

# ภาวะข้อเท้าเสื่อม (ankle osteoarthritis)

จิรินทร์ อภิณันท์

## บทนำ

ข้อเท้าต้องรับน้ำหนักถึง 5 เท่าของน้ำหนักตัวในระย phase ของการเดิน โดยที่ข้อเท้ามีพื้นที่ผิวในการรับน้ำหนักเพียง 350 ตารางมิลลิเมตรเท่านั้น ซึ่งเท่ากับร้อยละ 33 ของข้อเข่าหรือข้อสะโพก<sup>(1)</sup> และมีความหนาของ cartilage อยู่ที่ 1-1.7 มม. ซึ่งน้อยกว่าความหนาของข้อเข่าและข้อสะโพก<sup>(2)</sup> แต่ความชุกของภาวะข้อเท้าเสื่อมกลับพบน้อยกว่าในข้อสะโพกและข้อเข่า (ข้อเท้าร้อยละ 19 ข้อเข่าร้อยละ 44 และข้อสะโพกร้อยละ 4.4 ตามลำดับ<sup>(3)</sup> ทั้งนี้เนื่องจากการที่ข้อเท้าเป็นข้อที่มี congruence สูง และ cartilage ของข้อเท้ามีลักษณะที่ uniform และ stiff ทำให้ทนต่อแรงกระแทกได้ดี<sup>(2,4)</sup> นอกจากนี้ tensile strength ของ cartilage ของข้อเท้ายังลดลงไปเพียงเล็กน้อยเมื่ออายุมากขึ้นซึ่งต่างกับ cartilage ของกระดูกหัวสะโพก<sup>(5)</sup>

## ตารางที่ 1. สาเหตุของภาวะข้อเท้าเสื่อม

Post-traumatic	intra-articular fracture, tibial/calcaneal malunion syndesmotic injury, chronic ligamentous instability
Inflammatory arthritis	rheumatoid arthritis, ankylosing spondylitis Reiter's syndrome, psoriatic arthritis
Crystalline arthropathy	gout, calcium pyrophosphate deposition
Tumor	pigmented villonodular synovitis, synovial chondromatosis
Congenital	joint dysplasia, limb deformity, acromegaly, Paget disease
Charcot arthropathy	diabetes, syphilis, syringomyelia, peripheral neuropathy
Others	avascular necrosis, infection, hemophilia, hemochromatosis
Idiopathic	

สาเหตุส่วนใหญ่ของภาวะข้อเท้าเสื่อมเกิดจาก post-traumatic โดยพบเป็นสาเหตุได้ถึงร้อยละ 70 ของภาวะข้อเท้าเสื่อมทั้งหมด<sup>(6)</sup> โดยการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นนั้นอาจส่งผลให้เกิดทั้งการบาดเจ็บชนิด irreversible ของ cartilage ณ เวลาที่เกิดอุบัติเหตุ และการมี chronic overloading ในระยะยาวจาก joint incongruity หรือ malalignment จาก inadequate fracture reduction และ instability จาก ligament damage อันเป็นผลมาจากการบาดเจ็บนั้น จากการศึกษาพบว่า การมี talar shift เพียง 1 มม. สามารถส่งผลให้พื้นผิวสัมผัสของข้อเท้าลดลงไปได้ถึงร้อยละ 42<sup>(7,8)</sup> ภาวะข้อเสื่อมปฐมภูมิพบได้ร้อยละ 7 ของผู้ป่วย สาเหตุอื่น ๆ นอกจากนี้ ได้แก่ inflammatory arthritis, crystalline arthropathy, Charcot arthropathy, avascular necrosis, post-infection เป็นต้น ดังในตารางที่ 1

### การแบ่งชนิดและระดับความรุนแรงของภาวะข้อเท้าเสื่อม

ภาวะข้อเท้าเสื่อมสามารถแบ่งตามตำแหน่งที่เกิดพยาธิสภาพได้เป็นชนิด global arthritis และ asymmetrical (focal/eccentric) arthritis โดย global arthritis เป็นภาวะข้อเสื่อมที่เกิดขึ้นกับข้อเท้าทั้งข้อหรือพื้นที่ส่วนใหญ่ของข้อเท้า มักพบในกลุ่มข้อเสื่อมแบบปฐมภูมิหรือข้อเสื่อมจากโรค hemophilia, infection, crystals, inflammatory, post-traumatic หรือ neuroarthropathic ส่วน asymmetrical arthritis เป็นภาวะข้อเสื่อมที่เกิดขึ้นเฉพาะบางส่วนของข้อเท้า เช่น ข้อเสื่อมที่เกิดตามหลัง ankle instability หรือ malalignment ของขาหรือเท้า โดยสามารถแบ่งย่อยได้อีกตามแนว coronal plane เป็น varus และ valgus arthritis (รูปที่ 1) และในแนว sagittal plane เป็น anterior และ posterior arthritis



รูปที่ 1. ก. varus arthritis และ ข. valgus arthritis

Kellgren และ Lawrence<sup>(9)</sup> ได้กำหนดสเกลซึ่งต่อมาได้รับเลือกจากองค์การอนามัยโลก ให้เป็นสเกลอ้างอิงมาตรฐานในการแบ่งระดับความรุนแรงของภาวะข้อเสื่อม อย่างไรก็ตาม สเกลนี้ ไม่ได้ถูกกำหนดมาเพื่อใช้จำเพาะเจาะจงกับข้อเท้าโดยเฉพาะ และลักษณะที่พบในภาพถ่ายรังสี นี้ก็อาจไม่สัมพันธ์กับอาการของผู้ป่วยเสมอไป ต่อมา Moon และคณะ<sup>(10)</sup> และ Holzer และคณะ<sup>(11)</sup> ได้ทำการแบ่งระดับความรุนแรงของ grade 3 ออกเป็น grade 3a (without talar tilt) และ 3b (with talar tilt) (ตารางที่ 2<sup>(10-12)</sup>)

**ตารางที่ 2.** Modified Kellgren-Lawrence (K&L) scale<sup>(10-12)</sup>

Grade 0	No JSN or reactive changes	
Grade 1	Doubtful JSN, possible osteophytic lipping	
Grade 2	Definite osteophytes, possible JSN	
Grade 3	Moderate osteophytes, definite JSN, some sclerosis, possible bone-end deformity	
	Subgrade 3a	Without talar tilt
	Subgrade 3b	With talar tilt
Grade 4	Large osteophytes, marked JSN, severe sclerosis, definite bone ends deformity	

JSN: joint space narrowing

van Dijk และคณะ<sup>(13)</sup> ได้แบ่งระดับความรุนแรงของภาวะข้อเท้าเสื่อม ดังตารางที่ 3<sup>(13)</sup> โดยได้รายงานผลการรักษาโดยวิธีการผ่าตัด arthroscopic debridement ในข้อเท้าเสื่อมในระยะ stage 0, 1 และ 2 (ข้อเท้าเสื่อมในระยะ stage 3 เป็นกลุ่มที่ไม่เหมาะสมในการรักษาด้วยวิธีนี้) และพบว่า ภายหลังจากติดตามอาการไปเป็นระยะเวลา 2 ปี ของกลุ่มข้อเท้าเสื่อมในระยะ 0 และ 1 ที่ยังไม่มีการ joint space narrowing มีผลการรักษาที่ดีกว่าระยะ 2 ที่มี joint space narrowing แล้ว

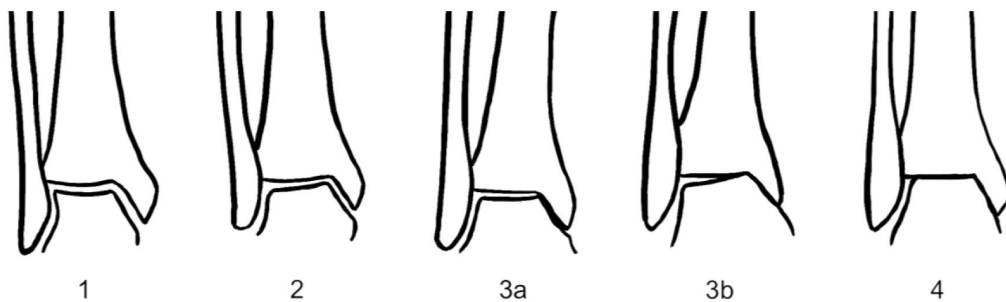
**ตารางที่ 3.** van Dijk classification<sup>(13)</sup>

Stage 0	Normal joint or subchondral sclerosis
Stage 1	Presence of osteophytes without joint space narrowing
Stage 2	Joint-space narrowing with or without osteophytes
Stage 3	Subtotal or total disappearance or deformation of joint space

Takakura และคณะ<sup>(14)</sup> ได้ทำการแบ่งระดับความรุนแรงของภาวะข้อเท้าเสื่อม ซึ่งต่อมา Tanaka และคณะ<sup>(15)</sup> ได้ทำการแบ่งระดับความรุนแรงของระยะ 3 ออกเป็นระยะ 3a และ 3b ดังตารางที่ 4<sup>(14, 15)</sup> และรูปที่ 2 โดยได้รายงานผลการรักษาโดยวิธีการผ่าตัด low tibial osteotomy และพบว่าเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงต่ำกว่าระยะ 3b

**ตารางที่ 4.** Modified Takakura classification<sup>(14, 15)</sup>

Stage 1	No joint space narrowing, but early sclerosis and formation of osteophytes
Stage 2	Narrowing of the medial joint space
Stage 3	Obliteration of the joint space with subchondral bone contact medially
Substage 3a	Obliteration of the joint space limited to the medial malleolus
Substage 3b	Obliteration of the joint space extended to the roof of the dome of the talus
Stage 4	Obliteration of the whole joint space with complete bone contact



**รูปที่ 2.** แสดงระยะต่าง ๆ ของ modified Takakura classification

Cheng และคณะ<sup>(16)</sup> ได้ทำการแบ่งระดับความรุนแรงของภาวะข้อเท้าเสื่อมไว้ดังตารางที่ 5<sup>(16)</sup> โดย degree 1 เป็นระดับ mild, degree 2 และ 3 เป็นระดับ moderate และ degree 4 เป็นระดับ severe โดยภาวะข้อเท้าเสื่อมที่มีความรุนแรงใน degree 2 และ 3 (ระดับ moderate) เป็น candidate ที่เหมาะสมในการรักษาโดยวิธีการผ่าตัด low tibial osteotomy

### ตารางที่ 5. Cheng classification<sup>(16)</sup>

Degree 0	No reduction of the joint space Normal alignment
Degree 1	Slight reduction of the joint space Slight formation of deposits at the joint margins Normal alignment
Degree 2	More pronounced change than mentioned above Subchondral osseous sclerotic configuration Mild malalignment
Degree 3	Joint space reduced to about half the height of the uninjured side Rather pronounced formation of deposits Obvious varus or valgus alignment
Degree 4	The joint space has completely or practically disappeared

Krause และคณะ<sup>(17)</sup> ได้เสนอวิธีการแบ่งระดับความรุนแรงของภาวะข้อเท้าเสื่อมแบบ end-stage ankle arthritis โดย canadian orthopaedic foot and ankle society (cofas) classification ซึ่งมีทั้ง pre operative และ post operative classification รวมทั้ง potential modification โดยเพิ่มเติม subgroup ของ types 3 และ 4 ของทั้ง pre operative และ post operative (ตารางที่ 6<sup>(17)</sup>)

ตารางที่ 6. COFAS classification<sup>(17)</sup>

	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Pre-operative	Isolated ankle arthritis	Ankle arthritis with intra-articular varus/valgus deformity, ankle instability, and/or a tight heel cord	Ankle arthritis with hindfoot deformity, tibial malunion, midfoot ab-/adductus, supinated midfoot, plantarflexed first ray, etc.	Type 1-3 plus subtalar/calcaneocuboid/talonavicular arthritis
Post-operative	AA or TAR with no procedure requiring a second incision except syndesmosis fusion	AA or TAR with a soft-tissue procedure requiring a separate incision	AA or TAR with an additional osteotomy including midfoot arthrodesis	AA or TAR with an additional hindfoot arthrodesis

AA: ankle arthrodesis, TAR: total ankle replacement

ในกลุ่มข้อเท้าเสื่อมที่มีการเสื่อมของข้อเฉพาะด้านหน้าหรือด้านหลังของข้อเท้า โดยไม่มี talar tilt หรือมี talar tilt angle น้อยกว่า 4 องศา ในภาพถ่ายรังสีในแนว anteroposterior (AP) นั้น Kim และคณะ<sup>(18)</sup> ได้แบ่งผู้ป่วยกลุ่มนี้ออกเป็น anterior และ posterior arthritis ตามตำแหน่งของการเสื่อมของข้อเท้าในแนว sagittal plane (รูปที่ 3) โดยในกลุ่ม anterior ankle arthritis พบว่ามีความสัมพันธ์กับ anterior translation ของกระดูก talus และ anterior opening slope ของกระดูก distal tibia ซึ่งอาจมีความเกี่ยวข้องกับภาวะ lateral ankle instability และ contracture ของ posterior soft tissue ในขณะที่ posterior ankle arthritis นั้น มีความสัมพันธ์กับภาวะ flatfoot deformity และได้ทำการแบ่งระยะของ posterior ankle arthritis ออกเป็น 4 ระยะตามลักษณะของภาพถ่ายรังสีในแนว lateral<sup>(19)</sup> ดังในตารางที่ 7<sup>(19)</sup>



รูปที่ 3. ก. anterior arthritis ข. และ ค. posterior arthritis

ตารางที่ 7. Radiologic staging of posterior ankle arthritis<sup>(19)</sup>

Stage 1	Early sclerosis and osteophyte formation without joint narrowing
Stage 2	Narrowing of the joint space
Stage 3	Obliteration of tibiotalar joint space less than 50%
Stage 4	Obliteration of tibiotalar joint space 50% or more

Holzer และคณะ<sup>(11)</sup> พบว่า K&L scale มี intra- และ inter-observer reliability ที่ดีและสัมพันธ์กับอาการทางคลินิกของผู้ป่วยที่มีภาวะข้อเท้าเสื่อมชนิด post traumatic อย่างไรก็ตาม Claessen และคณะ<sup>(20)</sup> ทำการศึกษา interobserver agreement ของ van Dijk, K&L และ Takakura classification ในภาวะข้อเท้าเสื่อมชนิด post traumatic เช่นกัน แต่กลับพบว่าทั้ง 3 classification มี reliability ที่ต่ำ

Krause และคณะ<sup>(17)</sup> ได้ทำการศึกษา intra- และ inter-observer reliability ของ COFAS scores และพบว่า interobserver agreement ที่ดีใน post-operative classification แต่ใน pre-operative classification กลับมี agreement ที่ไม่ดีนัก

## การรักษา

การรักษาภาวะข้อเท้าเสื่อมมีทั้งการรักษาแบบอนุรักษ์ ทั้งโดยการใส่ยาและไม่ใช้ยา รักษา และโดยการผ่าตัด ซึ่งมีทั้งการผ่าตัดแบบ joint-sparing surgery และ joint-sacrificing surgery (ตารางที่ 8) ซึ่งมีข้อดีข้อเสียและข้อบ่งชี้ รวมทั้งข้อห้ามที่แตกต่างกันไป ซึ่งแพทย์ผู้รักษาต้องพิจารณาเลือกให้เหมาะสมกับระยะของโรคและความเหมาะสมต่อผู้ป่วยแต่ละราย

ตารางที่ 8. การรักษาภาวะข้อเท้าเสื่อม

Conservative		Operative	
Nonpharmacological	Pharmacological	Joint-sparing	Joint-sacrificing
Weight management	Topical NSAID	Debridement	Arthrodesis
Activity modification	Topical capsaicin	Distraction arthroplasty	Arthroplasty
Gait assistive device	Acetaminophen		
Exercise	NSAID	SMO	
Physical modalitis	Opioid derivatives		
Orthosis	Duloxetine		
Shoe modification	Glucosamine		
Bracing	Chondroitin sulfate		
	Corticosteroid injection		
	PRP injection		
	Viscosupplementation		

การรักษาโดยวิธีอนุรักษ์

การรักษาโดยวิธีไม่ใช้ยา

1. การควบคุมน้ำหนักและการปรับพฤติกรรม
2. การใช้อุปกรณ์ช่วยเดิน (gait assistive device)<sup>(21,22)</sup> จากการศึกษาของ Aragaki และคณะ<sup>(23)</sup> และ Youdas และคณะ<sup>(24)</sup> พบว่า การใช้ไม้เท้า (single-point cane) สามารถช่วยลดแรงกระทำต่อข้อเท้าได้ร้อยละ 7-25
3. การออกกำลังกายเพื่อรักษาพิสัยการเคลื่อนไหวและกำลังของข้อเท้า และการใช้เครื่องมือทางกายภาพบำบัด เช่น การกระตุ้นด้วยไฟฟ้าเพื่อช่วยลดอาการ<sup>(25)</sup>
4. การใช้กายอุปกรณ์ (orthosis) และการปรับรองเท้า เพื่อลดแรงกระทำต่อข้อเท้า จำกัดการเคลื่อนไหวและลดความเร็วระหว่างการ transition ภายใณระยะ stance phase และแก้ไข flexible hindfoot malalignment<sup>(21,26)</sup> เช่น ankle foot orthosis (AFO), hindfoot orthosis, rocker sole และ solid-ankle cushion-heel (SACH)<sup>(27,28)</sup>



5. การใช้อุปกรณ์ยึดข้อเท้า (bracing) ซึ่งมักใช้เมื่อไม่ประสบความสำเร็จในการรักษาด้วยกายอุปกรณ์และการปรับรองเท้า หรือเมื่อมี rigid hindfoot deformity แล้ว โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ข้อเท้ามีความมั่นคง, จำกัดการเคลื่อนไหวของข้อเท้าและกระจายแรงกระทำที่มีต่อข้อเท้าให้ไปสู่พื้นผิวที่กว้างที่สุดเท่าที่เป็นไปได้<sup>(28)</sup> โดยอาจเป็นอุปกรณ์ยึดข้อเท้าสำเร็จรูป (off-the-shelf) หรือสั่งตัด (custom) ตามความเหมาะสม อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่อาจพบได้ในการใช้อุปกรณ์ยึดข้อเท้า ได้แก่ ความสวยงาม ข้อจำกัดในการทำกิจกรรมบางอย่าง การบวมและการกัดรัดจากอุปกรณ์ อาจทำให้ผู้ป่วยไม่สามารถทนการใส่อุปกรณ์ได้ โดยเฉพาะในผู้ป่วยอายุน้อยและ active

### การรักษาด้วยยา

**1. Acetaminophen** ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาทางคลินิกในการใช้ acetaminophen ในภาวะข้อเท้าเสื่อม แต่หากอนุมานจากการศึกษาการใช้ acetaminophen ในภาวะข้อเข่าและสะโพกเสื่อม พบว่า acetaminophen นั้นด้อยประสิทธิภาพในการควบคุมอาการปวดในข้อเสื่อมของเข่าและสะโพก<sup>(29,30)</sup> อย่างไรก็ตาม national clinical guideline centre (UK) และ american college of rheumatology/arthritis foundation ยังคงแนะนำการใช้ acetaminophen โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีทางเลือกจำกัดในการใช้ยารักษาชนิดอื่น ๆ หรือใช้เสริมเป็น rescue drug เพิ่มเติมจากการใช้ยารักษาชนิดอื่น ๆ โดยใช้เพียงช่วงระยะเวลาสั้น ๆ และต้องเฝ้าระวังผลข้างเคียงการเป็นพิษต่อตับที่อาจเกิดขึ้นได้<sup>(31,32)</sup>

**2. Topical non steroidal anti inflammatory drug (NSAID)** ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาทางคลินิกในการใช้ยาในภาวะข้อเท้าเสื่อมเช่นกัน แต่จากการศึกษาต่าง ๆ ของการใช้ topical NSAIDs ในภาวะข้อเข่าและข้อสะโพกเสื่อม พบว่ามีประสิทธิภาพในการรักษา ทำให้อาการปวดลดลงและมีการใช้งานได้ดีขึ้น เหนือกว่า acetaminophen และทัดเทียมกับ NSAID กินโดยมีผลข้างเคียงน้อยกว่าการใช้ NSAID กินอย่างไรก็ดี ความแตกต่างของสูตรและชนิดของ topical NSAID ก็มีผลต่อชีวปริมาณออกฤทธิ์ (bioavailability) ในการที่ยาจะเข้าไปถึงและเกิดการสะสมของระดับยาภายในเนื้อเยื่อที่มีการอักเสบได้<sup>(33,34,35)</sup>

**3. Topical capsaicin** ออกฤทธิ์โดยการ desensitize nerve fiber ทำให้มีการลดลงของ substance P และ calcitonin gene-related peptide<sup>(36)</sup> การศึกษา meta-analysis โดย Persson และคณะ<sup>(37)</sup> พบว่า topical capsaicin สามารถลดอาการปวดในภาวะข้อเสื่อมได้ดีกว่ายาหลอก และไม่มีผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ topical NSAID แต่หลักฐานของ topical capsaicin มีความน่าเชื่อถือต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม topical capsaicin อาจมีประโยชน์ในผู้ป่วยที่มีภาวะข้อเสื่อม โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีลักษณะอาการปวดแบบ neuropathic-like pain

**4. Oral NSAID รวมทั้ง cyclo oxygenase (COX)-2 inhibitor** เป็นยาหลักที่ใช้ลดอาการปวดในผู้ป่วยที่มีภาวะข้อเสื่อม โดยมีประสิทธิภาพในการรักษามากกว่า acetaminophen อย่างไรก็ดี ภาวะแทรกซ้อนจากยาต่อระบบทางเดินอาหาร ไต และระบบไหลเวียนโลหิต เป็นสิ่งที่ต้องพึงระวังโดยเฉพาะในผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีโรคประจำตัว จึงควรใช้เท่าที่จำเป็นเมื่อมีอาการ และใช้ในขนาดต่ำที่สุดและเป็นระยะเวลาสั้นที่สุด

**5. Opioid derivative** เช่น tramadol ไม่แนะนำให้ใช้ในการรักษาภาวะข้อเสื่อมเนื่องจากหลักฐานไม่ชัดเจน และเสี่ยงต่อการติดยาและผลข้างเคียงจากยาได้ อย่างไรก็ดี อาจพิจารณาใช้ในผู้ป่วยกลุ่มจำเพาะที่มีข้อห้ามในการใช้ NSAID หรือไม่ตอบสนองต่อการรักษาด้วยวิธีอื่น และไม่สามารถเข้ารับการรักษาโดยวิธีการผ่าตัดได้ (Kolasinski)

**6. Duloxetine** มีกลไกการออกฤทธิ์เป็น serotonin norepinephrine reuptake inhibitor โดยออกฤทธิ์ที่ระบบประสาทส่วนกลาง ในปัจจุบันยังไม่มี clinical trial ในการใช้ในภาวะข้อเท้าเสื่อม แต่หากอนุมานจากการศึกษาการใช้ duloxetine ในภาวะข้อเข่าเสื่อม ซึ่งอาการปวดในผู้ป่วยเหล่านี้เป็นผลจากการมี central sensitization ร่วมด้วย<sup>(38)</sup> จากการศึกษาพบว่า duloxetine มีประสิทธิภาพในการรักษา<sup>(39, 40)</sup> อย่างไรก็ดี ควรพิจารณาใช้ยานี้เป็นส่วนเสริมเพิ่มเติมภายหลังจากการรักษาอื่น ๆ ไม่ได้ผล เนื่องจากยานี้ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง และผลข้างเคียงจากยา เช่น คลื่นไส้ อ่อนเพลีย ปากแห้ง และท้องผูก อาจทำให้ผู้ป่วยไม่สามารถทนต่อการใช้ยานี้ได้

**7. Glucosamine และ chondroitin sulfate glucosamine** เป็น aminosaccharide ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการสร้าง glycosaminoglycan (GAG) และ hyaluronic acid (HA) ส่วน chondroitin sulfate เป็น sulfated GAG ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ aggrecans ซึ่งเป็น proteoglycan ขนาดใหญ่ที่จะรวมตัวเป็น proteoglycan aggregate ซึ่งเป็นส่วน matrix ของกระดูกอ่อน เชื่อว่า glucosamine ช่วยยับยั้งการสร้าง interleukin (IL)-1 stimulated, proinflammatory mediators เช่น prostaglandin (PG)-E2, nitric oxide (NO), NFkB และ matrix metalloproteinase (MMP)-1 และเพิ่มการสร้าง HA ได้ ในขณะที่ chondroitin sulfate ช่วยยับยั้ง leukocyte elastase, tissue elastase และ polymorphonuclear (PMN) leukocyte migration และยังช่วยเพิ่มการสร้าง HA อีกด้วย<sup>(41)</sup> โดยในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาโดยตรงในการใช้ glucosamine และ chondroitin sulfate ในภาวะข้อเท้าเสื่อม จึงต้องอาศัยการอนุมานจากแนวทางการรักษาภาวะข้อเข่าเสื่อมซึ่งทาง european society for clinical and economic aspects of osteoporosis, osteoarthritis, and musculoskeletal diseases (ESCEO) ได้แนะนำให้ใช้ glucosamine หรือ chondroitin sulfate ที่เป็น pharmaceutical-grade prescription เป็นการรักษาเบื้องต้นในภาวะข้อเสื่อมในระยะยาว ซึ่งได้ผลการรักษาทั้ง symptom-modifying effect ละ disease-modifying effect ทำให้ลดอาการและช่วยชะลอเวลา

การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเทียมออกไปได้ อย่างไรก็ตามก็ดี ทาง ESCEO ไม่แนะนำการใช้ glucosamine และ chondroitin sulfate ร่วมกันในการรักษาภาวะข้อเสื่อม<sup>(42)</sup>

**8. Corticosteroid injection** เพื่อหวังผลลดการอักเสบภายในข้อจากฤทธิ์ anti-inflammation ของสเตียรอยด์ โดยการฉีดเข้าภายในข้อช่วยให้ความเข้มข้นของยาภายใน synovial fluid ได้ระดับที่สูงและคงอยู่นานโดยมีผลกระทบทาง systemic น้อย แต่มีความเสี่ยงที่ต้องคำนึงถึงในเรื่องของการติดเชื้อภายในข้อและ toxicity ต่อ cartilage และ synovocyte ได้<sup>(43)</sup> จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่มีภาวะข้อเสื่อมในระยะเริ่มแรกที่มีการอักเสบของข้อที่ไม่ตอบสนองต่อการรักษาด้วยยารับประทาน โดยผลจากการฉีดสเตียรอยด์คงอยู่ได้ประมาณ 4-8 สัปดาห์และมีผลในระยะยาวไม่ต่างจากยาหลอก<sup>(44, 45)</sup>

**9. Platelet-rich plasma (PRP) injection** เป็นการนำเลือดของผู้ป่วยเองมาสกัดเพื่อให้ได้พลาสมาที่มีความเข้มข้นของเกร็ดเลือดสูงแล้วฉีดเข้าในข้อทำเพื่อหวังผลจาก growth factor ในการยับยั้ง catabolic enzyme และ cytokine, ลดการอักเสบ และกระตุ้น local angiogenesis รวมทั้งเหนี่ยวนำ stem cell และกระตุ้นการสร้าง local growth factor<sup>(46)</sup> การศึกษาการใช้ PRP injection ในภาวะข้อเท้าเสื่อม พบว่าได้ผลในการลดอาการปวด มีการทำงานที่ดีขึ้น เพิ่มความพึงพอใจของผู้ป่วย และชะลอเวลาการรักษาโดยวิธีการผ่าตัดออกไปได้<sup>(47, 48, 49)</sup> อย่างไรก็ตาม การศึกษาเหล่านี้มีข้อจำกัดในแง่ของระเบียบวิธีวิจัยและจำนวนตัวอย่างที่ค่อนข้างน้อย ซึ่งควรได้มีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

**10. Viscosupplementation** เป็นการฉีด HA เข้าในข้อเท้า ซึ่งมีฤทธิ์ช่วยลดการอักเสบ โดยลด inflammatory cell migration และลด inflammatory mediator ใน synovial fluid, กระตุ้นการสร้าง endogenous HA, chondroprotection โดยยับยั้ง cartilage-degrading enzyme และลดอาการปวดโดยยับยั้ง nociceptor<sup>(50)</sup> โดยมีระยะเวลาการออกฤทธิ์ช้ากว่า corticosteroid การศึกษา systematic review โดย Vannabouathong และคณะ<sup>(51)</sup> พบว่าส่วนใหญ่ได้ผลดีในการรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือนและมีบางการศึกษาที่ได้ผลถึงระยะเวลา 12-18 เดือน ซึ่งนานกว่า corticosteroid ในขณะที่การศึกษา systematic review โดย Boffa และคณะ<sup>(52)</sup> ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง HA และ saline พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 6 เดือน แต่ไม่มีความแตกต่างที่ 1 และ 2 เดือน Concoff และคณะ<sup>(53)</sup> พบว่าการฉีดแบบ multiple injection ได้ผลดีกว่า single injection และ HA ที่มีขนาด intermediate และ high molecular weight ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า HA ขนาด low molecular weight<sup>(54, 55, 56)</sup> แต่ high molecular weight HA ก็มีอัตราการเกิดภาวะ pseudoseptic reaction และอาการข้างเคียงเฉพาะที่อื่น ๆ ที่สูงกว่า intermediate และ low molecular weight HA<sup>(57, 58)</sup>

การรักษาโดยวิธีอนุรักษ์นี้มักถูกใช้ในการเริ่มต้นการรักษาภาวะข้อเท้าเสื่อม โดยอาจสังเกตการตอบสนองต่อการรักษาเป็นเวลาประมาณ 6 เดือน ก่อนจะพิจารณาการรักษาโดยวิธีผ่าตัด โดยผลการรักษามักขึ้นกับความรุนแรงของโรค และความคาดหวังของผู้ป่วย โดยในผู้ป่วยที่ภาวะข้อเท้าเสื่อมในระยะไม่รุนแรงและมีการดำเนินโรคที่ช้ามักได้ผลการรักษาที่ดีกว่า นอกจากนี้การรักษาโดยวิธีอนุรักษ์อาจถูกใช้เพื่อหลีกเลี่ยงหรือชะลอเวลาการผ่าตัดออกไปในผู้ป่วยอายุน้อยที่ไม่สามารถรักษาโดยวิธีผ่าตัดแบบเก็บข้อไว้ได้ (joint-preserving surgery) หรือในผู้ป่วยที่มีข้อห้ามไม่สามารถเข้ารับการผ่าตัดได้ แต่ไม่ควรใช้เป็นการรักษาหลักในผู้ป่วยอายุน้อยที่มีภาวะข้อเท้าเสื่อมแบบ asymmetric ที่สามารถทำการรักษาโดยวิธีผ่าตัดแบบเก็บข้อไว้ได้ ซึ่งการชะลอเวลาการทำผ่าตัดออกไปอาจส่งผลกระทบต่อผลการรักษา<sup>(45)</sup>

### การรักษาโดยวิธีการผ่าตัด

#### Debridement

การผ่าตัด debridement สามารถทำได้ทั้งโดยวิธี open หรือ arthroscopic แต่ในปัจจุบันการทำ arthroscopic debridement เป็นที่นิยมมากกว่า เนื่องจาก invasive น้อยกว่าและมี morbidity ที่ต่ำกว่า (รูปที่ 4) การรักษาโดยวิธีนี้ได้ประโยชน์ในผู้ป่วยภาวะข้อเท้าเสื่อมที่มีลักษณะจำเพาะ ได้แก่ กลุ่มที่มี anterior ankle impingement, loose body, hypertrophic synovium เช่น rheumatoid arthritis หรือ localized pigmented villonodular synovitis ที่พยาธิสภาพยังคงจำกัดอยู่ภายในข้อโดยไม่ลุกลามออกไปนอกข้อ หรือใน hemophilic arthropathy โดยยังไม่มี advanced arthritis หรือ deformity<sup>(59)</sup> หรืออาจใช้เป็นการรักษาร่วมกับการผ่าตัดรักษาวิธีอื่น เช่น ankle distraction arthroplasty

การศึกษานี้ของ van Dijk และคณะ<sup>(13)</sup> รายงานผลการรักษาภายหลังการผ่าตัด arthroscopic debridement ในภาวะ anterior impingement เป็นระยะเวลา 2 ปี พบว่าร้อยละ 90 ในผู้ป่วยที่ไม่มี joint space narrowing ได้ผล good หรือ excellent เมื่อเปรียบเทียบกับร้อยละ 50 ในผู้ป่วยที่มี joint space narrowing แล้ว การกำจัด impinging osteophyte ได้อย่างครบถ้วนก็เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรักษา ซึ่ง Takao และคณะ<sup>(60)</sup> ได้แนะนำการใช้ 3-D CT scan เพื่อประเมินลักษณะ ขนาด และตำแหน่งของ anterior osteophyte เพื่อวางแผนก่อนการผ่าตัด



**รูปที่ 4.** ก. ภาพรังสีก่อนผ่าตัดแสดงให้เห็น osteophyte ด้าน anterior ของส่วน distal ของกระดูก tibia ที่ทำให้เกิด impingement และ ข. ภาพรังสีหลังผ่าตัด arthroscopic debridement กำจัด osteophyte ออก

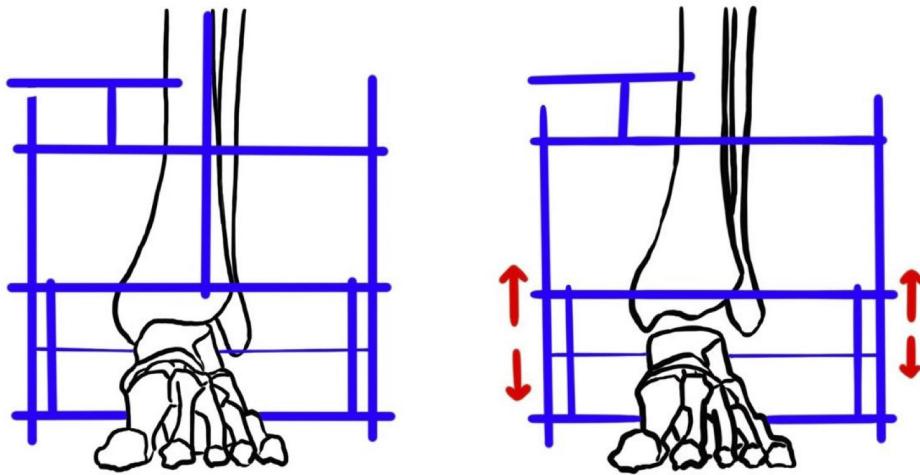
#### **Ankle distraction arthroplasty (arthrodiastasis)**

เป็นการใช้ดึงถ่างข้อเท้าด้วยอุปกรณ์ external fixator เพื่อให้เกิด cartilage regeneration โดยการเปลี่ยนแปลงของ hydrostatic pressure ภายในข้อแบบ intermittent fluctuation และการที่ไม่มี mechanical stress ทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของ chondrocyte, ช่วยแก้ไขความผิดปกติของเมตาบอลิซึมของ proteoglycan ลดการอักเสบของข้อที่เสื่อม และทำให้เกิด remodeling ของ subchondral bone เกิดการ resorption ของ subchondral bone cyst และมีการลดลงของ subchondral sclerosis<sup>(61, 62, 63, 64, 65)</sup>

การรักษาโดยการผ่าตัดวิธีนี้เหมาะสมกับผู้ป่วยภาวะข้อเท้าเสื่อมระยะปานกลางถึงระยะท้ายที่มีอายุน้อย (น้อยกว่า 50 ปี) ที่ไม่ตอบสนองต่อการรักษาโดยวิธีอนุรักษ์ แต่ยังไม่ต้องการการรักษาโดยวิธีการผ่าตัด arthrodesis หรือ arthroplasty มี congruent tibiotalar joint และยังมีพิสัยการเคลื่อนไหวหลงเหลืออยู่ (ไม่น้อยกว่า 20 องศา) โดยผู้ป่วยต้องมีความมุ่งมั่นและร่วมมือตลอดระยะเวลาการรักษา<sup>(66, 67)</sup>

ข้อห้ามของการผ่าตัดโดยวิธีนี้ได้แก่ ผู้ป่วยที่ไม่เหมาะสมต่อการใส่ external fixator เช่น มีภาวะบวมจาก lymphedema หรือมี chronic venous insufficiency, neuropathy, chronic regional pain syndrome, infection, inflammatory arthritis, Charcot arthropathy, severe ankylosis ที่ไม่มีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อเท้าหลงเหลืออยู่ severe ankle deformity, marked intra articular deformity, significant loss of bone stock หรือไม่มี compliance ที่ดีพอ<sup>(67, 68)</sup>

การผ่าตัดวิธีนี้ทำได้โดยการใช้อุปกรณ์ external fixator ชนิด Ilizarov หรือ circular external fixator ชนิดอื่น ๆ ทำการดึงถ่างข้อเท้าแบบ symmetric joint distraction ให้ได้ระยะ 8-10 มม. (รูปที่ 5) (การศึกษาของ Fragomen และคณะ<sup>(69)</sup> พบว่า minimum distraction gap ที่ทำให้มี unloading ของ tibiotalar joint ที่แรงกระทำ 700 นิวตัน อยู่ที่ 5.8 มม.) เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ หรือ 3 เดือน โดยสามารถลงน้ำหนักได้เท่าที่ผู้ป่วยทนได้ รูปแบบของ external fixator ที่ใช้ อาจเป็นแบบ static frame (fixed distractor) หรือแบบ motion frame (hinged distractor) โดยที่ motion frame มีข้อดีที่ทำให้ผู้ป่วยสามารถมีการเคลื่อนไหวของข้อเท้าได้ระหว่างที่ทำการรักษา



รูปที่ 5. Symmetric joint distraction ด้วย external fixator

ในกรณีที่ผู้ป่วยมีปัญหาอื่น ๆ ร่วมด้วยก็ควรได้รับการแก้ไขไปพร้อมกันเพื่อให้ได้ผลการรักษาที่ดี เช่น impinging osteophyte resection, equinus contracture release, supramalleolar osteotomy และ extra-articular hindfoot/distal tibia deformity correction<sup>(66, 70)</sup>

ผลการรักษาด้วยการผ่าตัดวิธีนี้ พบว่าสามารถช่วยลดอาการปวดและทำให้มีการทำงานที่ดีขึ้นของข้อเท้า โดยผลดีจากการรักษาค่อย ๆ ดีขึ้นในช่วง 2-5 ปีแรกภายหลังสิ้นสุดการรักษา โดยอาการที่ดีขึ้นไม่สัมพันธ์กับความกว้างของ joint space อย่างไรก็ตาม ภายหลังจากนั้นผลดีจะค่อย ๆ ลดลงตามระยะเวลา โดยที่ระยะเวลา 8-12 ปีภายหลังการรักษา พบว่ามีอัตราการล้มเหลว (ผู้ป่วยต้องเข้ารับการผ่าตัดรักษาโดยวิธี arthrodesis หรือ arthroplasty) ระหว่างร้อยละ 23-45<sup>(70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77)</sup> โดย Saltzman และคณะ<sup>(78)</sup> และ Marijnissen และคณะ<sup>(75)</sup> พบว่าการใช้ hinged distraction ทำให้ได้ผลการรักษาที่ดีกว่า อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Nguyen และคณะ<sup>(76)</sup> ให้ผลที่ขัดแย้งกันโดยพบว่าการใช้ fixed distraction มีผลดีกว่าต่อของ survival ภายหลังติดตามการรักษาเป็นเวลา 8 ปี

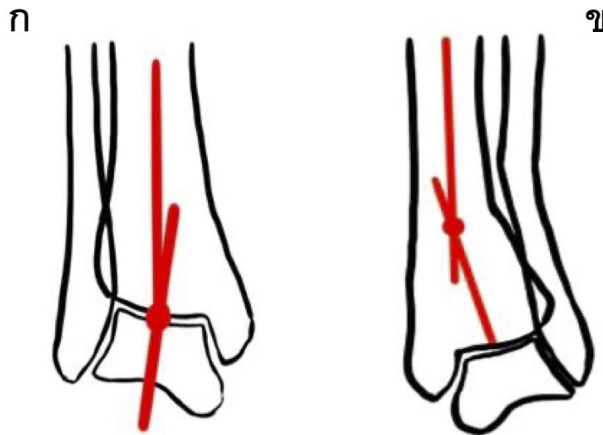


ภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญจากการรักษาด้วยวิธีนี้ ได้แก่ pin tract infection, hardware failure, osteomyelitis และการบาดเจ็บต่อเส้นเลือดและเส้นประสาท เป็นต้น

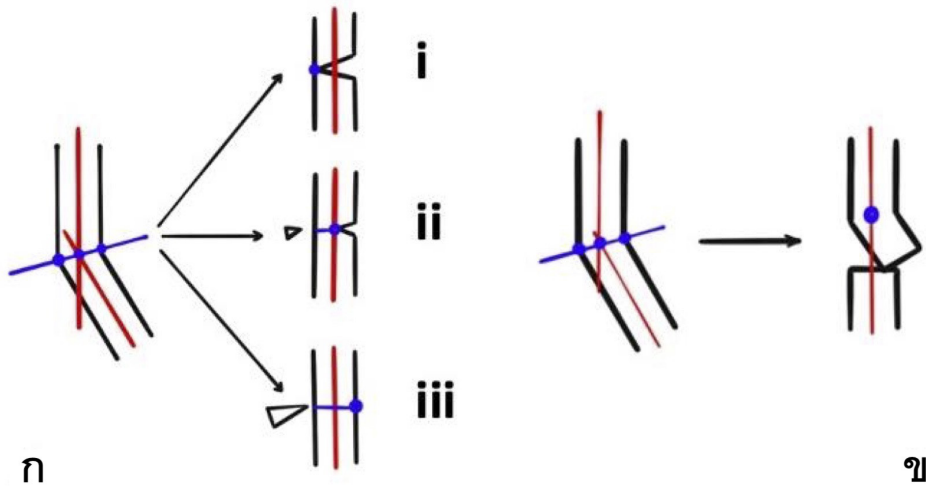
### Supramalleolar osteotomy (SMO)

เป็นวิธีการรักษาโดยการผ่าตัดจัดเรียงแนวกระดูกใหม่ โดยมีเป้าหมายเพื่อเปลี่ยนแนวแรงที่ข้อเท้าต้องรับน้ำหนักตัว และเปลี่ยนทิศทางแรงกระทำจากเอ็นร้อยหวาย และแก้ไขความผิดปกติของข้อเท้า เพื่อลดอาการปวด มีการทำงานของข้อเท้าที่ดีขึ้น และช่วยยับยั้งหรือชะลอการเสื่อมของข้อเท้าที่เพิ่มมากขึ้นออกไป โดยผู้ป่วยที่เหมาะสมในการรักษาด้วยวิธีนี้ ได้แก่ ผู้ป่วยอายุน้อยที่มีภาวะข้อเท้าเสื่อมชนิด asymmetric varus หรือ valgus ที่ยังมี cartilage ของข้อเท้าหลงเหลืออยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 และยังมีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อเท้าหลงเหลืออยู่ ข้อห้ามในการรักษาด้วยวิธีนี้ ได้แก่ อายุมาก (มากกว่า 70 ปี) ภาวะข้อเสื่อมที่มีข้อเท้าเสียหายไปมากกว่าครึ่งหนึ่ง hindfoot instability ที่ไม่สามารถรักษาโดยการทำ ligament reconstruction ได้ poor bone quality จาก large cyst หรือ osteoporosis, severe vascular และ/หรือ neurologic insufficiency, inflammatory joint disease, neuroarthropathy, acute หรือ chronic infection, เบาหวาน หรือสูบบุหรี่จัด ในบางครั้งการผ่าตัดวิธีนี้ถูกนำมาใช้ร่วมกับการทำ arthrodesis หรือ arthroplasty ในกรณีที่มีแนวของข้อเท้าที่ผิดปกติมากเพื่อให้ได้ผลการรักษาที่ดี

ในการผ่าตัดรักษาด้วยวิธีนี้ ศัลยแพทย์ต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับ centre of rotational angulation (CORA) ซึ่งเป็นตำแหน่ง apex ของ deformity ซึ่งตำแหน่งของ CORA ขึ้นกับสาเหตุของโรค ตัวอย่างเช่น ในภาวะข้อเท้าเสื่อมภายหลังจากกระดูก distal tibia หักและติดผิดรูป CORA ก็จะไปอยู่บนกระดูก tibia ในตำแหน่งกระดูกที่หักเดิมนั้น แต่ในกรณีที่เป็นภาวะข้อเท้าเสื่อมปฐมภูมิหรือเกิดภายหลังความผิดปกติของข้อเท้าแต่กำเนิด ตำแหน่งของ CORA จะอยู่ภายในข้อเท้า (รูปที่ 6) ซึ่งการประเมินตำแหน่งของ CORA นี้มีความสำคัญในการวางแผนการผ่าตัด เนื่องจากการทำ osteotomy ณ ตำแหน่ง CORA จะทำให้เกิด angulation เท่านั้น โดยไม่มี translation แต่หากทำ osteotomy ในตำแหน่งที่ไกลจาก CORA ออกไป จะส่งผลให้เกิดทั้ง angulation และ translation ขึ้น (รูปที่ 7) ดังนั้นหากเป็นไปได้ ตำแหน่งที่ทำผ่าตัด osteotomy ควรอยู่ใกล้ CORA ให้มากที่สุดเพื่อไม่ให้เกิด translation ขึ้น แต่หากไม่สามารถทำได้แล้วนั้นก็ต้องวางแผนในการเคลื่อนกระดูกในแนว translation เพื่อชดเชยผลที่เกิดขึ้นไว้ด้วย



รูปที่ 6. ก. CORA ภายในข้อเท้าในข้อเท้าเสื่อมปฐมภูมิ และ ข. CORA บนกระดูก tibia ในภาวะข้อเท้าเสื่อมจากกระดูก distal tibia หักและติดผิดรูป

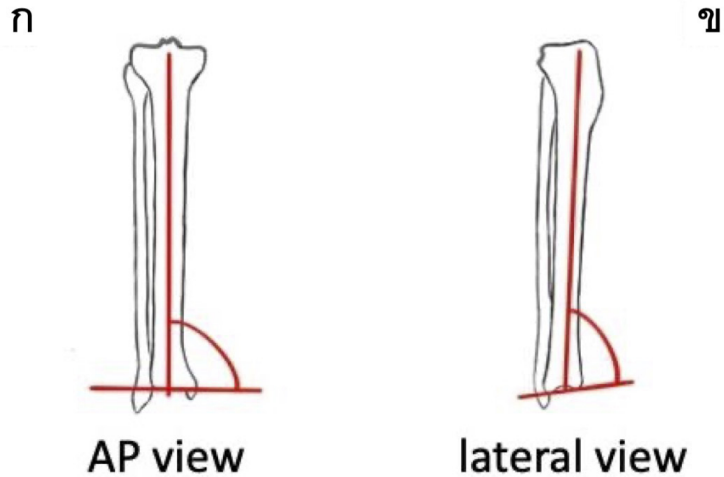


รูปที่ 7. ก. การตัดกระดูกในแนวที่ผ่าน CORA ซึ่งต้องการการแก้ไขเฉพาะ angulation i. opening-wedge, ii. neutral-wedge, iii. closing-wedge และ ข. การตัดกระดูกในแนวที่ไม่ผ่าน CORA ทำให้ต้องแก้ไขทั้ง angulation และ translation

การศึกษาโดย Knupp และคณะ<sup>(79)</sup> พบว่าการทำให้เกิด varus หรือ valgus deformities ในระดับ supramalleolar level มีผลทำให้ centre of force และ peak pressure มีการเปลี่ยนแปลงทั้งในแนว coronal และ sagittal plane ดังนั้นในการวางแผนการผ่าตัดด้วยวิธีนี้จึงต้องพึงสังวรถึงผลจากการเปลี่ยนแปลงทั้งใน 2 ระนาบของข้อเท้าและวางแผนให้เหมาะสมก่อนการทำผ่าตัด ในการประเมินความผิดรูป มีมุมและปัจจัยต่าง ๆ ที่ต้องคำนึงถึงดังต่อไปนี้

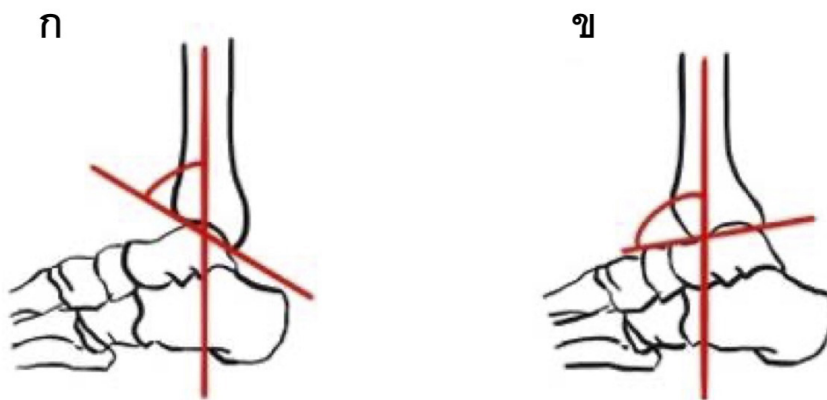


1. Tibial anterior surface angle (TAS)/medial distal tibial angle (MDTA) บอกรัศมีของ distal tibial articular surface เทียบกับ anatomical axis ของกระดูก tibia ในแนว coronal plane (ค่าปกติ  $87.4 \pm 2.7$  องศา<sup>(80)</sup> หรือ  $94.6 \pm 2.6$  องศา<sup>(81)</sup>) (รูปที่ 8)



รูปที่ 8. ก. TAS (MDTA) ในภาพถ่ายรังสีท่า AP และ ข. TAS (ADTA) ในภาพถ่ายรังสีท่า lateral

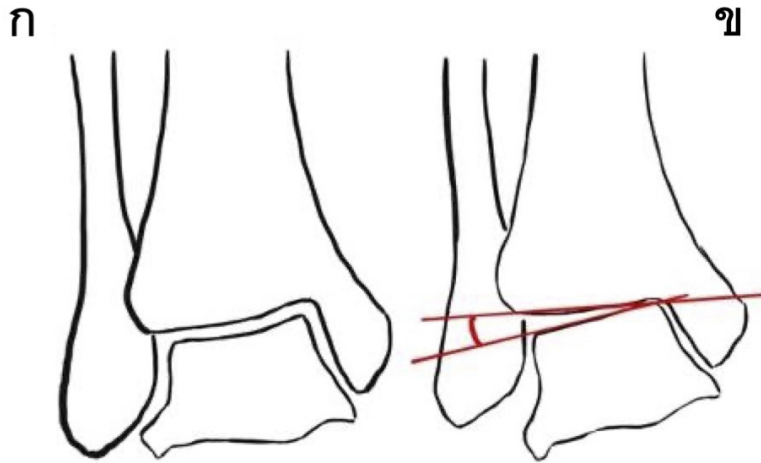
2. Tibial lateral surface angle (TLS)/anterior distal tibial angle (ADTA) เป็นมุมระหว่าง distal tibial articular surface เทียบกับแนวของกระดูก tibia ใน sagittal plane ซึ่งบ่งบอกว่า ลักษณะของกระดูก tibia ส่วน distal เป็นแบบ procurvatum หรือ recurvatum (ค่าปกติ  $80 \pm 2$  องศา<sup>(82)</sup>) (รูปที่ 8 และ 9)



รูปที่ 9. ก. recurvatum และ ข. procurvatum

3. ตำแหน่งของกระดูก talus ในแนว sagittal plane ว่ามี anterior translation หรือไม่

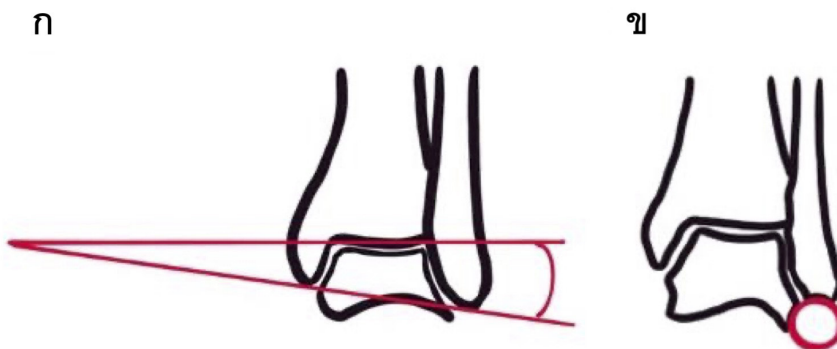
4. Talar tilt ในแนว coronal plane ซึ่งบ่งบอกถึง congruence ของข้อเท้า โดยหาก talar tilt น้อยกว่า 4 องศา ถือเป็นภาวะข้อเท้าเสื่อมชนิด congruent แต่หาก talar tilt มากกว่าหรือเท่ากับ 4 องศา ถือเป็นชนิด incongruent<sup>(63)</sup> (รูปที่ 10)



รูปที่ 10. ก. ข้อเท้าเสื่อมชนิด congruent และ ข. ข้อเท้าเสื่อมชนิด incongruent และมุม talar tilt angle

5. ความยาวขาเทียบกับอีกข้างหนึ่ง ว่ามี limb length discrepancy หรือไม่

6. ตำแหน่งและความยาวของกระดูก fibula โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีภาวะข้อเท้าเสื่อมจากอุบัติเหตุและมีภาวะ malunion ของกระดูก fibula โดยความยาวของกระดูก fibula สามารถประเมินได้จาก plafond malleolar angle ซึ่งเป็นมุมที่ส่วนปลายสุดของ lateral malleolus ทำกับ ankle joint (ค่าปกติ  $9 \pm 4$  องศา) หรือประเมินจาก ball sign ซึ่งเป็นวงโค้งของส่วนปลายสุดของ lateral malleolus ที่สอดรับกันดีกับ lateral process ของกระดูก talus (รูปที่ 11)



รูปที่ 11. ก. plafond malleolar angle และ ข. ball sign

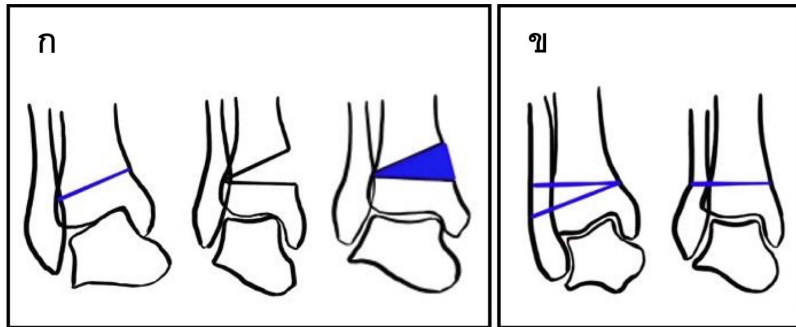
7. ความผิดปกติอื่น ๆ ของข้อเท้าและเท้า รวมทั้งความผิดปกติในระดับ inframalleolar ว่ามีหรือไม่

8. สภาพของเนื้อเยื่อโดยรอบ ทั้งในส่วนของผิวหนังบริเวณที่จะผ่าตัด ความยืดหยุ่น การทำงานและพยาธิสภาพของเส้นเอ็นโดยรอบข้อเท้า และการทำงานของเส้นเลือดและเส้นประสาทที่มาเลี้ยงเท้าและข้อเท้า ว่ามีความผิดปกติหรือไม่

รูปแบบการทำ osteotomy ของกระดูก tibia สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ opening-wedge, closing-wedge และ dome osteotomy โดย opening-wedge osteotomy มีข้อดีคือ ไม่ทำให้ความยาวขาลดลง (เท่าเดิมหรือยาวขึ้น ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่มี limb length discrepancy) และไม่ทำให้เกิดการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อด้าน lateral ของขาจากการที่ความยาวขาลดลง สามารถค่อย ๆ ทำการปรับมุมที่ต้องการได้ระหว่างผ่าตัดโดยค่อย ๆ ถ่างกระดูกที่ตัดออกจากกัน และสามารถแก้ไขมุมในแนว sagittal plane ในความผิดปกติแบบ multiplanar deformity ไปพร้อมกันได้ด้วย แต่การตัดกระดูกแบบนี้ก็มีข้อจำกัดที่มีความจำเป็นต้องใช้ bone graft ในการค้ำยันในตำแหน่งที่เป็นช่องว่างของกระดูกที่ตัดแยกออกจากกันได้ ต้องใช้อุปกรณ์ยึดตรึงกระดูกที่แข็งแรง มีความเสี่ยงในการที่กระดูกติดช้าหรือไม่ติด หรือเกิดปัญหาของเนื้อเยื่อส่วนที่ปกคลุมตำแหน่งที่ผ่าตัดจากการถูกยึดออกมากจนเกินไป ทำให้เกิดการบาดเจ็บของเส้นเอ็น เส้นเลือด และเส้นประสาท หรือการฉีกขาดของผิวหนังบริเวณนั้นได้ ส่วน closing-wedge osteotomy นั้นมีความมั่นคงมากกว่า และไม่จำเป็นต้องใช้ bone graft ในการค้ำยัน การใช้อุปกรณ์ยึดตรึงกระดูกขนาดเล็กก็อาจให้ความมั่นคงที่เพียงพอ แต่ความยาวขาของผู้ป่วยจะลดลง โดยเฉพาะถ้าตัดกระดูกออกไปมากกว่า 1 ซม.<sup>(84)</sup> และต้องมีการคำนวณแนวการตัดกระดูกขนาดของชิ้นกระดูกที่จะตัดออกอย่างแม่นยำในการที่จะได้มุมที่แก้ไขตามต้องการโดยเฉพาะในความผิดปกติแบบ multiplanar deformity รวมทั้งกล้ามเนื้อด้าน lateral ของขาอาจอ่อนแรงลงจากความยาวขาที่ลดลง<sup>(85)</sup>

การตัดกระดูกแบบ wedge osteotomy ทั้ง opening-wedge และ closing-wedge ในภาวะข้อเท้าเสื่อมที่มี CORA อยู่ที่ข้อเท้า นั้น ตำแหน่งของการตัดกระดูกจะอยู่ในระดับที่เหนือกว่า CORA ทำให้เกิด translational misalignment ซึ่งอาจทำให้มีความจำเป็นต้อง translate ส่วน distal fragment ให้กลับมาอยู่ในแนวของ mechanical axis เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด zig-zag deformity ขึ้น ส่วน dome osteotomy เป็นการตัดกระดูกเป็นแนวโค้งซึ่งต้องอาศัยทักษะและความชำนาญ เหมาะกับความผิดปกติชนิด single planar deformity มีข้อดีคือ ไม่ทำให้ความยาวของขาลง ไม่ต้องใช้ bone graft และเนื่องจากแนวโค้งในการตัดเป็นส่วนหนึ่งของเส้นรอบวงกลมที่มี CORA เป็นจุดศูนย์กลาง จึงไม่เกิดการ translation ของกระดูกขึ้น

ในภาวะข้อเท้าเสื่อมชนิด varus arthritis ที่มีความผิดปกติมากกว่า 10 องศา การตัดกระดูกแบบ medial opening-wedge มักต้องทำการตัดกระดูก fibula ร่วมด้วย ซึ่งทำให้ต้องมีการลงแผลผ่าตัดเพิ่มทางด้าน lateral อีกแผล ในขณะที่การตัดกระดูกแบบ lateral closing-wedge มีข้อดีกว่าในการตัดทั้งกระดูก tibia และ fibula ผ่านแผลผ่าตัดด้าน lateral เพียงแผลเดียว นอกจากนี้การแก้ไขมุม varus ที่มากกว่า 15 องศา ด้วยการตัดกระดูกแบบ medial opening-wedge หรือในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของเนื้อเยื่อที่ปกคลุมโดยรอบอยู่เดิมอาจทำให้เนื้อเยื่อด้าน medial ของขาและข้อเท้าถูกยืดออกมากเกินไปซึ่งก่อให้เกิดปัญหาและภาวะแทรกซ้อนตามมาได้ การเลือกใช้วิธีการตัดกระดูกแบบ lateral closing-wedge หรือ dome osteotomy จะเหมาะสมกว่า<sup>(86)</sup> โดยไม่ว่าจะเลือกใช้วิธีการตัดกระดูกแบบใด มุม TAS ที่ต้องการจากการผ่าตัด คือ valgus 2-4 องศา ซึ่งเป็นการ overcorrection เล็กน้อยเพื่อชดเชยกับ cartilage ที่สูญเสียไปทางฝั่ง medial ของข้อเท้า (รูปที่ 12 และ 13)

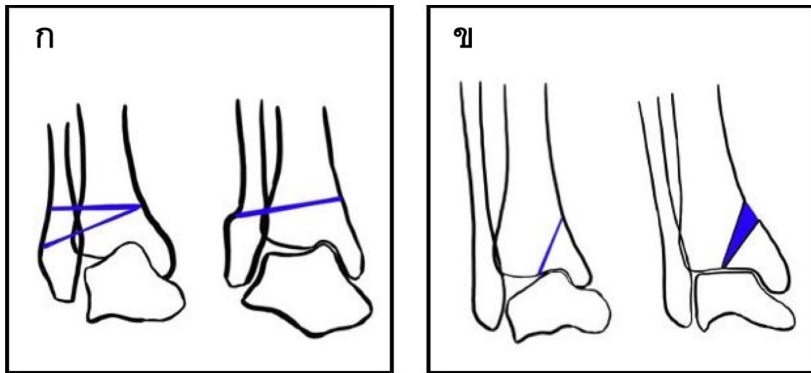


รูปที่ 12. การตัดกระดูกในข้อเท้าเสื่อมชนิด varus arthritis ก. medial opening-wedge osteotomy และ ข. lateral closing-wedge osteotomy



รูปที่ 13. medial opening-wedge osteotomy ของกระดูก tibia ร่วมกับ fibula osteotomy ใน varus ankle arthritis

ในกรณีที่ articular surface ของ tibia plafond ด้าน medial มี erosion และยุบตัวจนกลายเป็น defect แล้วนั้น ควรทำการตัดกระดูกแบบ plafondplasty ร่วมด้วย เพื่อแก้ไข intra-articular defect และช่วยลดความกว้างของ ankle mortise ได้ด้วย<sup>(87)</sup> (รูปที่ 14 และ 15)

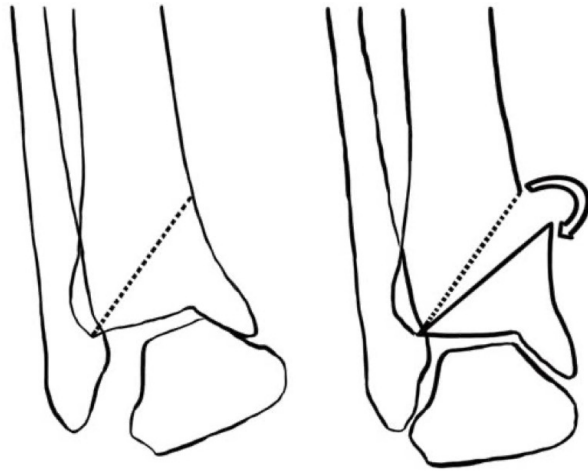


รูปที่ 14. ก. SMO ไม่สามารถแก้ไข talar tilt เนื่องจาก intra-articular defect ได้ และ ข. plafondplasty



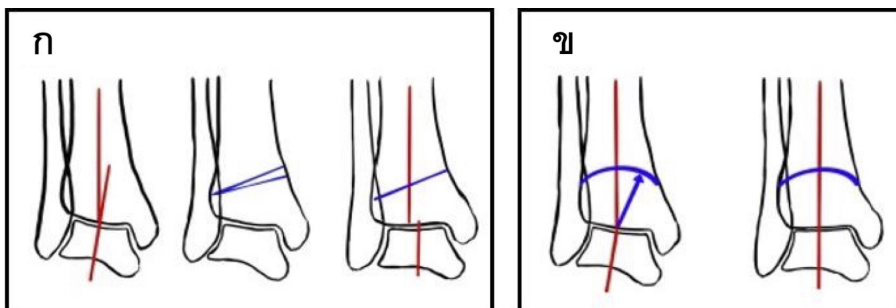
รูปที่ 15. ภาพถ่ายรังสีของผู้ป่วยข้อเท้าเสื่อมชนิด varus arthritis ที่ได้รับการรักษาด้วยวิธีการผ่าตัด plafondplasty เพื่อกำจัด intra-articular defect และมีแนวการวางตัวของกระดูก talus ที่ดีขึ้น

ในผู้ป่วยภาวะข้อเท้าเสื่อมชนิด varus arthritis ที่มี ankle mortise widening จากการมี erosion ของ medial malleolus โดยมี talus centre migration มากกว่า 3 มม. ในภาพถ่ายรังสีท่า AP ขณะยืน และมี medial clear space มากกว่า 3 มม. โดยไม่มี talar tilt ในภาพถ่ายรังสีท่า valgus stress Lee<sup>(88)</sup> ได้แนะนำให้ทำการตัดกระดูกแบบ mortiseplasty (extra articular SMO) (รูปที่ 16) เพื่อลดความกว้างของ ankle mortise และ restore congruity ของข้อเท้า



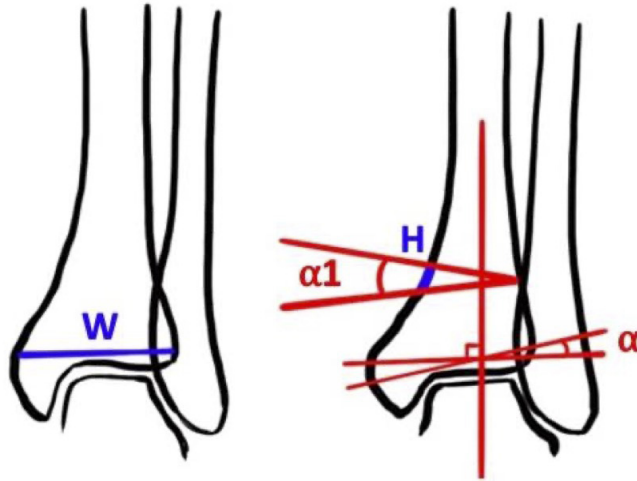
รูปที่ 16. mortiseplasty (extra articular SMO)

ในภาวะข้อเท้าเสี้ยวชนิด valgus arthritis การตัดกระดูกแบบ medial closing-wedge เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากกว่า เนื่องจากกระดูก tibia ฝั่ง lateral cortex มีความแข็งแรงและความยืดหยุ่น เหมาะสำหรับการเป็น hinge โดยมุม TAS ที่ต้องการจากการผ่าตัด คือ varus 2-4 องศา ศัลยแพทย์อาจเลือกใช้วิธีการตัดกระดูกแบบ lateral opening-wedge ในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของเนื้อเยื่อที่ปกคลุมด้าน medial ของข้อเท้า หรือในรายที่ต้องการมีการตัดกระดูก fibula ร่วมด้วย ทำให้สามารถทำผ่าตัดผ่านแผลทางด้าน lateral เพียงแผลเดียวโดยไม่จำเป็นต้องลงแผลทางด้าน medial ของข้อเท้า แต่การตัดกระดูกวิธีนี้ก็มิข้อเสียที่มีความจำเป็นต้องใช้ bone graft ในการค้ำยันภายในช่องว่างของกระดูกตัดแยกออกจากกันได้ และต้องใช้อุปกรณ์ยึดตรึงกระดูก tibia ทางฝั่ง medial cortex ที่ไม่แข็งแรงเท่าฝั่ง lateral cortex นอกจากนี้ ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติมากกว่า 15 องศา การทำ closing-wedge จะส่งผลให้ความยาวขาลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในกรณีนี้ควรพิจารณาเลือกการตัดกระดูกแบบ dome osteotomy จะเหมาะสมกว่า (รูปที่ 17)



รูปที่ 17. การตัดกระดูกใน valgus arthritis ก. medial closing-wedge osteotomy ซึ่งแนวการตัดเหนือกว่า CORA จึงเกิด translational misalignment ขึ้น และ ข. dome osteotomy ที่แนวการตัดมี CORA เป็นจุดศูนย์กลาง จึงไม่เกิดการ translation

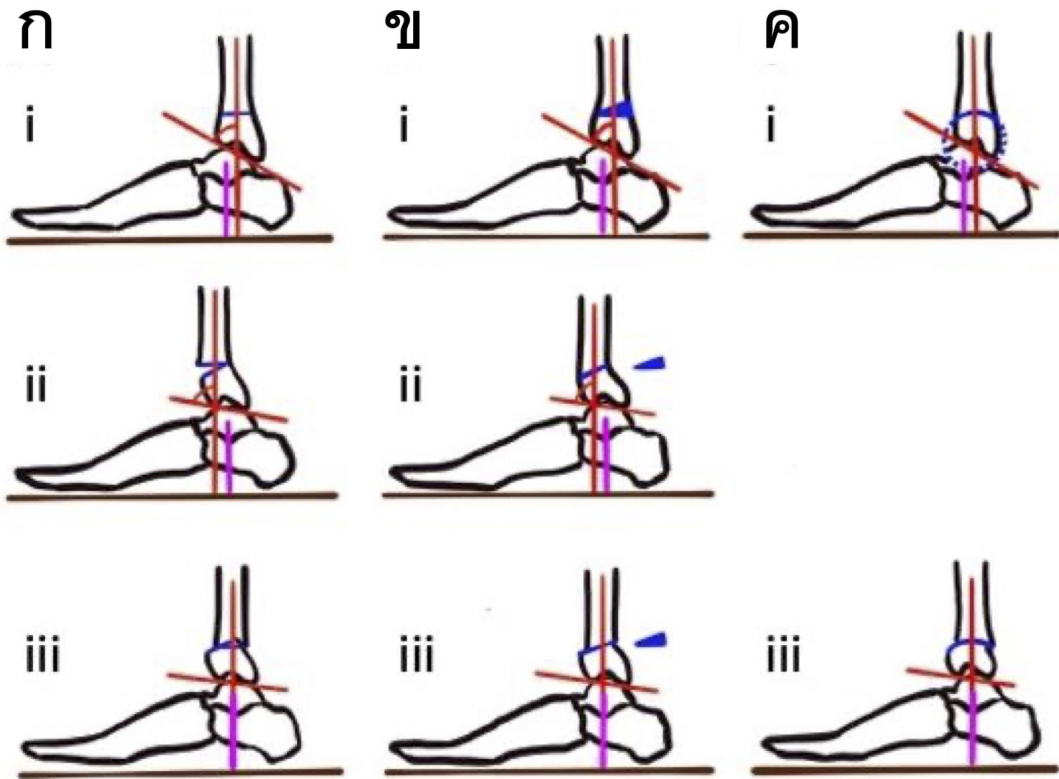
การคำนวณขนาดของชิ้นกระดูกที่จะถูกตัดออกไปในการผ่าตัดแบบ medial closing-wedge osteotomy ในภาพถ่ายรังสีท่า AP ขณะยืน สามารถทำได้โดยวัดความกว้างของกระดูก tibia ส่วน distal ในตำแหน่งที่จะตัด (W) และคำนวณมุมที่ต้องการแก้ไขจาก valgus เป็น varus 2-4 องศา ( $\alpha_1$ ) โดยขนาดของชิ้นกระดูกที่จะถูกตัดออกไป ( $H$ ) =  $\tan \alpha_1 \cdot W$  โดยแนวตัดกระดูกแนว proximal ตั้งฉากกับ medial cortex ของกระดูก tibia ส่วนแนวตัดกระดูกแนว distal เป็นแนวตัดเพื่อให้ได้ขนาดของชิ้นกระดูกตามที่คำนวณ<sup>(89)</sup> (รูปที่ 18)



**รูปที่ 18.** การคำนวณขนาดของชิ้นกระดูกที่จะถูกตัดออกไปในการผ่าตัดแบบ medial closing-wedge osteotomy ในภาพถ่ายรังสี

ในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติในแนว sagittal plane ร่วมด้วย ซึ่งกระดูก tibia ส่วน distal แบบ procurvatum ที่อาจมี anterior extusion ของกระดูก talus ออกมาด้านหน้าของ ankle mortise หรือ recurvatum ซึ่งอาจทำให้เกิด anterior ankle impingement ควรได้รับการแก้ไขโดยการตัดกระดูกแบบ biplanar osteotomy โดยเพิ่มเติม wedge ทั้งชนิด opening หรือ closing-wedge ทางด้าน anterior หรือ posterior เพื่อปรับมุม TLS (ADTA) ให้กระดูก talus มี coverage ที่เหมาะสม (รูปที่ 19)





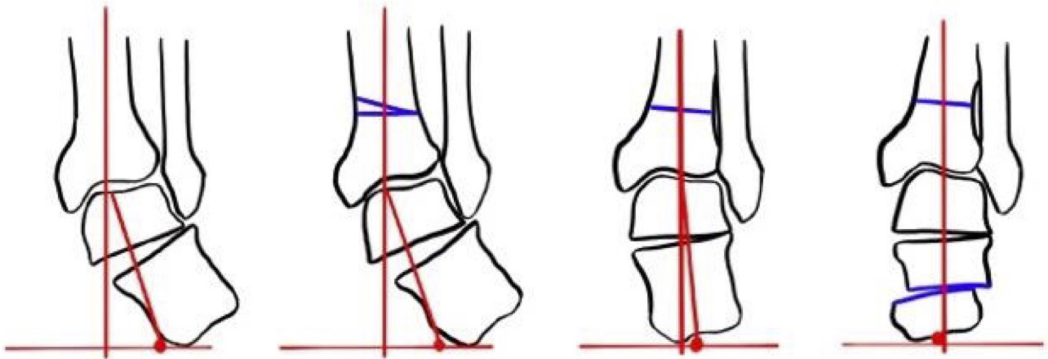
**รูปที่ 19.** การตัดกระดูกแบบ biplanar osteotomy เพื่อแก้ไข recurvatum ก. anterior opening-wedge ข. posterior closing-wedge และ ค. dome-type translational misalignment เกิดขึ้นใน wedge osteotomy แต่ไม่เกิดใน dome-type ซึ่งต้องทำการเคลื่อนกระดูกในแนว translation กลับเพื่อชดเชยผลที่เกิดขึ้นด้วย

การตัดกระดูก fibula เป็นสิ่งที่ต้องทำร่วมไปด้วยเสมอในรายที่ตัดกระดูก tibia แบบ dome osteotomy ส่วนในรายที่ตัดกระดูก tibia แบบ wedge osteotomy นั้น จะพิจารณาทำหากกระดูก fibula ที่ intact อยู่ นั่นขัดขวางการแก้ไขความผิดปกติในขณะผ่าตัด ในกรณีที่ภายหลังการตัดกระดูก tibia แล้วพบว่า มี incongruent ankle joint โดยมีความกว้างของ medial clear space หรือตำแหน่งของกระดูก talus ที่ผิดปกติ หรือในรายที่มีความผิดปกติของ length หรือ rotation ของกระดูก fibula เช่น ภาวะ malunion ภายหลังอุบัติเหตุ

การยึดตรึงกระดูกภายหลังการทำ SMO โดยทั่วไปแล้วมักใช้ internal fixation ด้วย plate หรือ screws อย่างไรก็ดี ในผู้ป่วยที่มี limb length discrepancy ที่ต้องทำการยึดความยาวขา ร่วมด้วย มีความผิดปกติชนิด complex deformity ที่ต้องมีการแก้ไขแบบ 3 มิติ หรือมีความผิดปกติของเนื้อเยื่อที่ปกคลุมโดยรอบที่ไม่เหมาะกับการแก้ไขแบบ gradual correction มากกว่าที่จะเป็น single-stage correction การใช้ external fixation เป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่า



ความผิดปกติอื่น ๆ ที่มีร่วมด้วยของข้อเท้าและเท้า ทั้ง bone และ soft tissue ควรได้รับการแก้ไขร่วมด้วย เช่น cartilage procedure ต่าง ๆ cheilectomy ใน bony impingement, soft tissue release ใน contracture, ligament reconstruction ใน ankle instability, tendon transfer ใน tendon dysfunction, arthrodesis ของข้ออื่น ๆ ในเท้าและข้อเท้าที่มี contracture หรือ instability ที่ไม่สามารถแก้ไขด้วยการทำ soft tissue release หรือ ligament reconstruction ได้ และการทำ osteotomy เพื่อปรับแนวการเรียงตัวของกระดูกต่าง ๆ ในเท้า โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้เท้าที่เป็น tripod และมี hindfoot alignment ที่เหมาะสม ไม่ให้มีความผิดปกติในระดับ inframalleolar หลงเหลืออยู่ (รูปที่ 20)



**รูปที่ 20.** การตัดกระดูกทั้งในระดับ supramalleolar และ inframalleolar เพื่อรักษาภาวะข้อเท้าเสื่อมชนิด valgus arthritis ที่มี valgus deformity ในระดับ inframalleolar ร่วมด้วย

ภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นได้จากการรักษาด้วยวิธีนี้ เช่น ภาวะกระดูกติดเข้าหรือไม่ติดของตำแหน่งที่ตัดกระดูก undercorrection หรือ overcorrection, loss of correction ปัญหาจากโลหะยึดตรึงกระดูก และการบาดเจ็บของเส้นประสาท ซึ่งอาจเกิดได้ทั้งจาก surgical approach เช่น เส้นประสาท sural, deep peroneal หรือ saphenous และจากการยึดตัวเฉียบพลันใน acute correction จาก varus เป็น valgus ซึ่งทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อเส้นประสาท tibial เกิดเป็น acute tarsal tunnel syndrome ได้ ดังนั้นในผู้ป่วยกลุ่มนี้อาจพิจารณาทำ prophylactic tarsal tunnel release โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีปัญหา scarring ของเนื้อเยื่อบริเวณนั้น

ผลการรักษาในระยะ short term ถึง mid term ของการผ่าตัดวิธีนี้ พบว่าได้ผลดีในการลดปวด มีการทำงานที่ดีขึ้น และมีภาพถ่ายรังสีที่ดีขึ้น การศึกษาของ Krähenbühl และคณะ<sup>(90)</sup> พบว่า 5-year survival ของผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาโดยการผ่าตัด SMO เท่ากับร้อยละ 88 โดยอายุผู้ป่วยที่มากกว่า 60 ปี หรือมีข้อเท้าเสื่อมที่ความรุนแรงระดับ Takakura 3b เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อความล้มเหลวในการรักษา อย่างไรก็ตาม Lee และคณะ<sup>(91)</sup> ได้รายงานผลการรักษาโดยการผ่าตัด SMO และพบว่าได้ผลดีเช่นกันในผู้ป่วยข้อเท้าเสื่อมที่ความรุนแรงระดับ Takakura 3b ซึ่ง

ผู้ป่วยที่มี low talar tilt และไม่มี lateral subfibular pain ภายหลังจากผ่าตัด ได้ผลการรักษาที่ดีกว่า โดย talar tilt ก่อนผ่าตัด ตั้งแต่ 7.3 องศาขึ้นไปมีความสัมพันธ์กับ high talar tilt ภายหลังจากการผ่าตัด และ low heel alignment ratio (valgus heel) มีความสัมพันธ์กับ lateral subfibular pain ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อความล้มเหลวในการผ่าตัด เช่น ankle joint incongruity และ ankle joint instability ภายหลังจากการผ่าตัด เป็นต้น Nüesch และคณะ<sup>(92)</sup> ได้ทำการศึกษาการเดินและผลการรักษาทางคลินิกในผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาโดยการผ่าตัด SMO เป็นเวลาอย่างน้อย 7 ปี พบว่ากลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัด SMO เดินด้วยความเร็วที่ช้ากว่าและมีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อเท้าที่ลดลงในขณะเดินเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่มีคุณภาพชีวิตที่ทัดเทียมกันในทั้ง 2 กลุ่มถึงแม้ในกลุ่มที่ได้รับการผ่าตัด SMO จะมีอาการปวดมากกว่าก็ตาม

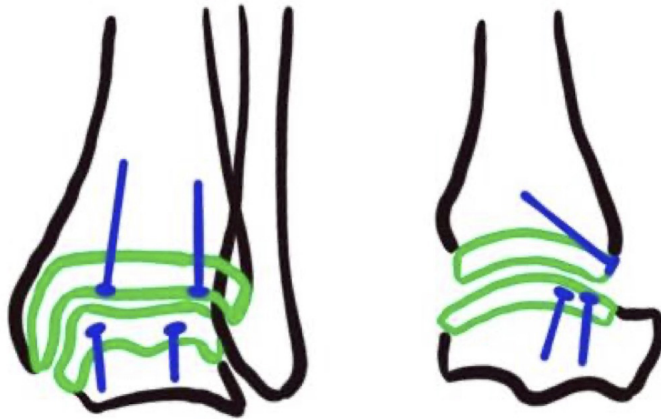
### Bipolar fresh osteochondral allografting

เป็นการ resurface ผิวข้อที่เสื่อมทั้งในฝั่งของกระดูก tibia ส่วน distal และฝั่งของกระดูก talus ด้วย fresh osteochondral allograft (FOCA) (รูปที่ 21) ซึ่งเป็น graft ที่ harvest จากผู้บริจาคภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากเสียชีวิตและเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสก่อนนำไปปลูกถ่ายให้แก่ผู้รับบริจาค โดยระยะเวลาในการเก็บ graft มีความสัมพันธ์กับ viability ของ chondrocyte ภายใน graft ซึ่งเริ่มลดลงภายหลัง 14 วัน และลดลงอย่างมากภายหลัง 28 วัน<sup>(93, 94)</sup>

ปัจจัยด้านความเข้ากันได้ทางภูมิคุ้มกันระหว่างผู้บริจาคและผู้รับบริจาคมานั้น แต่เดิมเชื่อว่า cartilage เป็นเนื้อเยื่อที่มีเลือดมาเลี้ยงน้อยและลักษณะของเนื้อเยื่อที่มี matrix ล้อมอยู่รอบเซลล์ ทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาทางภูมิคุ้มกันขึ้น อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาต่าง ๆ พบหลักฐานว่ามีปฏิกิริยาทางภูมิคุ้มกันเกิดขึ้นภายหลังจากการปลูกถ่าย การศึกษาของ Jeng และคณะ<sup>(95)</sup> พบว่าร้อยละ 91 ของผู้ป่วยที่ได้รับการปลูกถ่าย มีการตรวจพบ cytotoxic HLA antibody ในกระแสเลือดที่ระยะเวลา 6 เดือนภายหลังจากการผ่าตัด

FOCA จะทำหน้าที่เป็น scaffold ให้เซลล์ของผู้รับบริจาคได้เจริญเติบโตเข้าไป แต่ viability ของ chondrocyte ของผู้บริจาคก็อาจมีบทบาทในการคงสภาพส่วน matrix ของ cartilage เนื่องจากในระยะเริ่มต้นเซลล์ของผู้รับบริจาคจะสามารถฝังตัวได้ในชั้น deep zone ของ cartilage เท่านั้น และคุณภาพของ cartilage ของผู้บริจาคก็มีความสัมพันธ์กับผลการรักษา<sup>(96)</sup>

ผู้ป่วยที่เหมาะสมสำหรับการผ่าตัดรักษาด้วยวิธีนี้ ได้แก่ ผู้ป่วยข้อเท้าเสื่อมที่มียังคงมีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อเท้าที่ยังไม่ต้องการการรักษาโดยการทำให้ arthrodesis แต่มีอายุน้อยกว่าเกณฑ์อายุที่เหมาะสมในการทำ arthroplasty และมีขนาดของกระดูกข้อเท้าที่เข้ากันได้กับผู้บริจาค ข้อห้ามในการรักษาด้วยวิธีนี้ เช่น inflammatory arthritis, active infection, instability หรือ deformity ที่ไม่สามารถแก้ไขได้ เป็นต้น<sup>(97)</sup>



รูปที่ 21. Bipolar fresh osteochondral allograft ยึดตรึงด้วย screw fixation

อย่างไรก็ตาม การผ่าตัดรักษาด้วยวิธีนี้ยังมีอัตราการล้มเหลวที่ค่อนข้างสูง โดยการศึกษาต่าง ๆ รายงานผลความสำเร็จของการผ่าตัดอยู่ที่ร้อยละ 31-81 ที่ระยะเวลาเฉลี่ย 2-7 ปีหลังผ่าตัด<sup>(95, 98, 99, 100)</sup> โดยปัจจัยเสี่ยงต่อความล้มเหลว ได้แก่ mismatch graft size, ความหนาของ graft น้อยกว่า 7 มม. อายุน้อย ค่า body mass index (BMI) สูง และ pre-operative ankle malalignment โดยภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น deep infection, graft fracture, graft collapse, loss of graft fixation, nonunion, hardware problem เป็นต้น Giannini และคณะ<sup>(100)</sup> ได้แนะนำให้งดการลงน้ำหนักที่ข้อเท้า (non weight-bearing ambulation) เป็นเวลา 4 เดือนและลงน้ำหนักเพียงบางส่วน (30 กก.) ใน fracture boot อีก 2 เดือนเพื่อลดการเกิด graft fracture หรือ collapse

ในกลุ่มที่มี graft survival พบว่ามีอาการปวดที่ลดลง และมีการทำงานที่ดีขึ้น โดยส่วนใหญ่อาจต้องได้รับการผ่าตัดอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น joint debridement หรือ hardware removal และแทบทั้งหมดจะมี degenerative arthritis ที่พบในภาพถ่ายรังสีแต่ไม่สัมพันธ์กับอาการของผู้ป่วย

### Arthrodesis

เป้าหมายของการเชื่อมข้อเท้า คือ การได้เท้าที่อยู่ในท่า plantigrade สำหรับการนำหนักได้โดยที่ไม่เจ็บปวด โดยถึงแม้จะสูญเสียพิสัยการเคลื่อนไหวของ tibiotalar joint ไป แต่พิสัยการเคลื่อนไหวของ subtalar และ midtarsal joints ที่ยังหลงเหลืออยู่ก็สามารถชดเชยได้ในระดับหนึ่งในการเดินปกติในชีวิตประจำวัน

หลักการสำคัญที่ทำให้การผ่าตัดเชื่อมข้อเท้าประสบความสำเร็จ ได้แก่

1. การเรียงตัวของแนวข้อเท้าที่ดี โดยแนวเท้าทำมุม 90 องศากับขา external rotation 5-10 องศา และ hindfoot ควรอยู่ในแนว valgus 0-5 องศา และกระดูก talus อยู่กึ่งกลาง ankle mortise

2. การเตรียมผิวสัมผัสของกระดูกที่เรียบกว้างและมีเลือดมาเลี้ยง ณ ตำแหน่งที่ทำการเชื่อมข้อเท้า ซึ่งการเตรียมผิวสัมผัสนี้อาจทำให้ความยาวขาสั้นลงไปบ้าง แต่หากทำอย่างเหมาะสมไม่มากจนเกินไปจะทำให้ความยาวขาสั้นลงไม่เกิน 1 ซม.

3. การยึดตรึงกระดูกที่มั่นคงแข็งแรง

4. มีแรง compression เพื่อให้พื้นผิวของกระดูกที่เชื่อมแต่ละฝั่งให้เกิดการสัมผัสกันได้ดี

การผ่าตัดเชื่อมข้อเท้าสามารถทำได้โดยผ่านการ approach ทั้งแบบ open, mini-open หรือ arthroscopic-assisted โดย open approach สามารถทำได้ทั้ง anterior, lateral, medial และ posterior approach

**ตารางที่ 9.** ชนิดต่าง ๆ ของ surgical approach และการยึดตรึงกระดูกในการผ่าตัดเชื่อมข้อเท้า

Approach	Open
	Anterior approach
	Lateral approach
	Medial approach
	Posterior approach
	Mini-arthrotomy
	Arthroscopic
Fixation	Screw
	Plate
	Intramedullary nail
	External fixator

**1. Anterior approach** เป็น approach ที่มีพื้นที่ในการทำงานอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะด้านหน้าของข้อเท้า และเหมาะในการยึดตรึงกระดูกด้วย plate fixation แต่มีข้อเสียคือสามารถ

เข้าถึงด้านหลังของข้อเท้าได้จำกัดและมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของ dorsalis pedis artery และ superficial peroneal nerve

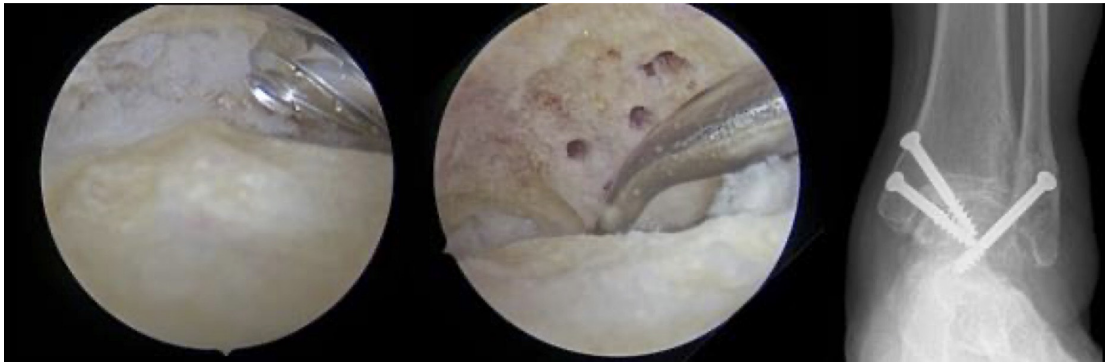
**2. Lateral approach (transfibular approach)** เป็น approach ที่อยู่ใน interneural plane ระหว่าง sural nerve และ superficial peroneal nerve โดยทำการตัดกระดูก fibula ร่วมด้วย ทำให้สามารถเข้าถึงได้ทั้ง tibiotalar และ subtalar joints ซึ่งกระดูก fibula ที่ตัดออกนี้สามารถนำไปใช้เป็น onlay graft เปรียบเสมือนเป็น biologic plate ได้ด้วย โดยไม่แนะนำให้ทำการยึดตรึงกลับเข้าที่เดิมเนื่องจากทำให้มีโอกาสเกิด delayed union หรือ nonunion เพิ่มขึ้นได้<sup>(101)</sup> ข้อจำกัดของการ approach นี้คือการเข้าถึงด้าน medial ของข้อเท้า ซึ่งสามารถทำได้โดยการลงแผลเพิ่มเติมในด้าน medial

**3. Medial approach** เป็น approach ที่สามารถเข้าถึงด้าน medial ของข้อเท้าทั้งด้าน anteromedial และ posteromedial ได้ดี โดยอาจทำร่วมกับการตัดกระดูก medial malleolus ออกหรือจะเก็บไว้เพื่อเป็น buttress ก็ได้ในการ approach วิธีนี้ต้องระวังการบาดเจ็บต่อ saphenous vein และ nerve

**4. Posterior approach** สามารถเข้าถึงได้ทั้ง tibiotalar และ subtalar joints ทางด้านหลัง และสามารถทำการยึด achilles tendon ร่วมด้วยได้ในรายที่มี equinus deformity ข้อจำกัดของการ approach วิธีนี้คือ ต้องจัดทำผู้ป่วยในท่านอนคว่ำ และมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของ sural nerve, tibial nerve และ posterior tibial artery

การทำผ่าตัดโดยวิธี mini arthrotomy ทำได้โดยการลงแผลขนาดเล็กที่ตำแหน่ง anteromedial และ anterolateral ของข้อเท้าในการเตรียมผิวข้อ แล้วจึงทำการยึดตรึงกระดูกด้วย screw fixation<sup>(102)</sup>

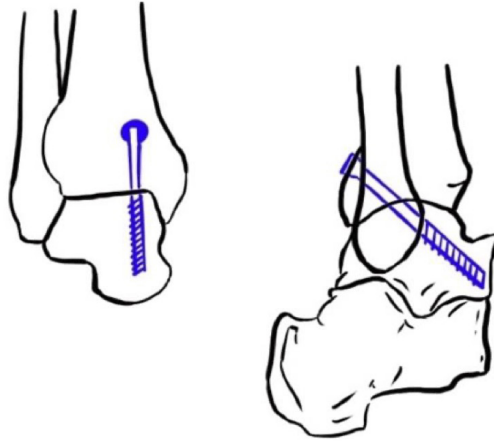
การทำผ่าตัดโดยการใส่ arthroscopic-assisted (รูปที่ 22) เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของเนื้อเยื่อที่ปกคลุมโดยรอบหรือมี scarring มาก การผ่าตัดด้วยวิธีนี้เหมาะกับการทำ arthrodesis แบบ in situ และไม่เหมาะสมกับผู้ป่วยที่มี deformity หรือ malalignment ของข้อเท้าที่ผิดรูปไปมากกว่า 15 องศา<sup>(103, 104)</sup> แต่มีบางการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าสามารถทำได้โดยขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของศัลยแพทย์<sup>(105, 106)</sup> ข้อห้ามอื่น ๆ ต่อการผ่าตัดวิธีนี้ได้แก่ excessive bone loss, poor bone stock, avascular necrosis of the talus เป็นต้น ข้อดีของการผ่าตัดวิธีนี้ คือ เสียเลือดน้อยกว่า เนื้อเยื่อบาดเจ็บน้อยกว่า อาการปวดน้อยกว่า ใช้ tourniquet time และระยะเวลาอนโรยพยาบาลที่สั้นกว่า และมีอัตราการติดของกระดูกที่เทียบเท่ากับการทำผ่าตัดแบบ open โดยที่ใช้เวลาในการติดน้อยกว่า<sup>(107, 108, 109, 110)</sup>



รูปที่ 22. แสดงการเตรียมพื้นผิวข้อผ่าน arthroscope และยึดตรึงกระดูกด้วย screw fixation

การยึดตรึงการเชื่อมข้อเท้าโดยทั่วไปแล้วนิยมใช้เป็น internal fixation รูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น screw, plate หรือ nail หรือ external fixation ในบางกรณี

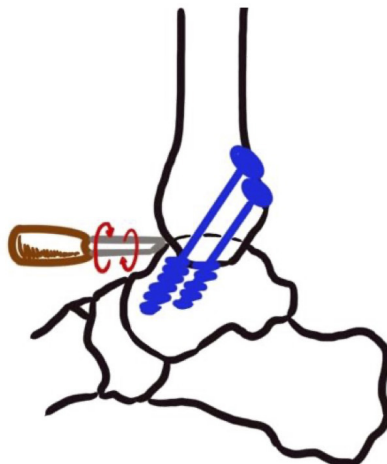
**1. Screw fixation** เป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและให้ความแข็งแรงที่พอเพียงในการยึดตรึงข้อเท้าที่เชื่อมไว้ในผู้ป่วยที่ไม่มีปัญหา bone loss หรือ osteopenia โดยใช้ screw ขนาดตั้งแต่ 4.5-7.3 มม. จำนวน 2-4 screws โดยจากการศึกษาพบว่า 3-screw fixation ให้ความแข็งแรงและทำให้เกิด compression ที่ผิวสัมผัสได้มากกว่า 2-screw fixation<sup>(111, 112)</sup> ถึงแม้ว่าการเพิ่มจำนวนและขนาดของ screw ก็ทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสของกระดูก ณ ตำแหน่งที่เชื่อมลดลง<sup>(113, 114)</sup> แต่พื้นที่ผิวสัมผัสที่เหลืออยู่ก็ยังคงเพียงพอต่อการติดของกระดูก<sup>(115)</sup> โดย screw ที่มีความสำคัญในการต้านทานแรงในแนว dorsiflexion-plantarflexion คือ homerun screw ซึ่งวางตัวในแนวจากด้าน posterior ของกระดูก distal tibia มาที่ส่วน head ของกระดูก talus<sup>(116)</sup> (รูปที่ 23) แต่ทิศทางการยิง screw นี้มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของเส้นประสาท sural nerve จึงควรใช้ approach แบบ mini open<sup>(117)</sup> Zwipp และคณะ<sup>(118)</sup> ได้รายงานผลการรักษาในการเชื่อมข้อเท้าที่ใช้การยึดตรึงกระดูกแบบ 4-screw fixation โดยมีอัตราการติดของกระดูกสูงถึงร้อยละ 99 และทำให้ได้ early range of motion (ROM) ของ subtalar และ midtarsal joints ภายหลังการผ่าตัด ซึ่งช่วยเพิ่มพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อเหล่านี้ให้แก่ผู้ป่วยทำให้ได้ผลการรักษาที่ดียิ่งขึ้น (รูปที่ 24) Singh และคณะ<sup>(119)</sup> แนะนำการทดสอบความแข็งแรงของการเชื่อมข้อเท้าในระหว่างผ่าตัดเพื่อประเมินความจำเป็นในการเพิ่มจำนวน screw ที่ใช้ยึดตรึงกระดูกโดยการทำ chisel test โดยการแห่ chisel เข้าไปที่ตำแหน่งผิวสัมผัสของกระดูกแล้วทำการบิด chisel เพื่อทดสอบว่ามีการเคลื่อนตัวของกระดูกที่ยึดตรึงไว้หรือไม่ หากไม่มีการเคลื่อนตัวแล้วก็ไม่มีความจำเป็นต้องเพิ่มจำนวน screw อีก (รูปที่ 25)



รูปที่ 23. แสดงแนวของ homerun screw จากด้าน posterior ของกระดูก distal tibia มาที่ส่วน head ของกระดูก talus



รูปที่ 24. การยึดตรึงกระดูกด้วยวิธี four-screw fixation



รูปที่ 25. Chisel test



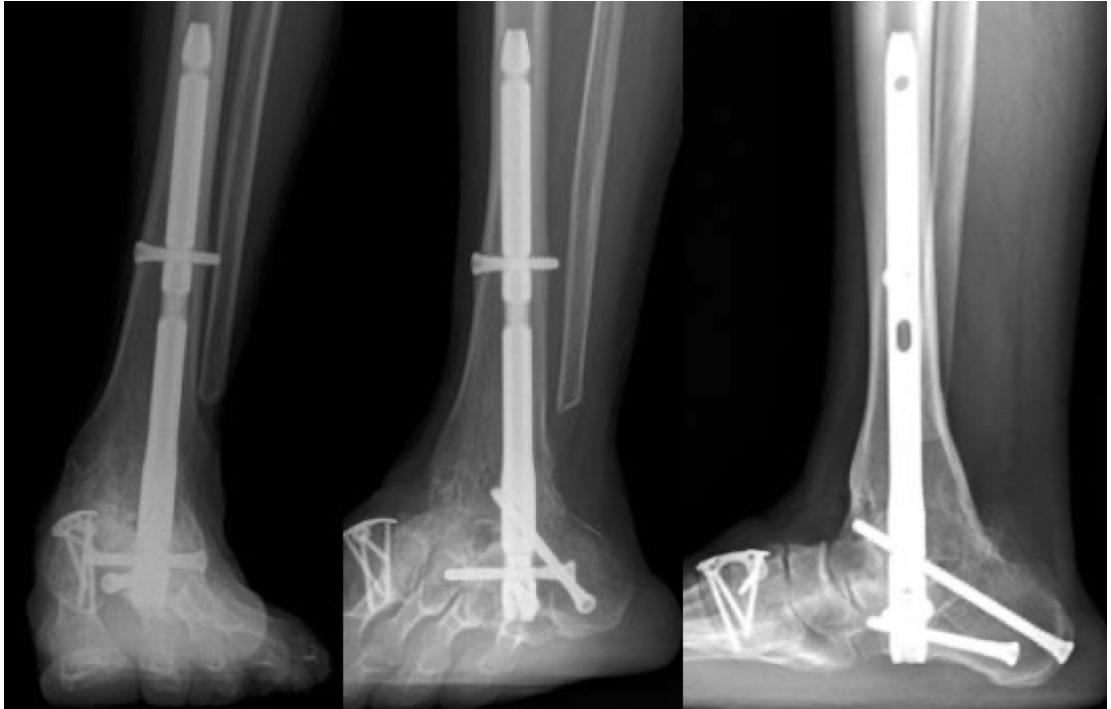
**2. Plate fixation** เป็นวิธียึดตรึงที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่มี bone loss หรือ osteopenia ที่ไม่สามารถใช้ screw fixation ได้ ตำแหน่งที่วาง plate อาจเป็นด้าน anterior, posterior หรือ lateral ของข้อเท้าก็ได้ตามความเหมาะสมและ surgical approach โดยในปัจจุบันได้มีการพัฒนา plate ที่มีลักษณะที่เหมาะสมกับกายวิภาคของข้อเท้าและมีคุณสมบัติ locking เพื่อให้ได้ความแข็งแรงที่มากยิ่งขึ้น การศึกษาของ Clifford และคณะ<sup>(120)</sup> พบว่า การยึดตรึงโดยใช้ plate ร่วมกับ compression screw จะให้ความแข็งแรงมากกว่าการยึดตรึงด้วย plate หรือ compression screw เพียงอย่างเดียว ข้อเสียของการยึดตรึงกระดูกด้วย plate คือ เนื้อเยื่อมีการบาดเจ็บเพิ่มมากขึ้น และปัญหาจาก hardware เช่น การระคายเคือง เป็นต้น (รูปที่ 26)



**รูปที่ 26.** การยึดตรึงกระดูกด้วย plate fixation ก. anterior plating ข. posterior plating และ ค. lateral plating

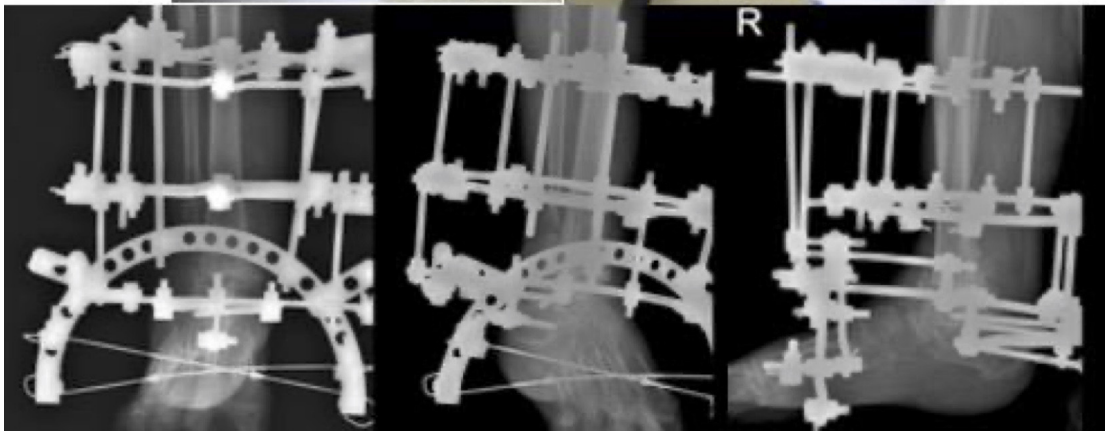


**3. Intramedullary nail fixation** เป็นวิธีการยึดตรึงกระดูกที่ให้ความแข็งแรงสูง เหมาะที่จะใช้ในผู้ป่วยกลุ่มที่มี charcot arthropathy หรือใช้เป็น salvage procedure ในรายที่มี nonunion มาก่อน ข้อเสียที่สำคัญของการยึดตรึงกระดูกวิธีนี้ คือ ต้องมีการสูญเสีย subtalar joint ไปด้วย ดังนั้นในผู้ป่วยที่ยังมี subtalar joint ที่ดีและยังมีความต้องการพิสัยการเคลื่อนไหวอยู่ไม่ควรใช้การยึดตรึงกระดูกด้วยวิธีนี้ (รูปที่ 27)



รูปที่ 27. การยึดตรึงกระดูกด้วย intramedullary nail fixation

**4. External fixation** เป็นวิธีการยึดตรึงกระดูกที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของเนื้อเยื่อที่ปกคลุมข้อเท้าหรือมี bone loss มาก หรือในรายที่มีการติดเชื้อในข้อเท้าซึ่งไม่เหมาะที่จะใช้การยึดตรึงกระดูกด้วยวิธี internal fixation โดยตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันได้มีการพัฒนารูปแบบของ external fixator ที่นำมาใช้ ตั้งแต่ single plane frame (Charnley) จนมาถึง triangular frame (Calandruccio) และ circular frame เช่น Ilizarov external fixator ในปัจจุบัน (รูปที่ 28) เพื่อให้มีความแข็งแรงมากขึ้นและสามารถแก้ไขความผิดปกติที่พบร่วมได้ในรายที่มีความผิดปกติมากหรือมีความยาวขาสั้นที่ต้องทำการแก้ไขแบบ gradual correction อย่างไรก็ตาม วิธีการยึดตรึงด้วย external fixation นี้มีอัตราการติดเชื้อของกระดูกต่ำและเกิดภาวะแทรกซ้อนได้มากกว่าวิธีการยึดตรึงด้วย internal fixation ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเกิดจากพยาธิสภาพเดิมของผู้ป่วยในกลุ่มที่ต้องการการรักษาด้วยวิธีนี้ที่ค่อนข้างรุนแรงกว่า<sup>(121, 122)</sup>

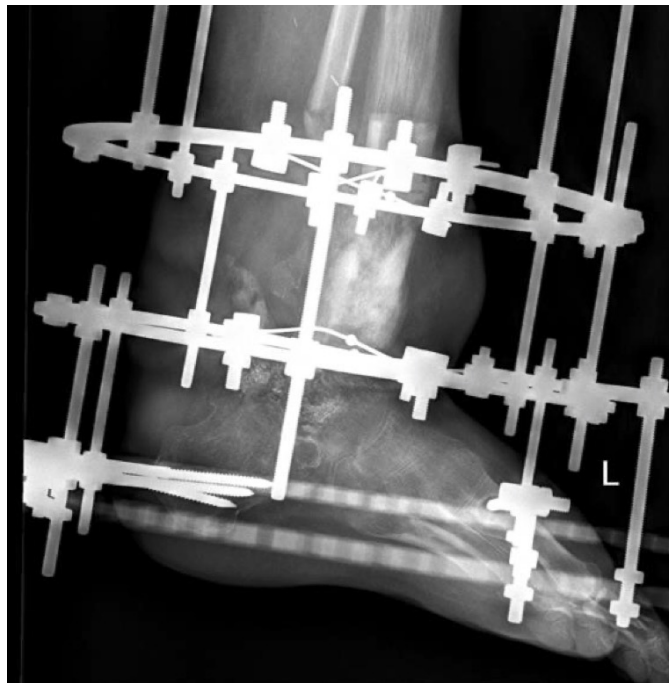


รูปที่ 28. การยึดตรึงกระดูกด้วย external fixation ชนิด Ilizarov circular frame

ผลการรักษาภาวะข้อเท้าเสื่อมด้วยวิธีการเชื่อมข้อเท้า จากรายงานการศึกษาต่าง ๆ พบว่ามีอัตราการติดของกระดูกร้อยละ 72-100 โดยส่วนใหญ่มีอัตราการติดมากกว่าร้อยละ 90<sup>(123)</sup> ซึ่งดังที่กล่าวไปแล้วเบื้องต้นว่าพิสัยการเคลื่อนไหวของ subtalar และ midtarsal joints ที่ยังหลงเหลืออยู่สามารถชดเชยการสูญเสียพิสัยการเคลื่อนไหวของ tibiotalar joint ได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดเชื่อมข้อเท้ามีพิสัยการเคลื่อนไหวและกำลังของข้อเท้าที่ลดลงทั้งในทิศทาง dorsiflexion, plantarflexion, inversion และ eversion มีมวลกล้ามเนื้อลดลงและมีไขมันแทรกภายในกล้ามเนื้อที่มากขึ้น<sup>(124)</sup> และยังมีผลเสียในระยะยาวที่สำคัญคือการเสื่อมของข้ออื่น ๆ ในเท้า ได้แก่ subtalar, midtarsal, tarsometatarsal และ first metatarsophalangeal joint ซึ่งส่งผลมีอาการปวดและใช้งานได้จำกัด<sup>(125, 126, 127, 128, 129, 130)</sup>

ปัญหาและภาวะแทรกซ้อนอื่น ๆ ที่พบได้ในการเชื่อมข้อเท้า ได้แก่ ภาวะ malunion ที่ทำให้ผู้ป่วยมีอาการเรียงตัวของแนวข้อเท้าที่ไม่เหมาะสมสามารถทำให้เกิดปัญหาตามมาได้ เช่น ปัญหาสันเท้าปวดและเป็นแผลใน dorsiflexion malunion, metatarsalgia ใน plantarflexion

malunion, strain และ laxity ของ collateral ligament ของหัวเข่าใน varus/valgus/internal/external rotation malunion, subtalar joint arthrosis และ posterior tibial tendon dysfunction ใน valgus malunion และ painful callus ที่ตำแหน่ง first และ fifth metatarsal ใน valgus และ varus malunion ตามลำดับ, ความยาวขาสั้นลง ซึ่งอาจเกิดจาก bone loss จากพยาธิสภาพเดิมของผู้ป่วย หรือเกิดจาก bone resection ที่มากเกินไประหว่างการผ่าตัด ซึ่งควรแก้ไขโดยใช้ bone graft หรือยืดความยาวขาด้วย distraction osteogenesis โดยการใช้ Ilizarov external fixator (รูปที่ 29 และ 30) การติดเชื้อและภาวะแทรกซ้อนของแผลผ่าตัด และ stress fracture ของกระดูก tibia เป็นต้น



**รูปที่ 29.** การแก้ไข shortening จาก bone loss ด้วยวิธี distraction osteogenesis โดยการใช้ Ilizarov external fixator



**รูปที่ 30.** การแก้ไข shortening ซึ่งเกิดจากการ collapse ของกระดูก talus โดยการใส่ femoral head allograft ทดแทน โดยผ่าตัดผ่านทาง transfibular approach แล้วยึดตรึงกระดูกด้วย intramedullary nail fixation แล้วนำกระดูก fibula ส่วนที่ตัดออกนั้นทำเป็น onlay graft

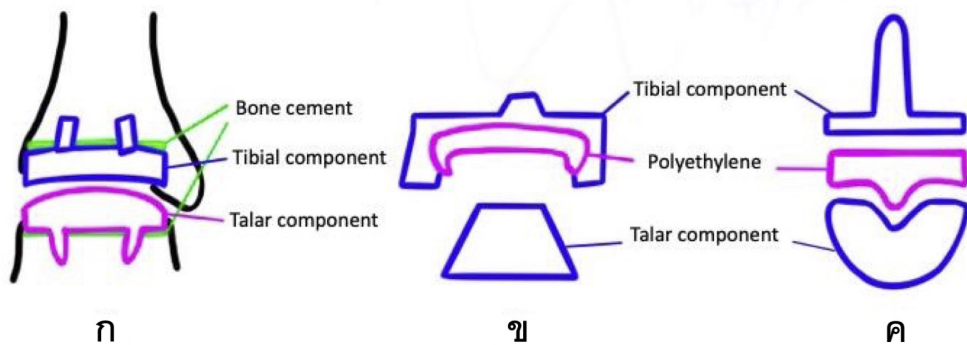
### Total ankle arthroplasty

การเปลี่ยนข้อเท้าเทียมเป็นวิธีการรักษาภาวะข้อเท้าเสื่อมในระยะ end-stage เช่นเดียวกับการทำ arthrodesis โดยมีข้อดีเหนือกว่าที่ยังสามารถรักษาพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อเท้าได้ ซึ่งทำให้ผู้ป่วยมีการเดินและการทำงานของข้อเท้าที่ดีขึ้นและช่วยลดโอกาสการเสื่อมของข้ออื่น ๆ ในเท้าในระยะยาว

วิวัฒนาการของการเปลี่ยนข้อเท้าเทียมเริ่มต้นในยุค ค.ศ. 1970s โดยการออกแบบของข้อเท้าเทียมในยุคแรก (first-generation) ในขณะนั้น เป็น two-component design ซึ่งมีทั้งแบบ unconstrained, semi-constrained และ constrained ที่ฝัง tibia หรือ talus ด้านใดด้านหนึ่งเป็น metallic และอีกด้านหนึ่งเป็น polyethylene และยึดตรึงกับกระดูกด้วย cemented fixation อย่างไรก็ดี จากการติดตามผลการรักษาพบว่า มีอัตราการเกิดภาวะแทรกซ้อนสูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากการออกแบบที่ยังไม่สามารถ restore kinematic ปกติของข้อเท้าได้ โดยเฉพาะใน constrained design<sup>(131, 132)</sup>, low intrinsic stability ของ implant การใช้ cement fixation ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาของร่างกายต่อ bone cement และการตัด bone resection ที่ค่อนข้างมากทำให้กระดูกส่วนที่ยึดตรึงกับ prosthesis ไม่แข็งแรง โดยข้อมูลจากการศึกษาพบว่า bone resection มากกว่า 4 มิลลิเมตรทำให้ความแข็งแรงของกระดูก tibia และ talus ลดลงอย่างมาก<sup>(133)</sup> และ solid subchondral bone ในกระดูก tibia ส่วน distal มีเพียงแค่ 1-1.5 ซม. จากผิวข้อเท่านั้น<sup>(134, 135)</sup>

ในระยะต่อมาได้มีการพัฒนาการออกแบบข้อเท้าเทียมเพื่อให้ใกล้เคียงกับข้อเท้าปกติ โดยต้องมี congruence สูงเพื่อให้มี stability ที่ดีและลดโอกาสเกิดการสึกหรอของ prosthesis design เป็นแบบ unconstrained และ ligament-retained เพื่อตอบสนองต่อ kinematics ของข้อเท้าปกติที่มี dynamic axis of rotation และมีการพิสัยเคลื่อนที่ที่ซับซ้อนในทั้ง 3 ระนาบ<sup>(136, 137, 138)</sup> เพื่อลด edge loading อันจะนำมาซึ่งการสึกหรอของ prosthesis และการเกิด stress ณ ผิวสัมผัสระหว่างกระดูกและ prosthesis, การตัดกระดูกแบบ minimal bone resection, การใช้ cementless fixation เพื่อลดภาวะแทรกซ้อนจาก bone cement และการใช้ porous surface เพื่อกระตุ้นการเกิด bony ingrowth ให้มี stable fixation เพื่อผลดีในระยะยาว โดยข้อเท้าเทียมที่มีในปัจจุบันถือเป็น third และ fourth-generation

ข้อเท้าเทียมในปัจจุบันสามารถแบ่งใหญ่ ๆ ได้เป็นชนิด fixed-bearing (two-component) และ mobile-bearing (three-component) โดยรูปแบบของ fixed-bearing implant เป็น metallic tibial component และ talar component โดยมี polyethylene ยึดตรึงอยู่กับ tibial component ซึ่งผิวสัมผัสสำหรับการเคลื่อนไหวคือผิวสัมผัสระหว่าง polyethylene กับ metallic talar component ส่วน mobile-bearing implant นั้น polyethylene จะไม่ถูกยึดตรึงไว้กับ tibial component ทำให้มีผิวสัมผัสสำหรับการเคลื่อนไหวทั้งผิวสัมผัสระหว่าง tibial component กับ polyethylene และระหว่าง polyethylene กับ talar component ส่งผลให้มี constrain น้อยกว่า แต่การออกแบบก็จะมี ความซับซ้อนมากกว่าและมีความเสี่ยงต่อการเกิด dislocation สูงกว่า (รูปที่ 31, 32 และ 33)



รูปที่ 31. ก. First-generation ankle prosthesis ข. Fixed-bearing ankle prosthesis และ ค. Mobile-bearing ankle prosthesis





รูปที่ 32. ข้อเท้าเทียมรูปแบบต่าง ๆ ก. Cadence ข. Solto talaris ค. Mobility และ ง. Hintegra



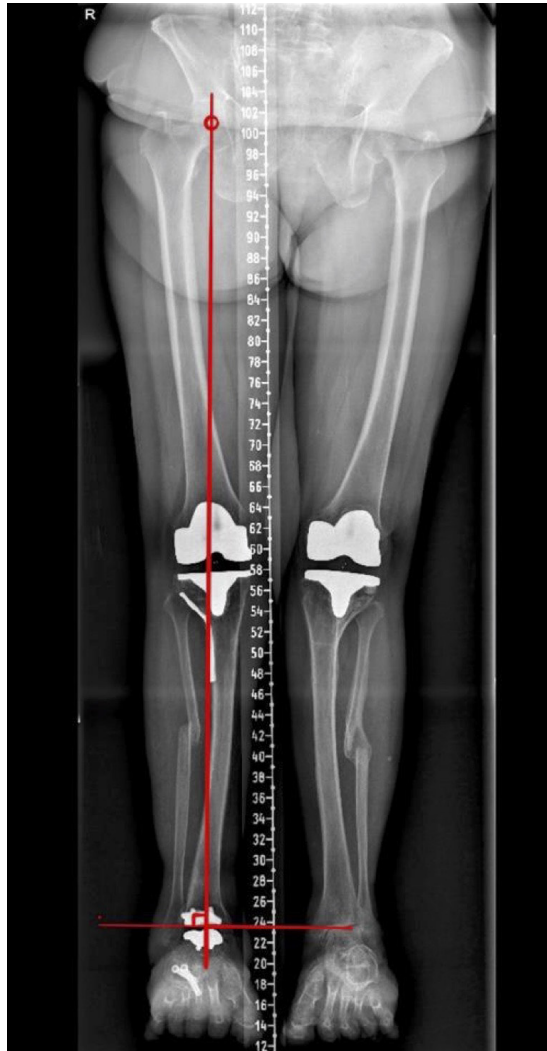
**รูปที่ 33.** แสดงการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเท้าเทียม Cadence ผ่านทาง anterior approach

ผู้ป่วยที่เหมาะสมกับการรักษาด้วยการเปลี่ยนข้อเท้าเทียม ได้แก่ ผู้ป่วยอายุมาก (มากกว่า 60-70 ปี) ที่มี low-demand activity และมีภาวะข้อเท้าเสื่อมระยะ end-stage ที่ไม่ตอบสนองต่อการรักษาด้วยวิธีอนุรักษ์ และยังคงมีพิสัยการเคลื่อนไหวหลงเหลืออยู่ และในผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพของข้ออื่น ๆ ในเท้าที่อาจต้องรักษาด้วยการทำ triple arthrodesis มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเก็บการเคลื่อนไหวของข้อเท้าไว้<sup>(139)</sup> ข้อห้ามของการผ่าตัดด้วยวิธีนี้ ได้แก่ ผู้ป่วยที่มีประวัติการติดเชื้อในข้อเท้ามาก่อน, avascularity ของกระดูก tibia หรือ talus, neuromuscular disorder, Charcot arthropathy, bone defect หรือ ligament instability ที่ไม่สามารถแก้ไขโดยการ reconstruction ได้, neurovascular deficit ของขาข้างนั้น เบาหวานที่ควบคุมได้ไม่ดี (HbA1c >7%) หรือมี neuropathy, malalignment ที่ผิดปกติในแนว coronal มากกว่า 15-20 องศา ที่ไม่สามารถแก้ไขโดยการทำ osteotomy ร่วมด้วยได้ และผู้ป่วยที่แพ้โลหะ

ผู้ป่วยที่อายุน้อย มี high-impact activity, severe osteoporosis, มีความผิดปกติของเนื้อเยื่อที่ปกคลุมบริเวณข้อเท้า ได้รับการรักษาด้วย immunosuppressants, สูบบุหรี่ และมี BMI สูง ถือเป็นกลุ่มที่ควรพิจารณาอย่างถี่ถ้วนในการรักษาด้วยการเปลี่ยนข้อเท้าเทียม เนื่องจากมีความเสี่ยงสูงต่อการมีผลการรักษาที่ไม่ดีและเกิดภาวะแทรกซ้อนได้สูง อย่างไรก็ตามก็ดี ข้อมูลจากหลายการศึกษาไม่พบว่า BMI ที่สูงเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อความล้มเหลวในการผ่าตัดข้อเท้าเทียม<sup>(140, 141, 142)</sup>

ผู้ป่วยที่มี malalignment ในแนว coronal ที่ผิดรูปไม่เกิน 15-20 องศาสามารถแก้ไขได้ในระหว่างการผ่าตัดข้อเท้าเทียมด้วย bone cut ร่วมกับ ligament balancing<sup>(143, 144, 145)</sup> ความผิดรูปที่มากกว่านั้นควรได้รับการแก้ไขด้วยการทำผ่าตัด SMO ซึ่งอาจทำเป็น one-stage หรือ two-stage ก็ได้ ความผิดรูปของเท้าทั้ง hindfoot หรือ midfoot ที่ส่งผลต่อแนวการวางตัวของข้อเท้าควรได้รับการแก้ไขร่วมด้วยโดยการทำ osteotomy, fusion หรือ soft tissue balancing เพื่อให้ได้แนวของเท้าและข้อเท้าที่สอดคล้องกับ mechanical axis ของรยางค์ข้างนั้น (รูปที่ 34) ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างลักษณะของผู้ป่วยที่เหมาะสมในการรักษาด้วยวิธี arthrodesis หรือ arthroplasty





**รูปที่ 34.** แสดงให้เห็นการเปลี่ยนข้อเท้าเทียมในผู้ป่วยที่เคยได้รับการผ่าตัด high tibial osteotomy มาก่อน ซึ่งใช้ mechanical axis เป็นแนวอ้างอิงในการกำหนดแนวการวางตัวของข้อเท้าเทียมให้ ทำมุม 90 องศา กับ mechanical axis

ตารางที่ 10. เปรียบเทียบผู้ป่วยที่เหมาะสมสำหรับการรักษาด้วย arthrodesis และ arthroplasty

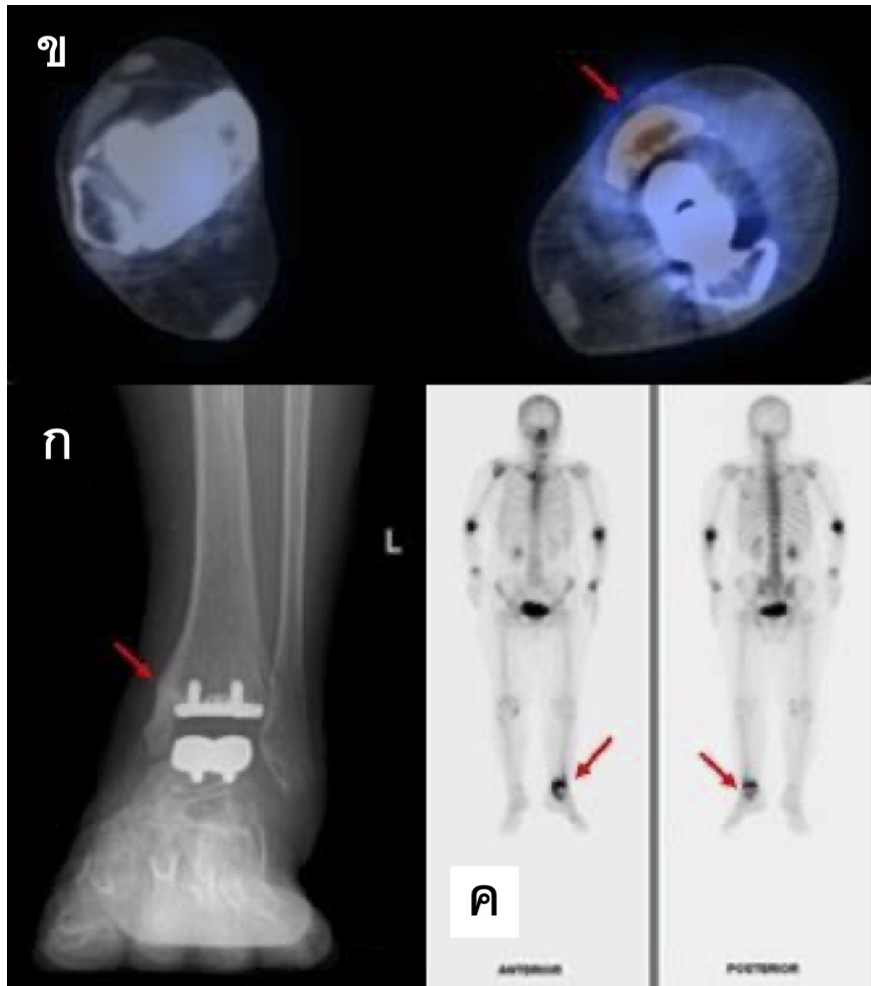
Arthrodesis	Arthroplasty
Young	Elderly
High demand	Low demand
Good compensatory joints	Adjacent fusion
Severe deformity	No or minimal deformity
Bone loss	No bone loss
Severe instability	No or reconstructable instability
Previous infection	No infection
Neuromuscular disorder	No neuromuscular disorder

ผลการรักษาด้วยวิธีการเปลี่ยนข้อเท้าเทียมในปัจจุบันพบว่า มี survivorship ที่ดีกว่าในอดีตมาก Zaidi และคณะ<sup>(146)</sup> รายงาน overall survivorship รวมของข้อเท้าเทียมรูปแบบต่าง ๆ ที่เวลา 10 ปี เท่ากับร้อยละ 89 โดยในข้อเท้าเทียมชนิด mobile-bearing มี survivorship ที่ 10 ปีอยู่ระหว่างร้อยละ 70-94<sup>(147, 148)</sup> ส่วนในข้อเท้าเทียมชนิด fixed-bearing ยังมีข้อมูลในระยะยาวที่จำกัด แต่จากการศึกษาต่าง ๆ พบว่า survivorship ที่ 2-5 ปี อยู่ระหว่างร้อยละ 93-37<sup>(147)</sup> การศึกษาวิเคราะห์การเดินในผู้ป่วยที่รักษาด้วยการเปลี่ยนข้อเท้าเทียมพบว่า มีรูปแบบการเดินที่ดีขึ้น และใกล้เคียงกับคนปกติมากกว่าผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยวิธี arthrodesis<sup>(149)</sup> Queen และคณะ<sup>(150)</sup> ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างข้อเท้าเทียมชนิด fixed และ mobile-bearing พบว่าผู้ป่วยที่ได้รับข้อเท้าเทียมชนิด fixed-bearing มี ankle moment และ ground reaction force ที่ดีกว่า ในขณะที่ผู้ป่วยที่ได้รับข้อเท้าเทียมชนิด mobile-bearing มีอาการปวดที่น้อยกว่า

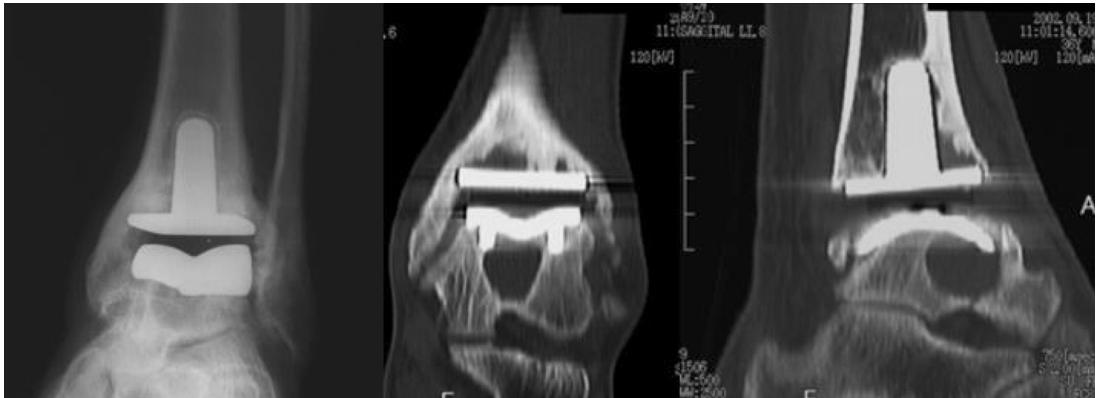


รูปที่ 35. แสดงพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อเท้าภายหลังการเปลี่ยนข้อเท้าเทียม

ภาวะแทรกซ้อนที่พบได้ในการเปลี่ยนข้อเท้าเทียม ได้แก่ การบาดเจ็บของเส้นเลือดและเส้นประสาท, ภาวะแทรกซ้อนจากแผลผ่าตัด การติดเชื้อ impingement, aseptic loosening, component subsidence, osteolysis และ cyst, fracture, heterotopic ossification และ mechanical failure ของ implant (รูปที่ 36, 37 และ 38)



รูปที่ 36. stress fracture ของ medial malleolus ภายหลังการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเท้าเทียม ก. plain radiograph ข. SPECT-CT scan และ ค. bone scan



รูปที่ 37. Plain radiograph และ CT แสดง periprosthetic bone cyst ซึ่งเกิดจาก osteolysis



รูปที่ 38. Septic loosening ที่ได้รับการรักษาด้วย antibiotic cement spacer และ staged ankle arthrodesis

## สรุป

จากลักษณะทางกายวิภาคของข้อเท้าที่มี congruence สูงและมี cartilage ที่ทนทานต่อแรงได้ดี ทำให้พบอุบัติการณ์ของภาวะข้อเท้าเสื่อมปลงมภูมิต่ำกว่าข้อเข่าและข้อสะโพก อย่างไรก็ตาม การบาดเจ็บเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะข้อเท้าเสื่อมขึ้น ทั้งจากการบาดเจ็บของ ligament และ bone ทั้งในส่วนของ intra และ extra-articular ก็เป็นสาเหตุให้เกิดข้อเท้าเสื่อมได้ทั้งสิ้น ภาวะข้อเท้าเสื่อมสามารถแบ่งชนิดและความรุนแรงได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่ง classification แต่ละรูปแบบนั้นต่างมีข้อดีข้อเสียและจุดประสงค์ในการใช้ที่แตกต่างกัน แต่ reliability และ agreement ของแต่ละ classification นั้นยังคงเป็นข้อจำกัดในการใช้อยู่

การรักษาภาวะข้อเท้าเสื่อมสามารถทำได้ทั้งโดยวิธีอนุรักษ์และการผ่าตัด การรักษาโดยวิธีอนุรักษ์สามารถทำได้ทั้งโดยวิธีไม่ใช้ยา เช่น การออกกำลังกายและควบคุมน้ำหนัก การทำกายภาพบำบัด การใช้กายอุปกรณ์และเครื่องช่วยเดิน และการปรับรองเท้า เป็นต้น การรักษาด้วยยามีทั้งรูปแบบยารับประทาน ยาทาเฉพาะที่ และยาฉีด ส่วนการรักษาโดยการผ่าตัดนั้นสามารถทำได้ทั้งแบบ joint-sparing surgery ในกลุ่มที่ยังคงมี cartilage เหลืออยู่ ได้แก่ การทำ debridement ทั้งโดยวิธี open หรือ arthroscopic ในกลุ่มที่มี impingement, loose body หรือมีพยาธิสภาพของ synovium และ SMO ในผู้ป่วยกลุ่ม asymmetric arthritis ส่วนผู้ป่วยที่ความรุนแรงอยู่ในระดับ end stage แล้ว หากยังต้องการการรักษาแบบ joint-sparing อยู่ ทางเลือกคือการทำ arthrodiastasis หรือ FOCA อย่างไรก็ตาม การรักษาแบบ joint-sacrificing surgery ด้วย arthrodesis และ arthroplasty ด้วย modern implant และ technique ก็ให้ผลการรักษาที่ดีในระยะยาวเช่นกัน

## เอกสารอ้างอิง

1. Kimizuka M, Kurosawa H, Fukubayashi T. Load-bearing pattern of the ankle joint. Contact area and pressure distribution. Arch Orthop Trauma Surg 1980;96:45-9.
2. Athanasiou KA, Niederauer GG, Schenck RC Jr. Biomechanical topography of human ankle cartilage. Ann Biomed Eng 1995;23:697-704.
3. Cushnaghan J, Dieppe P. Study of 500 patients with limb joint osteoarthritis. I. Analysis by age, sex, and distribution of symptomatic joint sites. Ann Rheum Dis 1991;50:8-13.
4. Swann AC, Seedhom BB. The stiffness of normal articular cartilage and the predominant acting stress levels: implications for the aetiology of osteoarthrosis. Br J Rheumatol 1993;32:16-25.
5. Kempson GE. Age-related changes in the tensile properties of human articular cartilage: a

comparative study between the femoral head of the hip joint and the talus of the ankle joint. *Biochim Biophys Acta* 1991;1075:223-30.

6. Saltzman CL, Salamon ML, Blanchard GM, Huff T, Hayes A, Buckwalter JA, et al. Epidemiology of ankle arthritis: report of a consecutive series of 639 patients from a tertiary orthopaedic center. *Iowa Orthop J* 2005;25:44-6.
7. Ramsey PL, Hamilton W. Changes in tibiotalar area of contact caused by lateral talar shift. *J Bone Joint Surg Am* 1976;58:356-7.
8. Lloyd J, Elsayed S, Hariharan K, Tanaka H. Revisiting the concept of talar shift in ankle fractures. *Foot Ankle Int* 2006;27:793-6.
9. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis* 1957;16:494-502.
10. Moon JS, Shim JC, Suh JS, Lee WC. Radiographic predictability of cartilage damage in medial ankle osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res* 2010;468:2188-97.
11. Holzer N, Salvo D, Marijnissen AC, Vincken KL, Ahmad AC, Serra E, et al. Radiographic evaluation of posttraumatic osteoarthritis of the ankle: the Kellgren-Lawrence scale is reliable and correlates with clinical symptoms. *Osteoarthritis Cartilage* 2015;23:363-9.
12. Wright RW; MARS Group. Osteoarthritis Classification Scales: Interobserver Reliability and Arthroscopic Correlation. *J Bone Joint Surg Am* 2014;96:1145-51.
13. van Dijk CN, Tol JL, Verheyen CC. A prospective study of prognostic factors concerning the outcome of arthroscopic surgery for anterior ankle impingement. *Am J Sports Med* 1997;25:737-45.
14. Takakura Y, Tanaka Y, Kumai T, Tamai S. Low tibial osteotomy for osteoarthritis of the ankle. Results of a new operation in 18 patients. *J Bone Joint Surg Br* 1995;77:50-4.
15. Tanaka Y, Takakura Y, Hayashi K, Taniguchi A, Kumai T, Sugimoto K. Low tibial osteotomy for varus-type osteoarthritis of the ankle. *J Bone Joint Surg Br* 2006;88:909-13.
16. Cheng YM, Huang PJ, Hong SH, Lin SY, Liao CC, Chiang HC, et al. Low tibial osteotomy for moderate ankle arthritis. *Arch Orthop Trauma Surg* 2001;121:355-8.
17. Krause FG, Di Silvestro M, Penner MJ, Wing KJ, Glazebrook MA, Daniels TR, et al. The postoperative COFAS end-stage ankle arthritis classification system: interobserver and intraobserver reliability. *Foot Ankle Spec* 2012;5:31-6.
18. Kim J, Kim JB, Lee WC. Eccentric ankle arthritis in the sagittal plane: a novel description of anterior and posterior ankle arthritis. *Foot Ankle Surg* 2021;S1268-7731(20)30283-6.
19. Kim J, Kim JB, Lee WC. Clinical and Radiographic Results of Ankle Joint Preservation

- Surgery in Posterior Ankle Arthritis. *Foot Ankle Int* 2021;10711007211011182.
20. Claessen FM, Meijer DT, van den Bekerom MP, Gevers Deynoot BD, Mallee WH, Doornberg JN, et al. Reliability of classification for post-traumatic ankle osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24:1332-7.
  21. Rao S, Ellis SJ, Deland JT, Hillstrom H. Nonmedicinal therapy in the management of ankle arthritis. *Curr Opin Rheumatol* 2010;22:223-8.
  22. Ewalefo SO, Dombrowski M, Hirase T, Rocha JL, Weaver M, Kline A, et al. Management of Posttraumatic Ankle Arthritis: Literature Review. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2018;11:546-57.
  23. Aragaki DR, Nasmyth MC, Schultz SC, Nguyen GM, Yentes JM, Kao K, et al. Immediate effects of contralateral and ipsilateral cane use on normal adult gait. *PM R* 2009;1:208-13.
  24. Youdas JW, Kotajarvi BJ, Padgett DJ, Kaufman KR. Partial weight-bearing gait using conventional assistive devices. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86:394-8.
  25. Martin RL, Stewart GW, Conti SF. Posttraumatic ankle arthritis: an update on conservative and surgical management. *J Orthop Sports Phys Ther* 2007;37:253-9.
  26. Gentile MA. Nonsurgical Treatment of Ankle Arthritis. *Clin Podiatr Med Surg* 2017;34:415-423.
  27. Huang YC, Harbst K, Kotajarvi B, Hansen D, Koff MF, Kitaoka HB, et al. Effects of ankle-foot orthoses on ankle and foot kinematics in patient with ankle osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87:710-6.
  28. Wu WL, Rosenbaum D, Su FC. The effects of rocker sole and SACH heel on kinematics in gait. *Med Eng Phys* 2004;26:639-46.
  29. da Costa BR, Reichenbach S, Keller N, Nartey L, Wandel S, Jüni P, et al. Effectiveness of non-steroidal anti-inflammatory drugs for the treatment of pain in knee and hip osteoarthritis: a network meta-analysis. *Lancet* 2017;390:e21-33.
  30. Machado GC, Maher CG, Ferreira PH, Pinheiro MB, Lin CW, Day RO, et al. Efficacy and safety of paracetamol for spinal pain and osteoarthritis: systematic review and meta-analysis of randomised placebo controlled trials. *BMJ* 2015;350:h1225.
  31. National Clinical Guideline Centre (UK). Osteoarthritis: Care and Management in Adults. London: National Institute for Health and Care Excellence (UK); 2014 Feb.
  32. Kolasinski SL, Neogi T, Hochberg MC, Oatis C, Guyatt G, Block J, et al. 2019 American College of Rheumatology/Arthritis Foundation Guideline for the Management of Osteoarthritis of the Hand, Hip, and Knee. *Arthritis Rheumatol* 2020;72:220-33.



33. Rannou F, Pelletier JP, Martel-Pelletier J. Efficacy and safety of topical NSAIDs in the management of osteoarthritis: Evidence from real-life setting trials and surveys. *Semin Arthritis Rheum* 2016;45:S18-21.
34. Zeng C, Wei J, Persson MSM, Sarmanova A, Doherty M, Xie D, et al. Relative efficacy and safety of topical non-steroidal anti-inflammatory drugs for osteoarthritis: a systematic review and network meta-analysis of randomised controlled trials and observational studies. *Br J Sports Med* 2018;52:642-50.
35. Zeng C, Doherty M, Persson MSM, Yang Z, Sarmanova A, Zhang Y, et al. Comparative efficacy and safety of acetaminophen, topical and oral non-steroidal anti-inflammatory drugs for knee osteoarthritis: evidence from a network meta-analysis of randomized controlled trials and real-world data. *Osteoarthritis Cartilage* 2021:S1063-4584(21)00810-4.
36. Altman RD, Barthel HR. Topical therapies for osteoarthritis. *Drugs* 2011 Jul 9;71:1259-79.
37. Persson MSM, Stocks J, Walsh DA, Doherty M, Zhang W. The relative efficacy of topical non-steroidal anti-inflammatory drugs and capsaicin in osteoarthritis: a network meta-analysis of randomised controlled trials. *Osteoarthritis Cartilage* 2018;26:1575-82.
38. Arendt-Nielsen L, Nie H, Laursen MB, Laursen BS, Madeleine P, Simonsen OH, et al. Sensitization in patients with painful knee osteoarthritis. *Pain* 2010;149:573-81.
39. Hochberg MC, Wohlreich M, Gaynor P, Hanna S, Risser R. Clinically relevant outcomes based on analysis of pooled data from 2 trials of duloxetine in patients with knee osteoarthritis. *J Rheumatol* 2012;39:352-8.
40. Risser RC, Hochberg MC, Gaynor PJ, D'Souza DN, Frakes EP. Responsiveness of the Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP) scale in a trial of duloxetine for treatment of osteoarthritis knee pain. *Osteoarthritis Cartilage* 2013;21:691-4.
41. Khosla SK, Baumhauer JF. Dietary and viscosupplementation in ankle arthritis. *Foot Ankle Clin* 2008;13:353-61.
42. Bruyère O, Honvo G, Veronese N, Arden NK, Branco J, Curtis EM, et al. An updated algorithm recommendation for the management of knee osteoarthritis from the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases (ESCEO). *Semin Arthritis Rheum* 2019;49:337-50.
43. Sherman SL, James C, Stoker AM, Cook CR, Khazai RS, Flood DL, et al. In Vivo Toxicity of Local Anesthetics and Corticosteroids on Chondrocyte and Synoviocyte Viability and Metabolism. *Cartilage* 2015;6:106-12.
44. Thomas RH, Daniels TR. Ankle arthritis. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85:923-36.

45. Schmid T, Krause FG. Conservative treatment of asymmetric ankle osteoarthritis. *Foot Ankle Clin* 2013;18:437-48.
46. Cugat R, Cuscó X, Seijas R, Álvarez P, Steinbacher G, Ares O, et al. Biologic enhancement of cartilage repair: the role of platelet-rich plasma and other commercially available growth factors. *Arthroscopy* 2015;31:777-83.
47. Fukawa T, Yamaguchi S, Akatsu Y, Yamamoto Y, Akagi R, Sasho T. Safety and Efficacy of Intra-articular Injection of Platelet-Rich Plasma in Patients With Ankle Osteoarthritis. *Foot Ankle Int* 2017;38:596-604.
48. Repetto I, Biti B, Cerruti P, Trentini R, Felli L. Conservative Treatment of Ankle Osteoarthritis: Can Platelet-Rich Plasma Effectively Postpone Surgery? *J Foot Ankle Surg* 2017;56:362-5.
49. Sun SF, Hsu CW, Lin GC, Lin HS, Chou YJ, Wu SY, et al. Efficacy and Safety of a Single Intra-articular Injection of Platelet-rich Plasma on Pain and Physical Function in Patients With Ankle Osteoarthritis-A Prospective Study. *J Foot Ankle Surg* 2021;60:676-82.
50. Watterson JR, Esdaile JM. Viscosupplementation: therapeutic mechanisms and clinical potential in osteoarthritis of the knee. *J Am Acad Orthop Surg* 2000;8:277-84.
51. Vannabouathong C, Del Fabbro G, Sales B, Smith C, Li CS, Yardley D, et al. Intra-articular Injections in the Treatment of Symptoms from Ankle Arthritis: A Systematic Review. *Foot Ankle Int* 2018;39:1141-50.
52. Boffa A, Previtali D, Di Laura Frattura G, Vannini F, Candrian C, Filardo G. Evidence on ankle injections for osteochondral lesions and osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Int Orthop* 2021;45:509-23.
53. Concoff A, Sancheti P, Niazi F, Shaw P, Rosen J. The efficacy of multiple versus single hyaluronic acid injections: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord* 2017;18:542.
54. Berenbaum F, Grifka J, Cazzaniga S, D'Amato M, Giacovelli G, Chevalier X, et al. A randomised, double-blind, controlled trial comparing two intra-articular hyaluronic acid preparations differing by their molecular weight in symptomatic knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 2012;71:1454-60.
55. Zhao H, Liu H, Liang X, Li Y, Wang J, Liu C. Hylan G-F 20 Versus Low Molecular Weight Hyaluronic Acids for Knee Osteoarthritis: A Meta-Analysis. *BioDrugs* 2016;30:387-96.
56. Altman RD, Bedi A, Karlsson J, Sancheti P, Schemitsch E. Product Differences in Intra-articular Hyaluronic Acids for Osteoarthritis of the Knee. *Am J Sports Med* 2016;44:2158-65.
57. Chen AL, Desai P, Adler EM, Di Cesare PE. Granulomatous inflammation after Hylan G-F

- 20 viscosupplementation of the knee : a report of six cases. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84:1142-7.
58. Reichenbach S, Blank S, Rutjes AW, Shang A, King EA, Dieppe PA, et al. Hyalan versus hyaluronic acid for osteoarthritis of the knee: a systematic review and meta-analysis. *Arthritis Rheum* 2007;57:1410-8.
59. Martin DF, Baker CL, Curl WW, Andrews JR, Robie DB, Haas AF. Operative ankle arthroscopy. Long-term followup. *Am J Sports Med* 1989;17:16-23.
60. Takao M, Uchio Y, Naito K, Kono T, Oae K, Ochi M. Arthroscopic treatment for anterior impingement exostosis of the ankle: application of three-dimensional computed tomography. *Foot Ankle Int* 2004;25:59-62.
61. van Valburg AA, van Roy HL, Lafeber FP, Bijlsma JW. Beneficial effects of intermittent fluid pressure of low physiological magnitude on cartilage and inflammation in osteoarthritis. An in vitro study. *J Rheumatol* 1998;25:515-20.
62. van Valburg AA, van Roermund PM, Marijnissen AC, Wenting MJ, Verbout AJ, Lafeber FP, et al. Joint distraction in treatment of osteoarthritis (II): effects on cartilage in a canine model. *Osteoarthritis Cartilage* 2000;8:1-8.
63. Lafeber F, Veldhuijzen JP, Vanroy JL, Huber-Bruning O, Bijlsma JW. Intermittent hydrostatic compressive force stimulates exclusively the proteoglycan synthesis of osteoarthritic human cartilage. *Br J Rheumatol* 1992;31:437-42.
64. Intema F, Thomas TP, Anderson DD, Elkins JM, Brown TD, Amendola A, et al. Subchondral bone remodeling is related to clinical improvement after joint distraction in the treatment of ankle osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 2011;19:668-75.
65. Lamm BM, Gourdine-Shaw M. MRI evaluation of ankle distraction: a preliminary report. *Clin Podiatr Med Surg* 2009;26:185-91.
66. Bernstein M, Reidler J, Fragomen A, Rozbruch SR. Ankle Distraction Arthroplasty: Indications, Technique, and Outcomes. *J Am Acad Orthop Surg* 2017;25:89-99.
67. Barg A, Amendola A, Beaman DN, Saltzman CL. Ankle joint distraction arthroplasty: why and how? *Foot Ankle Clin* 2013;18:459-70.
68. Wynes J, Kaikis AC. Current Advancements in Ankle Arthrodiastasis. *Clin Podiatr Med Surg* 2018;35:467-79.
69. Fragomen AT, McCoy TH, Meyers KN, Rozbruch SR. Minimum distraction gap: how much ankle joint space is enough in ankle distraction arthroplasty? *HSS J* 2014;10:6-12.
70. Paley D, Lamm BM, Purohit RM, Specht SC. Distraction arthroplasty of the ankle--how far

- can you stretch the indications? *Foot Ankle Clin* 2008;13:471-84.
71. van Valburg AA, van Roermund PM, Marijnissen AC, van Melkebeek J, Lammens J, Verbout AJ, et al. Joint distraction in treatment of osteoarthritis: a two-year follow-up of the ankle. *Osteoarthritis Cartilage* 1999;7:474-9.
  72. Marijnissen AC, Van Roermund PM, Van Melkebeek J, Schenk W, Verbout AJ, Bijlsma JW, et al. Clinical benefit of joint distraction in the treatment of severe osteoarthritis of the ankle: proof of concept in an open prospective study and in a randomized controlled study. *Arthritis Rheum* 2002;46:2893-902.
  73. Ploegmakers JJ, van Roermund PM, van Melkebeek J, Lammens J, Bijlsma JW, Lafeber FP, et al. Prolonged clinical benefit from joint distraction in the treatment of ankle osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 2005;13:582-8.
  74. Tellisi N, Fragomen AT, Kleinman D, O'Malley MJ, Rozbruch SR. Joint preservation of the osteoarthritic ankle using distraction arthroplasty. *Foot Ankle Int* 2009;30:318-25.
  75. Marijnissen AC, Hoekstra MC, Pré BC, van Roermund PM, van Melkebeek J, et al. Patient characteristics as predictors of clinical outcome of distraction in treatment of severe ankle osteoarthritis. *J Orthop Res* 2014;32:96-101.
  76. Nguyen MP, Pedersen DR, Gao Y, Saltzman CL, Amendola A. Intermediate-term follow-up after ankle distraction for treatment of end-stage osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am* 2015;97:590-6.
  77. Xu Y, Zhu Y, Xu XY. Ankle joint distraction arthroplasty for severe ankle arthritis. *BMC Musculoskelet Disord* 2017;18:96.
  78. Saltzman CL, Hillis SL, Stolley MP, Anderson DD, Amendola A. Motion versus fixed distraction of the joint in the treatment of ankle osteoarthritis: a prospective randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94:961-70.
  79. Knupp M, Stufkens SA, van Bergen CJ, Blankevoort L, Bolliger L, van Dijk CN, et al. Effect of supramalleolar varus and valgus deformities on the tibiotalar joint: a cadaveric study. *Foot Ankle Int* 2011;32:609-15.
  80. Hayashi K, Tanaka Y, Kumai T, Sugimoto K, Takakura Y. Correlation of compensatory alignment of the subtalar joint to the progression of primary osteoarthritis of the ankle. *Foot Ankle Int* 2008;29:400-6.
  81. Stufkens SA, Barg A, Bolliger L, Stucinskas J, Knupp M, Hintermann B. Measurement of the medial distal tibial angle. *Foot Ankle Int* 2011;32:288-93.
  82. Paley D, Herzenberg JE, Tetsworth K, McKie J, Bhave A. Deformity planning for frontal and

- sagittal plane corrective osteotomies. *Orthop Clin North Am* 1994;25:425-65.
83. Knupp M, Stufkens SA, Bolliger L, Barg A, Hintermann B. Classification and treatment of supramalleolar deformities. *Foot Ankle Int* 2011;32:1023-31.
  84. Colin F, Gaudot F, Odri G, Judet T. Supramalleolar osteotomy: techniques, indications and outcomes in a series of 83 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 2014;100:413-8.
  85. Garras DN, Raikin SM. Supramalleolar Osteotomies as Joint Sparing Management of Ankle Arthritis. *Semin Arthroplasty* 2010;21:230-9.
  86. Hintermann B, Knupp M, Barg A. Supramalleolar Osteotomies for the Treatment of Ankle Arthritis. *J Am Acad Orthop Surg* 2016;24:424-32.
  87. Myerson MS, Zide JR. Management of varus ankle osteoarthritis with joint-preserving osteotomy. *Foot Ankle Clin* 2013;18:471-80.
  88. Lee WC. Extraarticular Supramalleolar Osteotomy for Managing Varus Ankle Osteoarthritis, Alternatives for Osteotomy: How and Why? *Foot Ankle Clin* 2016;21:27-35.
  89. Valderrabano V, Paul J, Monika H, Pagenstert GI, Henninger HB, Barg A. Joint-preserving surgery of valgus ankle osteoarthritis. *Foot Ankle Clin* 2013;18:481-502.
  90. Krähenbühl N, Zwicky L, Bolliger L, Schädelin S, Hintermann B, Knupp M. Mid- to Long-term Results of Supramalleolar Osteotomy. *Foot Ankle Int* 2017;38:124-32.
  91. Lee WC, Moon JS, Lee K, Byun WJ, Lee SH. Indications for supramalleolar osteotomy in patients with ankle osteoarthritis and varus deformity. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93:1243-8.
  92. Nüesch C, Huber C, Paul J, Henninger HB, Pagenstert G, Valderrabano V, et al. Mid- to Long-term Clinical Outcome and Gait Biomechanics After Realignment Surgery in Asymmetric Ankle Osteoarthritis. *Foot Ankle Int* 2015;36:908-18.
  93. Williams RJ 3rd, Dreese JC, Chen CT. Chondrocyte survival and material properties of hypothermically stored cartilage: an evaluation of tissue used for osteochondral allograft transplantation. *Am J Sports Med* 2004;32:132-9.
  94. Ball ST, Amiel D, Williams SK, Tontz W, Chen AC, Sah RL, et al. The effects of storage on fresh human osteochondral allografts. *Clin Orthop Relat Res* 2004;418:246-52.
  95. Jeng CL, Myerson MS. Allograft total ankle replacement--a dead ringer to the natural joint. *Foot Ankle Clin* 2008;13:539-47.
  96. Neri S, Vannini F, Desando G, Grigolo B, Ruffilli A, Buda R, et al. Ankle bipolar fresh osteochondral allograft survivorship and integration: transplanted tissue genetic typing and phenotypic characteristics. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:1852-60.
  97. Williams JR, Brage ME. Large BM Intra-Articular Allograft. *Foot Ankle Clin* 2016;21:847-54.

98. Kim CW, Jamali A, Tontz W Jr, Convery FR, Brage ME, Bugbee W. Treatment of post-traumatic ankle arthrosis with bipolar tibiotalar osteochondral shell allografts. *Foot Ankle Int* 2002;23:1091-102.
99. Meehan R, McFarlin S, Bugbee W, Brage M. Fresh ankle osteochondral allograft transplantation for tibiotalar joint arthritis. *Foot Ankle Int* 2005;26:793-802.
100. Giannini S, Buda R, Grigolo B, Bevoni R, Di Caprio F, Ruffilli A, et al. Bipolar fresh osteochondral allograft of the ankle. *Foot Ankle Int* 2010;31:38-46.
101. Mahan KT, Yu GV, Kalish SR, Corey SV. Podiatry Institute ankle fusion technique. *J Am Podiatr Med Assoc* 1997;87:101-16.
102. Paremain GD, Miller SD, Myerson MS. Ankle arthrodesis: results after the miniarthrotomy technique. *Foot Ankle Int* 1996;17:247-52.
103. Stetson WB, Ferkel RD. Ankle Arthroscopy: II. Indications and Results. *J Am Acad Orthop Surg* 1996;4:24-34.
104. Ferkel RD, Hewitt M. Long-term results of arthroscopic ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int* 2005;26:275-80.
105. Winson IG, Robinson DE, Allen PE. Arthroscopic ankle arthrodesis. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87:343-7.
106. Gougoulias NE, Agathangelidis FG, Parsons SW. Arthroscopic ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int* 2007;28:695-706.
107. Myerson MS, Quill G. Ankle arthrodesis. A comparison of an arthroscopic and an open method of treatment. *Clin Orthop Relat Res* 1991;268:84-95.
108. O'Brien TS, Hart TS, Shereff MJ, Stone J, Johnson J. Open versus arthroscopic ankle arthrodesis: a comparative study. *Foot Ankle Int* 1999;20:368-74.
109. Honnenahalli Chandrappa M, Hajibandeh S, Hajibandeh S. Ankle arthrodesis-Open versus arthroscopic: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Orthop Trauma* 2017;8:S71-7.
110. Woo BJ, Lai MC, Ng S, Rikhranj IS, Koo K. Clinical outcomes comparing arthroscopic vs open ankle arthrodesis. *Foot Ankle Surg* 2020;26:530-4.
111. Ogilvie-Harris DJ, Fitialos D, Hedman TP. Arthrodesis of the ankle. A comparison of two versus three screw fixation in a crossed configuration. *Clin Orthop Relat Res* 1994;304:195-9.
112. Alonso-Vázquez A, Lauge-Pedersen H, Lidgren L, Taylor M. Initial stability of ankle arthrodesis with three-screw fixation. A finite element analysis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2004;19:751-9.
113. Brodsky AR, Bohne WH, Huffard B, Kennedy JG. An analysis of talar surface area occupied by screw fixation in ankle fusions. *Foot Ankle Int* 2006;27:53-5.

114. So E, Brandão RA, Bull PE. A Comparison of Talar Surface Area Occupied by 2- Versus 3-Screw Fixation for Ankle Arthrodesis. *Foot Ankle Spec* 2020;13:50-3.
115. Glazebrook M, Beasley W, Daniels T, Evangelista PT, Donahue R, Younger A, et al. Establishing the relationship between clinical outcome and extent of osseous bridging between computed tomography assessment in isolated hindfoot and ankle fusions. *Foot Ankle Int* 2013;34:1612-8.
116. Holt ES, Hansen ST, Mayo KA, Sangeorzan BJ. Ankle arthrodesis using internal screw fixation. *Clin Orthop Relat Res* 1991;268:21-8.
117. Roberts L, Godoy-Santos AL, Hudson PW, Phillips S, Nishikawa DRC, Shah A, et al. Ankle fusion percutaneous home run screw fixation: Technical aspects and soft tissue structures at risk. *Foot (Edinb)* 2019;40:39-42.
118. Zwipp H, Rammelt S, Endres T, Heineck J. High union rates and function scores at midterm followup with ankle arthrodesis using a four screw technique. *Clin Orthop Relat Res* 2010;468:958-68.
119. Singh D, Parker L, Angel J. "The chisel test"--a useful operative, technique for determining adequate, compression during arthrodesis. *Foot Ankle Surg* 2011;17:315-6.
120. Clifford C, Berg S, McCann K, Hutchinson B. A biomechanical comparison of internal fixation techniques for ankle arthrodesis. *J Foot Ankle Surg* 2015;54:188-91.
121. Moeckel BH, Patterson BM, Inglis AE, Sculco TP. Ankle arthrodesis. A comparison of internal and external fixation. *Clin Orthop Relat Res* 1991;268:78-83.
122. Zarutsky E, Rush SM, Schuberth JM. The use of circular wire external fixation in the treatment of salvage ankle arthrodesis. *J Foot Ankle Surg* 2005;44:22-31.
123. Nihal A, Gellman RE, Embil JM, Trepman E. Ankle arthrodesis. *Foot Ankle Surg* 2008;14:1-10.
124. Nichols JA, Foreman KB, Barg A, Saltzman CL, Anderson AE. Ankle strength, muscle size, and adipose content following unilateral tibiotalar arthrodesis. *J Orthop Res* 2019;37:1143-52.
125. Mazur JM, Schwartz E, Simon SR. Ankle arthrodesis. Long-term follow-up with gait analysis. *J Bone Joint Surg Am* 1979;61:964-75.
126. Jackson A, Glasgow M. Tarsal hypermobility after ankle fusion--fact or fiction? *J Bone Joint Surg Br* 1979;61-B:470-3.
127. Morrey BF, Wiedeman GP Jr. Complications and long-term results of ankle arthrodeses following trauma. *J Bone Joint Surg Am* 1980;62:777-84.



128. Davis RJ, Millis MB. Ankle arthrodesis in the management of traumatic ankle arthrosis: a long-term retrospective study. *J Trauma* 1980;20:674-8.
129. Abdo RV, Wasilewski SA. Ankle arthrodesis: a long-term study. *Foot Ankle* 1992;13:307-12.
130. Coester LM, Saltzman CL, Leupold J, Pontarelli W. Long-term results following ankle arthrodesis for post-traumatic arthritis. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83:219-28.
131. Wynn AH, Wilde AH. Long-term follow-up of the Conaxial (Beck-Steffee) total ankle arthroplasty. *Foot Ankle* 1992;13:303-6.
132. Kitaoka HB, Patzer GL, Ilstrup DM, Wallrichs SL. Survivorship analysis of the Mayo total ankle arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 1994;76:974-9.
133. Hvid I, Rasmussen O, Jensen NC, Nielsen S. Trabecular bone strength profiles at the ankle joint. *Clin Orthop Relat Res* 1985;199:306-12.
134. Kofoed H, Sørensen TS. Ankle arthroplasty for rheumatoid arthritis and osteoarthritis: prospective long-term study of cemented replacements. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80:328-32.
135. Kofoed H. Scandinavian Total Ankle Replacement (STAR). *Clin Orthop Relat Res* 2004;424:73-9.
136. Deland JT, Morris GD, Sung IH. Biomechanics of the ankle joint. A perspective on total ankle replacement. *Foot Ankle Clin* 2000;5:747-59.
137. Siegler S, Chen J, Schneck CD. The three-dimensional kinematics and flexibility characteristics of the human ankle and subtalar joints--Part I: Kinematics. *J Biomech Eng* 1988;110:364-73.
138. Lundberg A, Svensson OK, Bylund C, Selvik G. Kinematics of the ankle/foot complex--Part 3: Influence of leg rotation. *Foot Ankle* 1989;9:304-9.
139. Cody EA, Scott DJ, Easley ME. Total Ankle Arthroplasty: A Critical Analysis Review. *JBJS Rev* 2018;6:e8.
140. Gross CE, Lampley A, Green CL, DeOrio JK, Easley M, Adams S, et al. The Effect of Obesity on Functional Outcomes and Complications in Total Ankle Arthroplasty. *Foot Ankle Int* 2016;37:137-41.
141. Bouchard M, Amin A, Pinsker E, Khan R, Deda E, Daniels TR. The impact of obesity on the outcome of total ankle replacement. *J Bone Joint Surg Am* 2015;97:904-10.
142. Barg A, Knupp M, Anderson AE, Hintermann B. Total ankle replacement in obese patients: component stability, weight change, and functional outcome in 118 consecutive patients. *Foot Ankle Int* 2011;32:925-32.
143. Hanselman AE, Powell BD, Santrock RD. Total ankle arthroplasty with severe preoperative

varus deformity. *Orthopedics* 2015;38:e343-6.

144. Sung KS, Ahn J, Lee KH, Chun TH. Short-term results of total ankle arthroplasty for end-stage ankle arthritis with severe varus deformity. *Foot Ankle Int* 2014;35:225-31.
145. Queen RM, Adams SB Jr, Viens NA, Friend JK, Easley ME, Deorio JK, et al. Differences in outcomes following total ankle replacement in patients with neutral alignment compared with tibiotalar joint malalignment. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:1927-34.
146. Zaidi R, Cro S, Gurusamy K, Siva N, Macgregor A, Henricson A, et al. The outcome of total ankle replacement: a systematic review and meta-analysis. *Bone Joint J* 2013;95-B:1500-7.
147. Shane A, Sahli H. Total Ankle Replacement Options. *Clin Podiatr Med Surg* 2019;36:597-607.
148. Barg A, Zwicky L, Knupp M, Henninger HB, Hintermann B. HINTEGRA total ankle replacement: survivorship analysis in 684 patients. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:1175-83.
149. Singer S, Klejman S, Pinsker E, Houck J, Daniels T. Ankle arthroplasty and ankle arthrodesis: gait analysis compared with normal controls. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:e191(1-10).
150. Queen RM, Sparling TL, Butler RJ, Adams SB Jr, DeOrio JK, Easley ME, et al. Patient-Reported Outcomes, Function, and Gait Mechanics After Fixed and Mobile-Bearing Total Ankle Replacement. *J Bone Joint Surg Am* 2014;96:987-93.