test และ Lachman test อาจเป็นลบหรือบวกเล็กน้อย (0 ถึง 1+) ค่า KT-1000 side-to-side difference มักมีเพียงเล็กน้อย (1–3 mm) [12]

Specific sport activity of ACL injury

Kobayashi H. และคณะ [13] ได้ทำการศึกษาและสำรวจชนิดกีฬาที่มีผลต่อการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าเข่าพบว่าการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าเข่า เกิดขึ้นบ่อยที่สุดในนักกีฬา เช่น ฟุตบอล สกี และยิมนาสติก โดยเฉพาะนักฟุตบอลที่ต้องใช้เข่ามากในการเล่น **(Table 1)** การเคลื่อนไหวที่เสี่ยงต่อการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าเข่า อาทิเช่น การเปลี่ยนทิศทางกะทันหัน,การตัดเข้ามุม (cutting maneuver) ร่วมกับการลดความเร็ว การกระโดดลงโดยเข่าเหยียดตรงเต็มที่, การหมุนรอบ (pivoting) ขณะที่เข่าใกล้เหยียดตรงและเท้าติดพื้น การเหยียดเข่ามากเกินไป (knee hyperextension) และการงอเข่ามากเกินไป (knee hyperflexion) ก็เป็นอีกสาเหตุของการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าเข่าเช่นเดียวกัน

***ข้อบ่งชี้ในการผ่าตัด** (indication for surgery)*

การรักษาเอ็นไขว้หน้าเข่า ยังคงเป็นที่ถกเถียงกันของแพทย์ผู้ให้การรักษา จากการศึกษางานวิจัยที่ตีพิมพ์ในระดับสากล พบว่าข้อบ่งชี้ของการผ่าตัดในแต่ละสถาบัน

Table 1. ตัวอย่างชนิดกีฬาที่ส่งผลต่อการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าเข่า (modified from Kobayashi H. และคณะ).

Rank	Sport	Males: n	Males: rate (%)	Females: n	Females: rate (%)
1	Soccer	154	18.3	–	–
2	Ski	118	14.1	134	15.2
3	Basketball	113	13.5	333	37.8
4	Rugby	109	13.0	–	–
5	Handball	57	6.8	106	12.0
6	Baseball	50	6.0	–	–
7	Judo	47	5.6	26	3.0
8	American football	30	3.6	–	–
9	Volleyball	17	2.0	81	9.2
10	Sumo	16	1.9	–	–
11	Track and field	–	–	27	3.1
12	Gymnastics	–	–	21	2.4
13	Badminton	–	–	20	2.3
14	Softball	–	–	19	2.2
15	Tennis	–	–	14	1.6

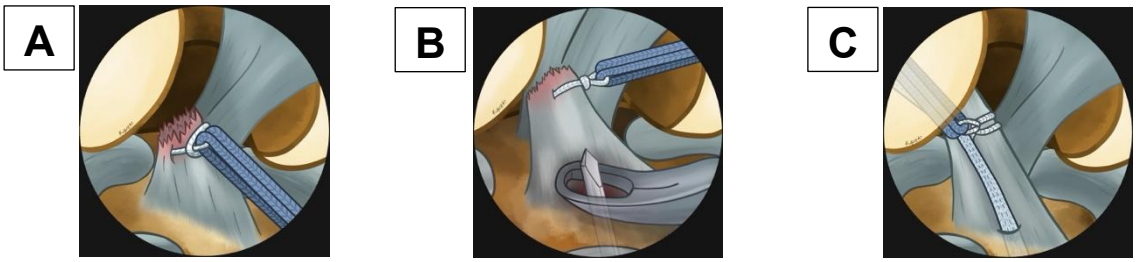

Figure 5. Suture repair with or without suture tape augmentation.

ยังคงมีความแตกต่างกัน ผู้ป่วยที่ได้รับการบาดเจ็บเอ็นไขว้หน้าเข่าบางครั้งการรักษาอาจไม่จำเป็นต้องได้รับการผ่าตัดเสมอไป

งานวิจัยล่าสุดของ Saueressing T. และคณะ [14] ศึกษาข้อมูล metanalysis ของผู้ป่วยที่ได้รับการบาดเจ็บเอ็นไขว้หน้าเข่าและได้รับการรักษาด้วยวิธีการผ่าตัดและการรักษาแบบประคับประคอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องการติดตามผู้ป่วยระยะยาว ไม่ได้มีผลต่อคุณภาพของกระดูกอ่อนบริเวณข้อเข่ารวมถึงการรักษาด้วยการผ่าตัดเร็วไม่ได้ช่วยลดอุบัติการณ์ของการเกิดข้อเข่าเสื่อม ในอนาคตเมื่อเทียบกับการรักษาด้วยวิธีการกายภาพบำบัด แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนการศึกษาวิจัยที่น้อยเกินไป เทคนิคการผ่าตัดที่มีความแตกต่างกันในแต่ละสถาบัน จึงอาจทำให้การศึกษาดังกล่าวอาจยังไม่น่าเชื่อถือมากนัก

Mihelic R. และคณะ [15] พบว่า ผู้ป่วยร้อยละ 94 ที่ได้รับการรักษาด้วยการผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าเข่าสามารถแก้ไขภาวะเข่าไม่คงที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ และช่วยลดอัตราการเกิดข้อเข่าเสื่อมได้ เมื่อเทียบกับผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาแบบประคับประคอง จึงอาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่แนวโน้มของการผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าเข่า จะมีบทบาทมากขึ้นในอนาคต

เทคนิคการผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าเข่าในปัจจุบัน

ACL repair technique

ปัจจุบันในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา มีแนวทางการรักษาและซ่อมแซมเอ็นไขว้หน้าเข่ามากมาย ที่ทำให้ผู้ป่วยหายจากการบาดเจ็บ เทคนิคที่ใช้เนื้อเยื่อเอ็นไขว้หน้าเข่าดั้งเดิมรวมถึงเทคนิคที่ใช้การเจาะอุโมงค์ขนาดเล็กที่จำเป็นในการรักษาเอ็นไขว้หน้าเข่ากำลังเป็นประเด็นที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ค่อนข้างบาดเจ็บต่อเนื้อเยื่อโดยรอบน้อย รวมถึงสามารถฟื้นฟูหลังผ่าตัดได้ดี ลดภาวะแทรกซ้อนขณะผ่าตัดและหลังผ่าตัดได้ดี โดยเทคนิคในปัจจุบันของการรักษาและซ่อมแซมเอ็นไขว้หน้าเข่า (modern techniques for ACL repair) ได้แก่

Suture repair with or without suture tape augmentation

โดยทั่วไปแล้ว วิธีนี้จะใช้วิธีร้อยและดึงกลับไหมเย็บที่ผูกเป็นห่วงหรือลูปให้แน่นรอบเส้นใยที่เหลือของเอ็นไขว้หน้าเข่า (penetrating and self-retrieving cinched/looped suture around the remaining ACL) โดยใช้อุปกรณ์ส่องกล้องสำหรับร้อยไหมจากนั้นทำการดึงและปรับความตึงของเส้นใยเหล่านี้ให้อยู่ในตำแหน่งของรอยเกาะเดิมบนกระดูกต้นขา โดยอาจใช้สมอไหมเย็บชนิดไบโอคอมโพสิต (biocomposite suture anchor) หรือใช้การตรึงแบบแขวนกับกระดูกเปลือกนอกโดยใช้ปุ่มโลหะ (Figure 5)

Dynamic intraligamentary stabilization

วิธีนี้ใช้ไหมเย็บที่มีลักษณะเป็นเส้นคล้ายเชือก (non-resorbable cord like suture) ซึ่งยึดติดอุปกรณ์ยึดสปริงบริเวณกระดูกหน้าแข้งส่วนต้น (Figure 6) ซึ่งวิธีนี้จะช่วยให้เกิดการทรงตัวแบบไดนามิกของเอ็นไขว้หน้าเข่า โดยมีแรงดึงย้อนกลับไปทางด้านหลังตลอดช่วงการเคลื่อนไหว (posterior drawer type force) เป้าหมายคือเพื่อปกป้องเส้นเอ็น ACL ที่ได้รับการซ่อมแซม และกระจายแรงกดไปทั่วข้อเข่าระหว่างกระบวนการฟื้นฟูและการรักษาในระยะแรก

Biologic enhancement and scaffold (BEAR – bridge-enhanced acl repair)

เทคนิคนี้ใช้โครงสร้างคอลลาเจนเป็นสะพานเชื่อมการซ่อมแซมเส้นเอ็นไขว้หน้า (Figure 7) ซึ่งงานวิจัย Murray MM. และคณะ [16] พบว่าเส้นเอ็นไขว้หน้าเข่าสามารถหายได้เมื่อใช้เทคนิคนี้ร่วมกับเกล็ดเลือดเข้มข้น หรือเซลล์ต้นกำเนิด

Figure 6. Dynamic intraligamentary stabilization เทคนิคนี้ใช้รากเทียมแบบ monoblock ที่มีสปริงในตัว ซึ่งออกแบบมาเพื่อคงการทำงานของเส้นเอ็นไขว้หน้าตามธรรมชาติ โดยให้แรงดึงย้อนกลับ (posterior drawer force) ต่อข้อเข่าในลักษณะการรับแรงร่วม (load-sharing).

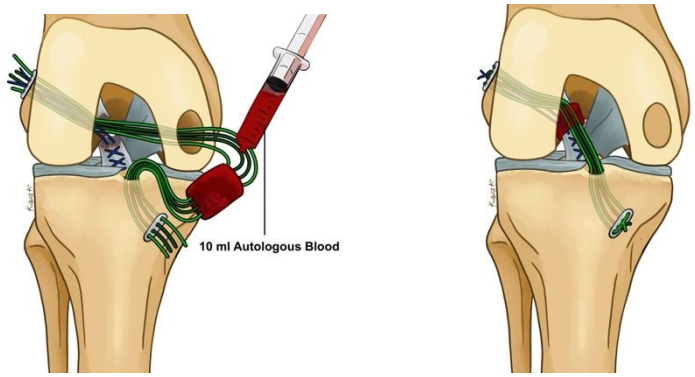

Figure 7. Bridge-enhanced ACL repair (BEAR) procedure. แผ่นโครงร่าง scaffold ที่ทำจากคอลลาเจนถูกติดตั้งเข้ากับเทปเย็บเสริมแรง scaffold จะนำมาผสมกับเลือดของผู้ป่วยประมาณ 5 – 10 ml, หลังนำโครงร่างที่ผสมกับเลือดร้อยใส่ผ่านแผลผ่าตัดที่อยู่ด้านใน (medially based arthrotomy) ก่อนที่จะทำการดึงเทปเย็บเสริมแรงที่ได้สอดไว้ก่อนหน้านี้ให้ตึง[17]

ผลลัพธ์และปัจจัยที่ต้องพิจารณาจากการซ่อมเอ็นไขว้หน้าเข่า

ปัจจัยที่ควรพิจารณาจากการซ่อมแซมเส้นเอ็นไขว้หน้าเข่า เช่น

- อัตราการขาดซ้ำ (re-rupture rate): พบว่าการซ่อมแซม ACL มีอัตราการขาดซ้ำที่ร้อยละ 7 - 20 ซึ่งสูงกว่าการสร้างเอ็นใหม่
- อายุและระดับกิจกรรมของผู้ป่วย: ผู้ป่วยที่อายุมากและมีระดับกิจกรรมต่ำเหมาะสมกับการซ่อมแซมมากกว่า
- เวลาที่ใช้ในการผ่าตัด: การซ่อมแซม ACL ควรทำให้เร็วที่สุดภายใน 3 สัปดาห์หลังได้รับการบาดเจ็บ

การคัดเลือกผู้ป่วยที่เหมาะสมของเทคนิคซ่อมแซมเส้นเอ็น (ACL repair)

การศึกษาปัจจุบันชี้ชัดว่า เทคนิคซ่อมแซมเส้นเอ็น (ACL repair) ไม่เหมาะกับผู้ป่วยทุกกลุ่ม และผลลัพธ์ขึ้นกับปัจจัยต่อไปนี้อย่างมาก:

1. **ลักษณะของรอยฉีกขาด** พบว่า proximal avulsion type หรือ sherman type 1 เหมาะกับ repair มากที่สุด นอกจากนี้ mid-substance tear ไม่เหมาะอย่างยิ่ง เนื่องจากอัตราการขาดซ้ำสูง
2. **อายุผู้ป่วย** อายุ < 25 ปี และเล่นกีฬา pivoting sports ⟶ failure rate สูงมาก แนะนำเฉพาะผู้ป่วย อายุ > 30 ปี กิจกรรมไม่มาก
3. **คุณภาพของ** ACL remnant โดยต้องมี remnant แข็งแรงและมี vascularity ดี

ดังนั้น การเลือกใช้เทคนิค ซ่อมแซมเอ็นไขว้หน้า ต้องพิจารณาอย่างระมัดระวังและทำเฉพาะผู้ป่วยที่มีคุณสมบัติเหมาะสมเท่านั้น

การผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าเข่าแบบสร้างใหม่ (anterior cruciate ligament reconstruction)

ผู้ป่วยเอ็นไขว้หน้าเข่าส่วนใหญ่ได้รับการรักษาด้วยวิธีการผ่าตัดสร้างใหม่ (ACL reconstruction) เพื่อฟื้นฟูเสถียรภาพของข้อเข่าในแนวหน้า-หลัง (anterior-posterior stability) และการหมุน (rotatory stability) โดยเฉพาะในผู้ป่วยอายุน้อยและมีกิจกรรมทางกายสูง เช่น นักกีฬาที่ต้องการกลับไปเล่นกีฬาโดยมีการหมุนตัวหรือเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว เช่น เบสบอล บาสเกตบอล ฟุตบอล และเทนนิส

การศึกษาแบบสุ่มตัวอย่างของ Tsoukas D. และคณะ [18] ศึกษาผู้ป่วย 32 ราย ที่ได้รับการวินิจฉัยว่ามีเส้นเอ็นไขว้หน้าฉีกขาด (ACL rupture) และได้รับการตรวจทางคลินิกประกอบด้วย: Tegner and lysholm activity scale (แบบประเมินระดับกิจกรรมของผู้ป่วย), international knee documentation committee (IKDC) subjective form (แบบประเมินความสามารถของข้อเข่าตามความรู้สึกของผู้ป่วย), KT-1000 Arthrometer (อุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่ของกระดูกหน้าแข้ง),การประเมินช่องว่างของข้อเข่าด้านในและด้านนอก ด้วยแบบประเมิน IKDC พบว่า คะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินข้อเข่า IKDC มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่มที่ได้รับการผ่าตัดสร้างเส้นเอ็นไขว้หน้าเข่าใหม่มีคะแนนดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการผ่าตัด อย่างไรก็ตาม พบว่าโรคข้อเข่าเสื่อมไม่สามารถป้องกันหรือชะลอได้อย่างสมบูรณ์ แม้ว่าจะได้รับการผ่าตัดสร้างเส้นเอ็นไขว้หน้าใหม่ก็ตาม โดยเฉพาะเมื่อมีการติดตามผลนานเกิน 10 ปี ดังนั้นจึงยังมีประเด็นที่ต้องศึกษาเกี่ยวกับการสร้างเอ็นไขว้หน้าใหม่และพัฒนาเทคนิควิธีการและเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นถือเป็นจุดกำเนิดของวิวัฒนาการและการพัฒนาเทคนิคในการผ่าตัดเส้นเอ็นไขว้หน้าเข่าแบบสร้างใหม่ (ACL reconstruction)

Graft selection

การรักษาเอ็นไขว้หน้าเข่าด้วยวิธีการส่องกล้องจำเป็นต้องใช้ graft เพื่อใช้ในการเป็นวัสดุในการสร้างเอ็นไขว้หน้าเข่าเทียมขึ้นมา โดยหลักการเลือก graft นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น รายงานการเกิดความล้มเหลวหลังจากใช้ (graft failure/revision) เพศ อายุ ระดับความหนักเบาของกิจกรรมของผู้ป่วย ภาวะแทรกซ้อน หรือความคุ้นชินของศัลยแพทย์เองก็เป็นปัจจัยสำคัญของการเลือกใช้ graft ในการรักษา[5] โดย graft ที่ใช้ได้แก่ graft ที่มาจากผู้ป่วยเอง (autograft) และ graft ที่มาจากผู้บริจาค (allograft) โดย autograft ในปัจจุบันได้แก่ bone patellar tendon bone graft (BPTB), hamstring graft / quadrupled hamstring graft, quadricep tendon with / without bone patellar **(Table 2)**

Bone-patellar tendon-bone (BPTB) autograft

Bone-patellar tendon-bone (BPTB) autograft เป็น graft มาตราฐานที่นิยมใช้จนถึงปี พ.ศ. 2523 สาเหตุที่นิยมใช้เนื่องจากมีความแข็งแรงค่อนข้างสูง (high strength and stiffness) มีขนาดที่เหมาะสม ใช้ได้ดีกับการยึดด้วย interference screws อย่างไรก็ตาม graft ดังกล่าวก็ยังมีข้อบกพร่องโดยเฉพาะการเกิด donor site morbidity อาการปวดเข่า (anterior knee pain) มีความผิดปกติของความแข็งแรงของการเหยียดเข่า กระดูกสะบ้าหัก เส้นเอ็นลูกสะบ้าฉีกขาดและข้อเข่าเสื่อม

Hamstring

ปัจจุบันมีการใช้เส้นเอ็นจากกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ได้แก่ เส้นเอ็น semitendinosus (ST) และเส้นเอ็น gracilis (GT) มากขึ้นในการสร้างเอ็นไขว้หน้าเข่าใหม่ การศึกษาของ Musahl V. และคณะ [19] พบว่า การเก็บเส้นเอ็น Hamstring (HT) เป็นขั้นตอนที่ทำได้เร็วและง่ายกว่า bone-patellar tendon-bone (BPTB) และมีความเสี่ยงต่ำกว่าต่อปัญหาที่เกี่ยวข้องกับข้อเข่าด้านหน้า ซึ่งเป็นหนึ่งในเหตุผลที่ทำให้เส้นเอ็น HT เป็นตัวเลือกที่นิยม การใช้เส้นเอ็น ST และ GT ที่พับเพิ่มความหนาเป็นสองชั้นมีความแข็งแรงทางกลมากกว่า BPTB autograft ลดอาการปวดสะบ้า-ต้นขาน้อยกว่าและสูญเสียการเหยียดเข่าน้อยกว่า รวมถึงมีโอกาสฟื้นตัวของกำลังกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps) ได้ดีกว่า ข้อดีอีกประการของการใช้เส้นเอ็นจากกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังคือ สามารถรักษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเส้นเอ็นหลังเข่าไว้ได้ แม้ว่าจะมีการนำเส้นเอ็นออกมาใช้ แต่การศึกษาส่วนใหญ่รายงานว่ากำลังของกล้ามเนื้อดึงข้อเข่า (knee flexor strength) สามารถฟื้นตัวได้เกือบเต็มที่ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกระบวนการฟื้นฟูของเส้นเอ็นที่ถูกนำออกไป ซึ่งพบได้มากถึงร้อยละ 75 ของผู้ป่วย แม้ว่าขนาดของเส้นเอ็นที่ฟื้นตัวอาจไม่กลับมาเท่ากับ

Table 2. ตารางเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของ autograft แต่ละชนิด.

ชนิดของ Graft	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**	Ultimate Load to Failure (N)	Stiffness (N/mm)
Bone-Patellar Tendon-Bone (BPTB)	- ความแข็งแรงและ stiffness สูง- ยึดติดกับกระดูกได้ดีด้วย interference screws- ใช้ในนักกีฬาที่ต้องการความมั่นคงสูง	- อาการปวดเข่าด้านหน้าสูง - Donor site morbidity - เสี่ยงต่อกระดูกสะบ้าหักหรือเอ็นลูกสะบ้าฉีก - ความแข็งแรงของการเหยียดเข่าลดลง	2,970 N	210–250 N/mm
Hamstring Tendons (ST and GT)	- เก็บได้ง่ายและเร็ว - อาการปวดเข่าด้านหน้าพบน้อยกว่า BPTB - สูญเสียการเหยียดน้อยกว่า - ฟื้นตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าดีกว่า - ความเสี่ยงต่ำกว่าในเทคนิคการเก็บแบบ (invasive)	- ปริมาณเนื้อเยื่อมีจำกัด - อาจมีการบาดเจ็บของเส้นประสาท - กล้ามเนื้อดึงข้อเข่าอาจไม่ฟื้นเต็มที่ในบางราย	3,500–4,100 N	250–300 N/mm
Quadriceps tendon (QT)	- ปรับขนาดได้ตามต้องการ (กว้าง/หนา) - ใช้ได้ทั้งมีหรือไม่มีชิ้นกระดูก - ผลข้างเคียงจาก donor site น้อย - เหมาะกับทั้ง primary และ revision surgery	- เทคนิคการเก็บซับซ้อน - แผลเป็นอาจไม่สวย - ยังไม่เป็นที่นิยมมากนักใน primary ACL	2,350–2,900 N	200–230 N/mm
Anterior Half Peroneus Longus Tendon (AHPLT)	- ขนาดเพียงพอสำหรับทำ ACL graft - รักษาการทำงานของกล้ามเนื้อ peroneus longus ได้ - ผลข้างเคียงจาก donor site ต่ำ -คุณสมบัติคล้าย ST และ GT	- ประสบการณ์การใช้งานยังไม่แพร่หลาย - ข้อมูลวิจัยยังน้อยเมื่อเทียบกับ graft อื่น	3,200 – 4,000 N	250 – 280 N/mm

ขนาดเดิมทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของการใช้เส้นเอ็นจากกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังคือปริมาณเนื้อเยื่อที่มีจำกัด นอกจากนี้เทคนิคการเก็บเส้นเอ็นที่มีการบาดเจ็บน้อย (minimally invasive) เปิดผ่านแผลขนาดเล็กอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของเส้นประสาท

Quadricep tendon

แม้ว่าศัลยแพทย์ข้อเข่าส่วนใหญ่นิยมใช้เส้นเอ็น quadriceps (QT) เป็นทางเลือกในการผ่าตัดซ่อมแซมเอ็นไขว้หน้าเข่าซ้ำ แต่การใช้เส้นเอ็น QT กลับไม่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายสำหรับการสร้างเส้นเอ็น ACL ครั้งแรก สาเหตุหลักเชื่อว่าเป็นเพราะการเก็บเส้นเอ็น QT นั้นมีความซับซ้อนทางเทคนิคมากกว่า และแผลเป็นที่ต้นขาอาจไม่สวยงามนัก แม้ว่าหลายการศึกษาวิจัยได้จะรายงานผลลัพธ์ทางคลินิกที่ยอดเยี่ยมก็ตาม

ในช่วงปลายทศวรรษ พ.ศ. 2533 ศัลยแพทย์ Stäubli HU. [20] จากสวิตเซอร์แลนด์ได้เผยแพร่ข้อมูลทางกายวิภาคและชีวกลศาสตร์ของ QT และเป็นการศึกษาแรกที่สนับสนุนให้ใช้เส้นเอ็น QT เป็นเอ็นสำหรับสร้างเอ็นไขว้หน้าเข่าใหม่ นอกจากนี้ ยังมีรายงานผลลัพธ์ทางคลินิกที่ดีเยี่ยมสำหรับการใช้ QT ในการผ่าตัดแก้ไขเอ็นไขว้หน้าเข่าอีกด้วย เส้นเอ็น QT เป็นตัวเลือกที่มีความยืดหยุ่นสูง เนื่องจากสามารถเก็บเส้นเอ็นได้ในหลายขนาด ทั้งความกว้าง ความหนา และความยาว อีกทั้งยังสามารถใช้ได้ทั้งแบบมีหรือไม่มีชิ้นกระดูกติดมาด้วย การเก็บเส้นเอ็น QT สามารถทำได้ทั้งวิธีเปิดแผล (open technique) หรือวิธีที่มีการบุกรุกน้อยที่สุดแบบใหม่ หากมีภาพถ่ายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนผ่าตัดก็สามารถช่วยประเมินขนาดและความหนาของเส้นเอ็น QT ได้ หากปฏิบัติตามแนวทางที่ถูกต้อง การเก็บเส้นเอ็น QT ถือว่ามีความปลอดภัยและมีผลข้างเคียงบริเวณที่นำเส้นเอ็นออกมาใช้ค่อนข้างน้อย

Anterior half peroneous longus graft

เส้นเอ็น Peroneus longus เป็นทางเลือกหนึ่งของการใช้เส้นเอ็นจากตัวผู้ป่วยเองแทนเอ็นที่นิยมใช้กัน เช่น เส้นเอ็นกระดูกสะบ้า (patellar tendon) เส้นเอ็นกล้ามเนื้อต้นขา (quadriceps tendon) และเส้นเอ็นกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstring tendons) โดยสามารถเก็บเส้นเอ็นนี้มาใช้ได้ทั้งเส้นหรือแบ่งครึ่งด้านหน้า (anterior half split graft)

ครั้งแรกที่มีการกล่าวถึงการใช้เส้นเอ็น Peroneus longus ในการผ่าตัดสร้างเอ็นใหม่ของข้อเข่าคือกล่าวถึงโดย Kerimoglu S. และคณะ [21] ในปี พ.ศ. 2551 ซึ่งระบุว่ามีการใช้งานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ต่อมา Zhao J. และคณะ [22] รายงานเทคนิคที่ใช้เพียงครึ่งหน้าของเส้นเอ็น peroneus longus (anterior half of peroneous longus tendon, AHPLT) ในการสร้างเอ็นไขว้หน้าเข่า เอ็นไขว้หลังเข่า และเอ็นด้านในของลูกสะบ้า ซึ่งช่วยรักษาการทำงานของกล้ามเนื้อ peroneus longus เอาไว้และยังพบว่าคุณสมบัติทางชีวกลศาสตร์ของ AHPLT graft มีความใกล้เคียงกับเส้นเอ็น semitendinosus และเอ็น gracilis และทำให้เกิดผลข้างเคียงจากบริเวณที่เก็บเส้นเอ็นน้อยมาก

Allograft

ปัจจุบัน autografts เป็นทางเลือกหลักในการใช้ในการทำการผ่าตัดสร้างใหม่ อย่างไรก็ตาม autograft ยังมีข้อบกพร่องบางประการที่ทำให้ทางศัลยแพทย์ต้องพึงประเมินและระวังในการเลือกใช้ เช่น specific donor-site morbidity ดังนั้น allografts จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการทำ ACL reconstruction ได้ ข้อดีของการใช้ graft นี้ คือ ไม่มี donor-site morbidity ใช้ระยะเวลาการผ่าตัดค่อนข้างสั้น ขนาดแผลที่ค่อนข้างเล็ก มีการฟื้นตัวหลังจากการผ่าตัดค่อนข้างเร็วและปวดน้อย และสามารถใช้ในปริมาณที่ไม่จำกัดมากนัก อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีคำถามในเรื่องของผลกระทบจากการใช้ allograft ซึ่งไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของร่างกายผู้ป่วย ทำให้เกิดการติดเชื้อหลังจากผ่าตัด แม้ว่า graft ได้ผ่านกระบวนการคัดกรองต่าง ๆ แล้ว ข้อเสียอื่น ๆ เช่น ราคาสูง ยังเป็นสิ่งที่ศัลยแพทย์กังวลในการเลือกใช้อยู่พอสมควร อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้ graft ก็ยังขึ้นอยู่กับความคุ้นเคยในการใช้ของศัลยแพทย์หรือความต้องการของผู้ป่วย โดยในบทความนี้ได้รวบรวม allograft ที่มีการใช้ในทางการแพทย์ในปัจจุบันมากขึ้น โดยเป็นวัสดุสังเคราะห์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

Carbon fibres

ในปี พ.ศ. 2524 Dandy DJ. และคณะ [23] ได้คิดค้นอุปกรณ์ (implant) ที่มีส่วนผสมของเส้นใยคาร์บอนที่ใช้เป็นวัสดุของเอ็นไขว้หน้าเข่าในการทำการผ่าตัดสร้างใหม่ของ

เอ็นไขว้หน้าเข่าแบบส่องกล้อง arthroscopic reconstruction หลังจากที่ทดลองใช้กับผู้ป่วยเบื้องต้น พบว่าวัสดุดังกล่าวความต้านทานต่อแรงบิดต่ำ ทำให้เกิดการขาดของเส้นใยค่อนข้างง่าย และยังส่งผลให้คาร์บอนสะสมทำให้เกิดการอักเสบติดเชื้อในข้อเข่าได้ จึงยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลาย

Gore-Tex

เส้นเอ็น Gore-Tex ถูกสร้างขึ้นจากเส้นใยเดี่ยวของ *Polytetrafluoroethylene* (PTFE) ที่ถูกม้วนเป็นวงหลายชั้น ได้รับการออกแบบให้เป็นวัสดุเทียมแท้จริงและถูกฝังเข้าไปเพื่อใช้แทนเอ็นไขว้หน้า (ACL) ตามธรรมชาติอย่างถาวร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการยึดติดทันทีและรองรับน้ำหนักได้ตั้งแต่ระยะแรกเส้นเอ็นเทียมชนิดนี้มีความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุดถึง 5,300 N ซึ่งสูงกว่าวัสดุเส้นเอ็นเทียมเชิงพาณิชย์ชนิดอื่นๆ นอกจากนี้เส้นเอ็น Gore-Tex มีค่าความแข็ง (stiffness) ที่ 322 N/mm และค่าการยืดตัวสูงสุดที่ร้อยละ 9 ซึ่งทำให้เกิดความมั่นคงหลังผ่าตัดได้ทันทีและรองรับน้ำหนักได้ตั้งแต่ระยะแรก ส่งผลให้วัสดุชนิดนี้ได้รับความนิยมในช่วงแรก

Ahlfeld SK. และคณะ [24] ติดตามผู้ป่วย 30 รายที่ได้รับการปลูกถ่าย ACL เทียมด้วย Gore-Tex และพบว่า 2 ปีหลังการผ่าตัด มีเพียง 1 รายที่เกิดการแตกหักของวัสดุเทียม เช่นเดียวกับรายงานของ Friedman ที่ศึกษาผู้ป่วย 103 ราย ที่ได้รับการปลูกถ่าย ACL เทียม Gore-Tex เป็นเวลา 16 เดือน พบว่ามีการฉีกขาดของวัสดุเพียง 3 ราย

Glousman R. และคณะ [25] รายงานผลการศึกษาติดตามผู้ป่วยที่ได้รับการปลูกถ่ายเอ็น PTFE จำนวน 82 ราย เป็นเวลา 18 เดือน (ช่วง 12–30 เดือน) พบว่าผู้ป่วยมีอาการดีขึ้นทั้งในด้านการประเมินด้วยเครื่องมือต่าง ๆ และความรู้สึกของผู้ป่วย อย่างไรก็ตาม การใช้วัสดุดังกล่าวกลับมีภาวะแทรกซ้อนเกิดขึ้น ได้แก่ การฉีกขาดของเอ็น 4 ราย ภาวะแทรกซ้อนรุนแรง 7 ราย (ร้อยละ 8) และต้องทำการผ่าตัดแก้ไข 14 ราย (ร้อยละ 17)

Dacron

แนวทางการพัฒนาเส้นเอ็นเทียม Dacron (ผลิตโดย Meadox Medicals, Oakland, NJ, USA; Stryker Corp., Kalamazoo, MI, USA) มีความแตกต่างออกไป โดยในช่วงแรกถูกนำมาใช้สำหรับการบาดเจ็บของข้อไหล่ (acromio-clavicular joint) และใช้ในการสร้างเส้นเอ็นใหม่ของเอ็นไขว้หน้าเข่าใหม่ เส้นเอ็นชนิดนี้ได้รับการรับรองจากคณะการอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2532 และผลิตจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โดยออกแบบมาเพื่อใช้แทนเอ็นไขว้หน้าเข่าอย่างถาวร โครงสร้างของเส้นเอ็นเทียมประกอบด้วยปลอกกำมะหยี่ (velour) ที่ถักแบบหลวมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm และมีแกนกลางที่ทำจากแถบเส้นใยที่ถักแน่นสี่เส้น เส้นเอ็นเทียม Dacron มีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุดเฉลี่ย 3,631 N และมีค่าการยืดตัวสูงสุดเฉลี่ยร้อยละ 18.7 **(Table 3)** รายงานผลลัพธ์ในระยะสั้นระบุว่าให้ผลลัพธ์ที่ดี

โดยการศึกษาของ Lukianov AV. และคณะ [26] ซึ่งติดตามผลเฉลี่ย 28 เดือนในผู้ป่วย 41 รายที่ได้รับการผ่าตัดสร้าง ACL ใหม่ด้วยเอ็นเทียม Stryker Dacron พบว่าร้อยละ 75 ของผู้ป่วยมีผลการตรวจ Lachman, anterior drawer และ pivot shift เป็นลบ ซึ่งหมายความว่าข้อเข่าของผู้ป่วยมีความมั่นคงดี อย่างไรก็ตาม ในปี พ.ศ. 2534 Arnauw G. และคณะ [27] ได้ศึกษาผู้ป่วย 57 รายที่ได้รับการปลูกถ่ายเส้นเอ็นเทียม Dacron และพบว่า 18 เดือนหลังผ่าตัด มีอัตราการฉีกขาดของเส้นเอ็นสูงถึงร้อยละ 40

โดยสรุปแล้ว การผ่าตัด ACL reconstruction แบบใช้ allograft มีอัตราการขาดซ้ำร้อยละ 6.0 – 25.0 ในขณะที่ autograft โดยเฉพาะ BPTB มีอัตราการขาดซ้ำเพียงร้อยละ 1.0 – 5.0 [28] นอกจากนี้ ค่า Lysholm เฉลี่ยสำหรับ BPTB อยู่ที่ 90 – 95 และสำหรับ hamstring อยู่ที่ 88–93 โดย IKDC grade A/B พบในร้อยละ 85.0 – 92.0 ของผู้ป่วยตามรายงาน systematic review [29]

เทคนิค single bundle anterior cruciate ligament reconstruction

การผ่าตัดสร้างเส้นเอ็นไขว้หน้าใหม่แบบ single-bundle (SB ACL reconstruction) **(Figure 8A)** ยังคงเป็นมาตรฐานในระดับโลกในการรักษาเอ็นไขว้หน้าเข่า จากผลสำรวจ 86 ประเทศ (โดยร้อยละ 63.0 มาจากประเทศในยุโรป) พบว่าร้อยละ 92.0 ของผู้ตอบแบบสอบถามนิยมใช้การผ่าตัด single-bundle ACL reconstruction แม้ว่าผลลัพธ์ทางคลินิกในระยะสั้นจะค่อนข้างดี แต่การสร้างเอ็นไขว้หน้าใหม่ไม่สามารถป้องกันโรคข้อเข่าเสื่อมได้อย่างสมบูรณ์ในระยะยาว

Table 3. ตารางเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของ allograft และ synthetic graft.

ชนิดของ graft	ข้อดี	ข้อเสีย	Ultimate Load to Failure (N)	Stiffness (N/mm)
Allograft	- ไม่มี donor site morbidity - แผลผ่าตัดเล็ก ฟื้นตัวไว - ใช้เวลาผ่าตัดน้อย - มีปริมาณใช้ได้มาก	- ความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ - ราคาสูง - อาจมีการปฏิเสธเนื้อเยื่อ - ความแข็งแรงอาจลดลงหลังผ่านกระบวนการเตรียม	ข้อมูลใน Table 2	ข้อมูลใน Table 2
Carbon fibres	- เริ่มมีการใช้เป็นวัสดุผ่าตัด arthroscopic ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524	- ความต้านทานแรงบิดต่ำ - เส้นใยขาดง่าย - เกิดการสะสมและอักเสบในข้อเข่า	1,000–1,500 N	50–80 N/mm
Gore-Tex	- ฟื้นตัวไว ยึดติดเร็ว	- อาจเกิดภาวะแทรกซ้อน เช่น การฉีกขาด การติดเชื้อ- ต้องมีการผ่าตัดแก้ไขในบางราย	5,300 N	322 N/mm
Dacron	- โครงสร้างออกแบบให้มั่นคง - ได้รับการรับรองจาก FDA - ให้ผลดีในระยะสั้น	- อัตราการฉีกขาดสูงในระยะยาว (ถึงร้อยละ 40) - ความยืดตัวสูง (ร้อยละ 18.7) อาจส่งผลต่อเสถียรภาพระยะยาว	3,000–4,000 N	200–250 N/mm

Oh JY. และคณะ [30] ได้ทำการศึกษาในเรื่อง biomechanical comparison of single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction โดยได้ค้นหาฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ เช่น MEDLINE, Embase, Cochrane central register of controlled trials, Web of Science และ Scopus เพื่อหาเปรียบเทียบผลลัพธ์ทางชีวกลศาสตร์ระหว่าง SB-ACLR และ DB-ACLR ผลลัพธ์พบว่าการผ่าตัดแบบ DB-ACL reconstruction มีความยืดหยุ่นด้านหน้าของข้อเข่าน้อยกว่าเมื่อวัดด้วยการทดสอบ anterior drawer test ในการทดสอบการเคลื่อนที่ของกระดูกหน้าแข้งด้านหน้า (anterior tibial translation) ภายใต้การจำลอง pivot shift พบว่า DB-ACL reconstruction ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในมุมงอเข่าต่ำและที่ 30° เมื่อเทียบกับ SB-ACL reconstruction อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างทางชีวกลศาสตร์ที่มีนัยสำคัญระหว่างสองกลุ่มในการหมุนภายในของข้อเข่า และเนื่องจากอัตราการเกิดข้อเข่าเสื่อมยังคงสูง การผ่าตัดสร้างเอ็นไขว้หน้าใหม่ยังมีช่องว่างสำหรับการพัฒนาเพิ่มเติม

เทคนิค double bundle anterior cruciate ligament reconstruction

DB ACL reconstruction (Figure 8B) เป็นเทคนิคการผ่าตัดซึ่งถูกออกแบบมาให้ใกล้เคียงกับกายวิภาคปกติ

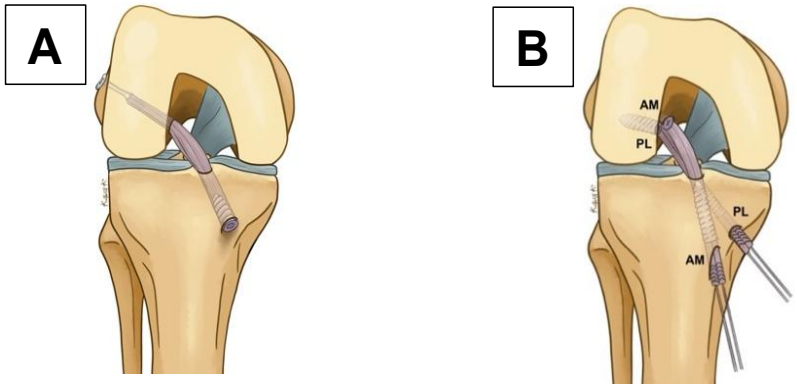

Figure 8. ตัวอย่างเทคนิคการผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าเข่าแบบสร้างใหม่ด้วยเทคนิค (A) single bundle anterior cruciate ligament reconstruction; (B) double bundle anterior cruciate ligament reconstruction.

Table 4. แสดงการเปรียบเทียบ single-bundle *vs.* double-bundle ACL reconstruction.

หัวข้อเปรียบเทียบ	Single-bundle ACL reconstruction	Double-bundle ACL reconstruction
ความนิยมในการใช้งาน	เป็นมาตรฐานได้รับความนิยมที่สุดทั่วโลก (ใช้งาน ร้อยละ ~ 92.0)	ใช้งานน้อยลงเนื่องจากความซับซ้อนและค่าใช้จ่ายสูง
ความซับซ้อนของเทคนิค	เทคนิคง่าย ขั้นตอนน้อย	เทคนิคซับซ้อน เจาะรูมากกว่าและจัดวาง graft หลายตำแหน่ง
ความมั่นคงของข้อเข่า	เสถียรภาพน้อยกว่า	ให้เสถียรภาพดีกว่าโดยเฉพาะด้านหน้า-หลัง และการหมุน
ผลลัพธ์ทางชีวกลศาสตร์	มีความหย่อนของข้อในบางมุม	มีความต้านทานต่อ anterior translation และ pivot shift ดีกว่า
ภาวะแทรกซ้อนและ OA หลังผ่าตัด	ยังมีโอกาสเกิดข้อเข่าเสื่อม(ร้อยละ 14.4)	ยังมีโอกาสเกิดข้อเข่าเสื่อม (ร้อยละ16.1)
ต้นทุน/ค่าใช้จ่าย	ต้นทุนต่ำกว่า	ต้นทุนสูงกว่า
การฟื้นตัวหลังผ่าตัด	เร็วกว่า (ขั้นตอนน้อยกว่า)	อาจใช้เวลาฟื้นตัวนานกว่า

ของเอ็นไขว้หน้าเข่าที่มีสองมัด ได้แก่ anteromedial bundle และ posterolateral bundle ข้อดีของ DB-ACL reconstruction คือการทำให้เข่ามีความมั่นคงที่ดีกว่าในเชิง anteroposterior (หน้า-หลัง) และ rotatory stability (การหมุน) แต่ก็ยังมีข้อถกเถียงในการศึกษาต่างๆ เช่น

Chen H. และคณะ [31] พบว่าไม่มีข้อได้เปรียบทางคลินิกของ DB-ACL reconstruction เมื่อเทียบกับ SB-ACL reconstruction

Mascarenhas R. และคณะ [32] รายงานว่า DB-ACL reconstruction ให้เสถียรภาพของข้อเข่าที่ดีกว่า SB-ACL แต่ไม่มีความแตกต่างในแง่ของผลลัพธ์ทางคลินิกหรืออัตราการล้มเหลวของกราฟต์

Zhu Y. และคณะ [33] พบว่า DB-ACL reconstruction ให้เสถียรภาพที่ดีกว่า ทั้งในแง่ของ anteroposterior และ rotatory stability รวมถึงผลลัพธ์ทางคลินิก

หนึ่งในสาเหตุของความแตกต่างในผลลัพธ์อาจเนื่องจากวิธีการประเมิน rotatory knee laxity (ความหย่อนของข้อเข่าในการหมุน) ที่ไม่ได้ถูกประเมินอย่างเหมาะสม ใช้วิธีการประเมินที่แตกต่างกันหรือใช้วิธี pivot-shift test แบบ manual ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ การศึกษาแบบ randomized controlled trial พบว่า อัตราการเกิด knee OA หลังการผ่าตัด ACL reconstruction มีความใกล้เคียงกันระหว่างสองกลุ่ม (SB = ร้อยละ 14.4 และ DB = ร้อยละ 16.1) ในการติดตามผลเฉลี่ย 5.3 ปี [34]

โดยสรุปแล้ว DB-ACL reconstruction อาจให้เสถียรภาพที่ดีกว่า SB-ACL reconstruction reconstruction โดยเฉพาะในแง่ของการควบคุม rotatory knee laxity อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก ความซับซ้อนของเทคนิคและค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น ทำให้แนวโน้มการใช้ DB-ACL reconstruction ทั่วโลกลดลง นอกจากนี้ ทั้ง SB และ DB-ACL reconstruction ยังไม่สามารถป้องกัน ข้อเข่าเสื่อมหลังผ่าตัดได้อย่างสมบูรณ์

เทคนิคเสริมในการผ่าตัด ACL reconstruction

การใช้หัตถการเพิ่มเติมสามารถช่วยลดโอกาสฉีกขาด (graft rupture) โดยเฉพาะในกรณีของ revision ACL reconstruction หรือผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูง ซึ่งเทคนิควิธีการเสริมในการผ่าตัดในปัจจุบันที่นิยมทำมีดังนี้

1. Lateral extra-articular tenodesis (LET)

ในปี พ.ศ. 2519 MacIntosh DL. และคณะ ได้อธิบายการใช้ iliotibial band (ITB) loop ผ่านด้านหลังของ intermuscular septum ซึ่งเป็นเทคนิค lateral extra-articular tenodesis (LET) แต่ถูกยกเลิกไปเนื่องจากไม่สามารถรักษาภาวะ ACL insufficiency ได้เมื่อใช้เพียงลำพัง ปัจจุบันเทคนิคดังกล่าวกลับมาได้รับความนิยมอีกครั้งในฐานะหัตถการเสริมสำหรับการสร้างเอ็นไขว้หน้าเข่าใหม่[35]

การศึกษา Mao Y. และคณะ [36] พบว่าการสร้างเอ็นไขว้หน้าเข่าใหม่ที่เสริมด้วยเทคนิค LET มีอัตราการเกิด positive pivot-shift ต่ำกว่า,มีระดับกิจกรรมหลังผ่าตัดสูงกว่า และมีความเสี่ยงต่อ graft failure น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการผ่าตัดดั้งเดิม แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคะแนน IKDC score และอัตราการกลับไปเล่นกีฬา (rate of return to play, RTP)

เทคนิค LET ยังถูกใช้ใน revision ACL reconstruction และพบว่าให้ผลลัพธ์ที่ดี ลดอัตราการล้มเหลว และช่วยลด rotatory knee laxity ข้อกังวลเกี่ยวกับ LET จากการศึกษาของ Elmar Herbst E. และคณะ [37] พบว่า เทคนิค LET อาจทำให้เกิดภาวะ overconstraint ของข้อเข่าด้านข้าง (lateral compartment) ทำให้มีความเสี่ยงที่อาจทำให้เกิด ข้อเข่าเสื่อมใน lateral compartment ได้

2. Anterolateral ligament (ALL) reconstruction

ALL reconstruction เป็นอีกหนึ่งเทคนิคเสริมที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตามยังมีข้อถกเถียงของเทคนิคดังกล่าวในเรื่องชีวกลศาสตร์ และผลลัพธ์ที่ยังไม่เป็นที่พึงพอใจ

Sonnery-Cottet B. และคณะ [38] ศึกษาผลของ ACL reconstruction ที่เสริมด้วย ALL reconstruction พบว่ามีอัตราการอยู่รอด (graft survivorship) ที่สูงขึ้น มีอัตราการผ่าตัดซ้ำ (revision ACL reconstruction) ลดลง แต่ผลลัพธ์ที่รายงานโดยผู้ป่วย (patient-reported outcomes) ไม่แตกต่างกัน

Hamido F. และคณะ [39] ศึกษา randomized controlled trial ของเทคนิคการสร้างเอ็นไขว้หน้าเข่าใหม่ ACL reconstruction ที่เสริมด้วย ALL reconstruction พบว่า ลด rotatory knee laxity มีอัตราgraft rupture ต่ำกว่า และมีคะแนน IKDC score หลังผ่าตัดดีขึ้นในนักกีฬา

ALL reconstruction ยังคงมีข้อกังวล โดยเฉพาะหน้าที่ทางชีวกลศาสตร์ของ ALL ยังไม่ชัดเจน โดยมีการศึกษาของ Thein R. และคณะ [40] พบว่าการตัด ALL ออกใน ACL-deficient knee สามารถนำไปสู่การเพิ่มของ anterior translation เพียง 2 - 3 mm ใน simulated Lachman และ pivot-shift test อย่างมีนัยสำคัญ Spencer L. และคณะ [41] พบว่า ALL reconstruction ไม่ได้ช่วยลด rotatory laxity ใน pivot-shift test

ผลลัพธ์ทางคลินิกและทางชีวกลศาสตร์ของเทคนิคใหม่เมื่อเทียบกับเทคนิคมาตรฐาน (ACL reconstruction)

มีงานวิจัยในช่วงหลังรายงานว่า ACL repair แบบเสริมด้วย biologic augmentation, dynamic intraligamentary stabilization (DIS) และ primary repair ที่ใช้ suture tape augmentation สามารถให้ผลการฟื้นตัวในระยะแรกใกล้เคียงหรือดีกว่าการสร้างเอ็นใหม่ โดยเฉพาะด้านการคงสภาพเนื้อเยื่อเดิมและ proprioception ของข้อเข่า อย่างไรก็ตาม เมื่อประเมินผลลัพธ์ใน ระยะยาว (> 5 ปี) พบว่าอัตราการขาดซ้ำของเทคนิคเหล่านี้ยังคงสูงกว่า ACL reconstruction แบบมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญ

DIS มีอัตรา re-rupture ถึงร้อยละ 10.0 – 17.0 ภายใน 2 – 5 ปี, สูงกว่า autograft ACLR (ประมาณร้อยละ 3 – 8)[42] BEAR (Bridge-Enhanced ACL Repair) รายงานอัตรา failure ประมาณร้อยละ 14.0 ที่ 2 ปี ซึ่งสูงกว่า hamstring autograft reconstruction [43]

ด้านชีวกลศาสตร์ มีงานวิจัยพบว่าแม้ repair techniques จะสามารถฟื้นฟู anterior stability ได้ใกล้เคียง แต่ ไม่สามารถควบคุม rotatory stability ได้ดีเท่าการสร้างเอ็นใหม่ (ACLR) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการป้องกัน pivot-shift และการเกิด meniscal injury ในอนาคต

3. เปรียบเทียบกับเทคนิคดั้งเดิมในระยะยาว

แม้เทคนิคใหม่จะมีข้อดี เช่น แผลเล็ก ฟื้นตัวเร็ว และคงไว้ซึ่ง proprioception แต่เมื่อประเมินข้อมูล

ระยะยาวแล้ว ACL reconstruction แบบมาตรฐานโดยใช้ autograft ยังคงเป็น “gold standard” เนื่องจากอัตราขาดซ้ำต่ำกว่า ฟื้นฟู rotatory stability ได้ดีกว่าและผลลัพธ์การกลับไปเล่นกีฬาในกลุ่มนักกีฬาระดับสูงยังเหนือกว่า[44]

สรุป

การผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าเข่าใหม่ ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งในด้านเทคนิควิธีการผ่าตัด การเลือกชนิดของ graft และการใช้หัตถการเสริมเพื่อช่วยให้ผู้ที่ได้รับการบาดเจ็บเอ็นไขว้หน้าเข่ามีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น สามารถกลับมาใช้งานเข่าได้ตามปกติ แต่อย่างไรก็ตามปัญหาการฉีกขาด (graft rupture) และข้อเข่าเสื่อมหลังผ่าตัด (postoperative OA) ยังคงเป็นปัญหาหลักที่ยังไม่สามารถแก้ไขด้วยการทำการผ่าตัดด้วยวิธีดังกล่าวได้ในระยะยาว การพัฒนาเทคนิคการผ่าตัดต่อไปของการสร้างเอ็นไขว้หน้าเข่าใหม่จึงเป็นสิ่งจำเป็นและต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกายวิภาคของเอ็นไขว้หน้าเข่าเป็นอย่างดี ในอนาคตยังมีการพัฒนาเทคนิคใหม่ ๆ เพื่อช่วยลดปัญหาจากการผ่าตัดด้วยเทคนิคเดิม ๆ เช่น สามารถลดอุบัติการณ์การเกิดเข่าเสื่อมหลังผ่าตัด การฉีกขาดของกราฟต์ หรือสามารถทำให้ผู้ป่วยฟื้นฟูหลังการผ่าตัดได้เร็วขึ้น สามารถใช้ชีวิตประจำวันได้ตามปกติ

เอกสารอ้างอิง

1. Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, et al. Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: A 21-year population-based study. Am J Sports Med 2016;44:1502-7.
2. Beard DJ, Davies L, Cook JA, Stokes J, Leal J, Fletcher H, et al. Comparison of surgical or non-surgical management for non-acute anterior cruciate ligament injury: the ACL SNNAP RCT. Health Technol Assess 2024;28:1-97.
3. Iwahashi T, Shino K, Nakata K, Otsubo H, Suzuki T, Amano H, et al. Direct anterior cruciate ligament insertion to the femur assessed by histology and 3-dimensional volume-rendered computed tomography. Arthroscopy 2010;26:S13-20.
4. Sasaki N, Ishibashi Y, Tsuda E. The femoral insertion of the anterior cruciate ligament: discrepancy between macroscopic and histological observations. Arthroscopy 2012;28:1135–46.
5. Anderson AF, Dome DC, Gautam S, Awh MH, Rennirt GW. Correlation of anthropometric measurements, strength, anterior cruciate ligament size, and intercondylar notch characteristics to sex differences in anterior cruciate ligament tear rates. Am J Sports Med 2001;29:58-66.
6. Ferretti M, Levicoff EA, Macpherson TA, Moreland MS, Cohen M, Fu FH. The fetal anterior cruciate ligament: an anatomic and histologic study. Arthroscopy 2007; 23:278-83.
7. Takeda Y, Xerogeanes JW, Livesay GA, Fu FH, Woo SL. Biomechanical function of the human anterior cruciate ligament. Arthroscopy 1994;10:140-7
8. Sakane M, Livesay GA, Fox RJ, Rudy TW, Runco TJ, Woo SL. Relative contribution of the ACL, MCL, and bony contact to the anterior stability of the knee. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 1999;7:93-7.
9. Hosseini A, Gill TJ, Li G. In vivo anterior cruciate ligament elongation in response to axial tibial loads. J Orthop Sci 2009;14:298-306.
10. Nakamae A, Ochi M, Deie M, Adachi N, Kanaya A, Nishimori M, et al. Biomechanical function of anterior cruciate ligament remnants: how long do they contribute to knee stability after injury in patients with complete tears? Arthroscopy 2010;26:1577-85.
11. Chen CH, Li JS, Hosseini A, Gadikota HR, Gill TJ, Li G. Anteroposterior stability of the knee during the stance phase of gait after anterior cruciate ligament deficiency. Gait Posture. 2012;35:467-71.
12. Siebold R, Fu FH. Assessment and augmentation of symptomatic anteromedial or posterolateral bundle tears of the anterior cruciate ligament. Arthroscopy 2008;24:1289-98.
13. Kobayashi H, Kanamura T, Koshida S,Miyashita K, Okado T. Mechanisms of the anterior cruciate ligament injury in sports activities: A twenty-year clinical research of 1,700 athletes. J Sports Sci Med 2010;9:669-75

14. Saueressig T, Braun T, Steglich N, Diemer F, Zebisch J, Herbst M, Zinser W, Owen PJ, Belavy DL. Primary surgery versus primary rehabilitation for treating anterior cruciate ligament injuries: a living systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med. 2022 ;56:1241-51.
15. Mihelic R, Jurdana H, Jotanovic Z, Madjarevic T, Tudor A. Long-term results of anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison with non-operative treatment with a follow-up of 17-20 years. Int Orthop 2011;35:1093-7.
16. Murray MM, Fleming BC, Badger GJ, Kramer DE, et al. Bridge enhanced anterior cruciate ligament repair is not inferior to autograft anterior cruciate ligament reconstruction at 2 Years: results of a prospective randomized clinical trial. Am J Sports Med 2020;48:1305–15.
17. Robinson J, Williamson T, Carson T, Whelan R, Abelow S. Primary anterior cruciate ligament repair: Current concepts. J ISAKOS 2023;8:456–66.
18. Tsoukas, D., Fotopoulos, V., Basdekis, G. et al. No difference in osteoarthritis after surgical and non-surgical treatment of ACL-injured knees after 10 years. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2016; 24:2953–59.
19. Musahl V, Engler ID, Nazzal EM, Dalton JF, Lucidi GA, Hughes JD, et al. Current trends in the anterior cruciate ligament part II: evaluation, surgical technique, prevention, and rehabilitation. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2022;30:34-51.
20. Staubli H, Bollmann C, Kreutz R et al.Quantification of intact quadriceps tendon, quadriceps tendon insertion, and suprapatellar fat pad: MR arthrography, anatomy, and cryosections in the sagittal plane. Am J Roentgenol 1999;173:691–8.
21. Kerimoglu S, Aynaci O, Sarac'oglu M, Aydin H, Turhan AU. Anterior cruciate ligament recon- struction with the peroneus longus tendon. Acta Orthop Traumatol Turc 2008;42:38–43
22. Zhao J, Huangfu X.The biomechanical and clinical application of using the anterior half of the peroneus longus tendon as an autograft source. Am J Sports Med 2012;40:662–671
23. Dandy DJ, Flanagan JP, Steenmeyer V..Arthroscopy and the management of the ruptured anterior cruciate ligament. Clin Orthop 1982;167:43–49
24. Ahlfeld SK, Larson RL, Collins RH. Anterior cruciate reconstruction in the chronically unstable knee using an expanded polytetrafluoroethylene (PTFE) prosthetic ligament. Am J Sports Med 1987;15: 326–30.
25. Glousman R, Shields C, Kerlan R, Jobe F, Lomabardo S, Yocum L et al.Gore-Tex prosthetic ligament in anterior cruciate deficient knees. Am J Sports Med 1988;6:321–326
26. Lukianov AV, Richmond JC, Barrett GR, Gillquist J. A multicenter study on the results of anterior cruciate ligament reconstruction using a Dacron ligament prosthesis in"salvage" cases. Am J Sports Med 1988;17:380–6.
27. Arnauw G, Verdonk R, Harth A, Moerman J, Vorlat P, Bataillie F et al. Prosthetic *vs*. tendon allograft replacement of ACL-deficient knees. Acta Orthop Belg 1991;57(suppl II):67–74
28. Prodromos CC, Joyce BT, Shi K, Keller BL. A meta-analysis of anterior cruciate ligament reconstruction using autograft compared with allograft. Arthroscopy 2007;23:532–8.
29. Xie X, Liu X, Chen Z, Yu Y, Peng S, Li Q. A meta-analysis of bone–patellar tendon–bone autograft versus four-strand hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. PLoS One 2015;10:e0134302.
30. Oh JY, Kim KT, Park YJ, Won HC, Yoo J Il, Moon DK, et al. Biomechanical comparison of single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis. Knee Surg Relat Res 2020;32:14.

31. Chen H, Chen B, Tie K, Fu Z, Chen L. Single-bundle *vs.* double-bundle autologous anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis of randomized controlled trials at 5-year minimum follow-up. J Orthop Surg Res 2018;13:50
32. Mascarenhas R, Cvetanovich GL, Sayegh ET, Verma NN, Cole BJ, Bush-Joseph C, et al. Does double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction improve postoperative knee stability compared with single-bundle techniques? A systematic review of overlapping meta-analyses. Arthroscopy 2015;31: 1185–96.
33. Zhu Y, Tang R kuan, Zhao P, Zhu S sheng, Li Y guo, Li J bo. Double-bundle reconstruction results in superior clinical outcome than single-bundle reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2013;21:1085–96.
34. Belk JW, Kraeutler MJ, Houck DA, McCarty EC. Knee osteoarthritis after single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review of randomized controlled trials. Arthroscopy 2019;35:996-1003.
35. Amirault JD, Cameron JC, MacIntosh DL, Marks P. Chronic anterior cruciate ligament de ciency. Long-term results of MacIntosh's lateral substitution reconstruction. J Bone Joint Surg Br 1988;70: 622–4.
36. Mao Y, Zhang K, Li J, Fu W. Supplementary lateral extra-articular tenodesis for residual anterolateral rotatory instability in patients undergoing single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis of randomized controlled trials. Orthop J Sports Med 2021;9:23259671211002282.
37. Herbst E, Albers M, Burnham JM, Shaikh HS, Naendrup JH, Fu FH, et al. The anterolateral complex of the knee: a pictorial essay. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2017;25:1009–14.
38. Sonnery-Cottet B, Haidar I, Rayes J, Fradin T, Ngbilo C, Vieira TD, et al. Long-term graft rupture rates after combined ACL and anterolateral ligament reconstruction versus isolated ACL reconstruction: a matched-pair analysis from the santi study 101group. Am J Sports Med 2021;49:2889–97.
39. Hamido F, Habiba AA, Marwan Y, Soliman ASI, Elkhadrawe TA, Morsi MG, et al. Anterolateral ligament reconstruction improves the clinical and functional outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction in athletes. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2021;29:1173–80.
40. Thein R, Boorman-Padgett J, Stone K, Wickiewicz TL, Imhauser CW, Pearle AD. Biomechanical assessment of the anterolateral ligament of the knee: a secondary restraint in simulated tests of the pivot shift and of anterior stability. J Bone Joint Surg Am 2016;98:937-43.
41. Spencer L, Burkhart TA, Tran MN, Rezansoff AJ, Deo S, Caterine S, et al. Biomechanical analysis of simulated clinical testing and reconstruction of the anterolateral ligament of the knee. Am J Sports Med 2015;43:2189–97.
42. Eggli S, Kohl S, Zumstein M, Henle P, Hartmann J, Herzog M. Dynamic intraligamentary stabilization for primary ACL repair: Failure and complication rates after 5 years. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2018;26:369-376.
43. Murray MM, Flutie B, Kalish LA, Ecklund K, Fleming BC. Bridge-enhanced ACL repair: Two-year outcomes of the BEAR trial. Orthop J Sports Med 2020;8:2325967120902756.
44. Nauta HJ, Love R, Browning R, Magnussen RA, Flanigan DC. Outcomes of anterior cruciate ligament repair versus reconstruction: A systematic review and meta-analysis. Am J Sports Med 2022;50:59-69.