

**ESTUDIO POR
RESONANCIA
MAGNÉTICA DE LOS
ESTABILIZADORES DEL
ARCO PLANTAR DEL PIE Y
DE LA DEFORMIDAD EN
PIE PLANO ADQUIRIDA
DEL ADULTO (PPAA)**

M^a del Mar Castellano García, Pedro Pardo Moreno, José
Pozo Sánchez, Luis Guzmán Álvarez, Fernando Ruiz
Santiago, Alberto Martínez Martínez

HOSPITAL UNIVERSITARIO VIRGEN DE LAS NIEVES
(GRANADA)

marcasteg@hotmail.com

1.OBJETIVOS DOCENTES

1. Revisar la anatomía de los componentes estabilizadores del arco plantar longitudinal del pie.
2. Describir los hallazgos en RM en las lesiones de dichos elementos estabilizadores.
3. Evaluar y estadificar mediante los hallazgos RM la deformidad en Pie Plano Adquirida del Adulto (PPAA).

2.REVISIÓN DEL TEMA

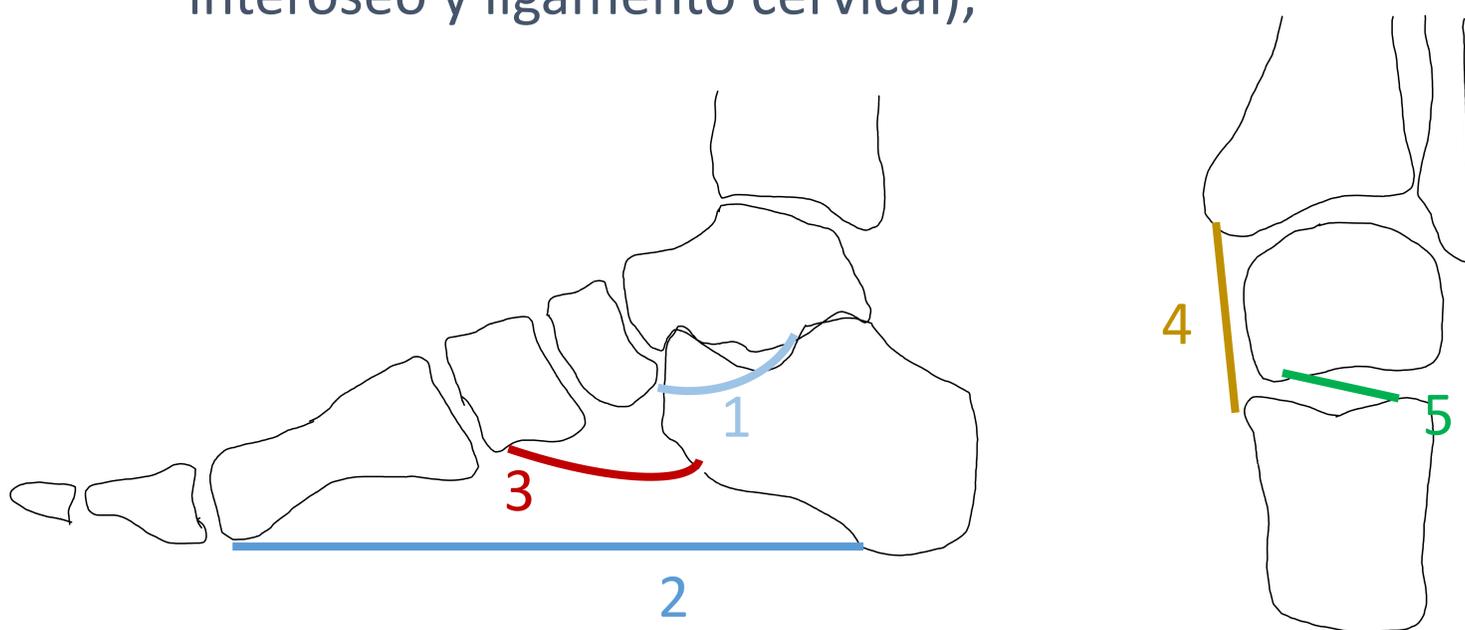
ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. EL ARCO PLANTAR. ANATOMIA Y BIOMECANICA
2. PARTICIPACION DE LOS ESTABILIZADORES DURANTE LA FASE DE APOYO DE LA MARCHA
3. ETIOLOGIA DEL PPAA
4. EVALUACION CLINICA DEL PPAA
5. ESTADIOS DE LA ENFERMEDAD
6. EVALUACION RADIOLOGICA
7. HALLAZGOS RM

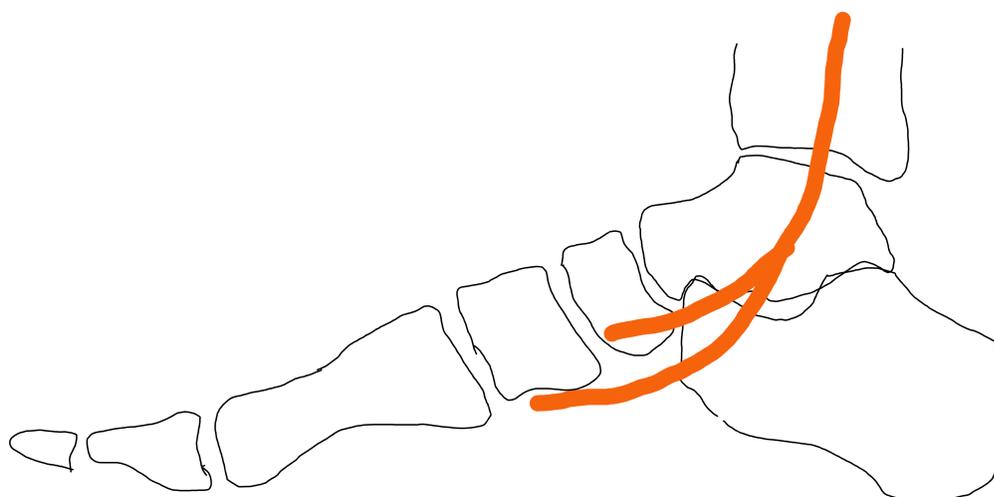
1. Anatomía y biomecánica del arco plantar

ELEMENTOS ESTABILIZADORES DEL ARCO LONGITUDINAL DEL PIE

- **EL ARCO PLANTAR:** conjunto arquitectónico formado por elementos óseos musculares y ligamentosos del pie.
- **ESTABILIZADORES ESTÁTICOS:**
 1. *El complejo del ligamento SPRING*
 2. *Fascia plantar*
 3. *Ligamentos plantares longitudinales corto y largo*
 4. *Ligamento deltoideo (componentes superficiales y anteriores)*
 5. *Ligamentos del seno del tarso (ligamento talocalcáneo interóseo y ligamento cervical),*



- **ESTABILIZADOR DINÁMICO:** *Tendón Tibial Posterior (TTP)* restringe la abducción del mediopié por contracción excéntrica durante la fase propulsiva de la marcha



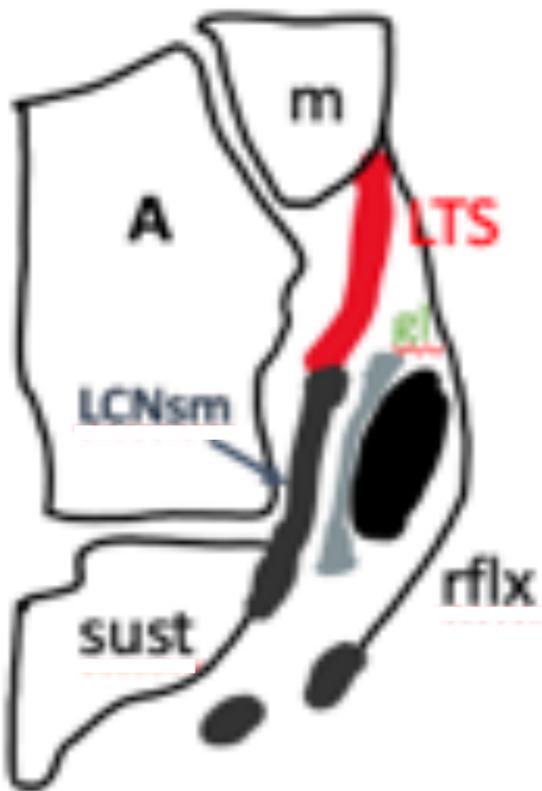
ESTABILIZADOR ESTÁTICO

Ligamento de Spring (calcáneoonavicular)

Ligamento en resorte o hamaca: (SPRING: RESORTE)

FASCICULOS

- **Ligamento calcáneoonavicular superomedial (LCNsm):** es la parte más amplia y clínicamente más importante del complejo
 - grosor medio de 3.2 mm (rango: 2-5 mm)
- **Ligamento calcáneoonavicular oblicuo medioplantar (LCNmpo)**
 - grosor medio de 2.8 mm (rango: 1-5 mm)
- **Ligamento calcáneoonavicular inferoplantar longitudinal (LCNipl)**
 - grosor medio de 4 mm (2-6 mm)



m: maléolo tibial
A: astrágalo
sust: sustentáculo del calcáneo
LTS: ligamento tibiospring
rflx: retináculo flexor
gl: capa deslizante

TTP: tendón tibial posterior
C: calcáneo
LTN: ligamento tibionavicular
LCNsm: lig calcáneoonavicular superomedial
LCNmpo: Lig calcáneoonavicular medioplantar oblicuo →
LCNipl: lig calcáneoonavicular inferoplantar longitudinal →

LCNsm: plano transversal o coronal. intensidad de señal típica de este ligamento es intermedia en las T1 y baja en las imágenes ponderadas en T2.

LCNmpo: se ve mejor en el plano oblicuo transversal. Muestra un aspecto estriado

LCNipl: muestra señal intermedia en T1 y señal intermedia - baja en T2 .

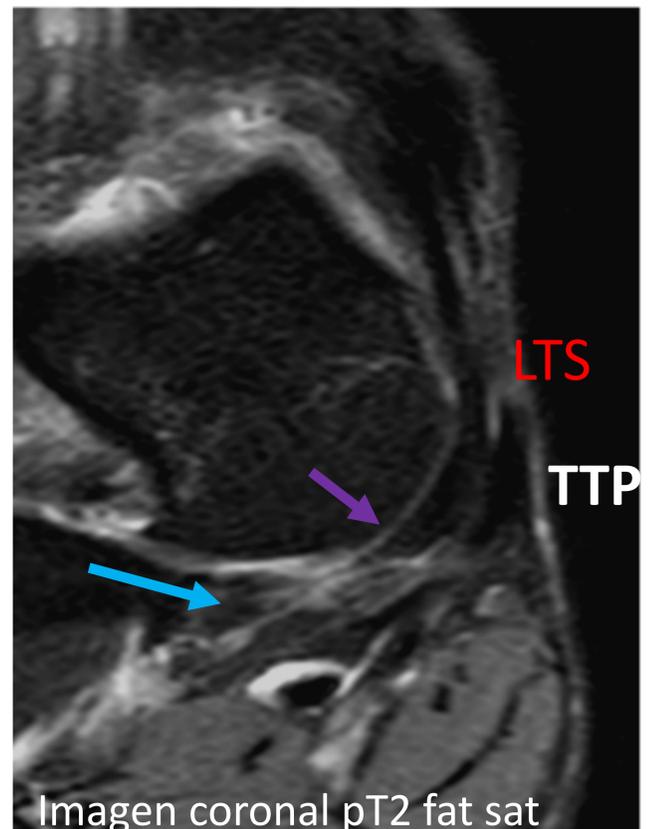
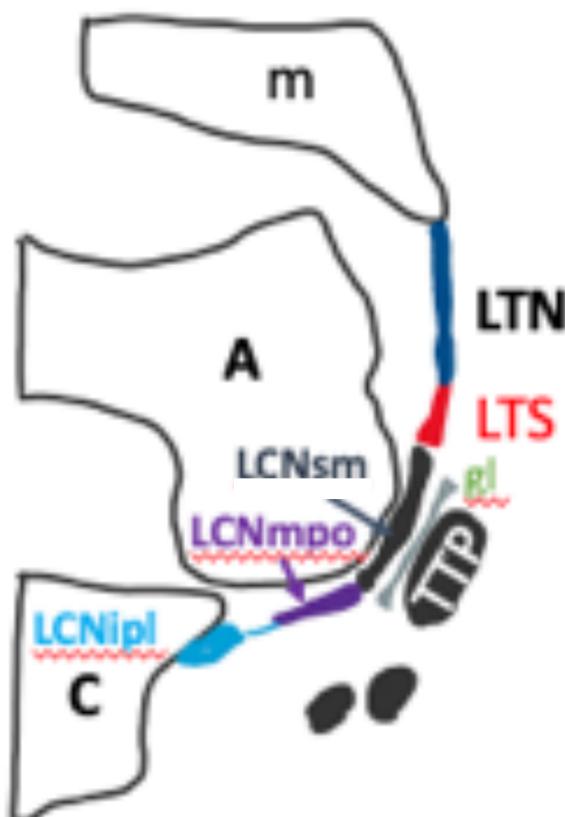


Imagen coronal pT2 fat sat

ESTABILIZADOR DINÁMICO

Tendón Tibial Posterior (TTP)

- **Porción distal del PTT** : muestra agrandamiento a la altura del LCNsm y aumento de la señal intratendinosa en T1 en sujetos asintomáticos (debido a presencia de fibrocartílago intratendinoso o por efecto de ángulo mágico).



- Proximal a la tuberosidad, se divide en **tres componentes**:
 - **Componente más grande y anterior**: inserción amplia en la tuberosidad navicular y la superficie medioinferior de la primera cuña
 - **Componente medio**: segundo y tercer cuneiforme, el cuboide y la base del segundo, tercer, cuarto y quinto metatarsiano.
 - **Tercer componente**: cara anterior del sustentaculum tali.



Las lesiones en estos estabilizadores dan como resultado una **deformidad del pie plano o pie plano valgo** y la mayoría de las veces es causada por la disfunción del TTP

Zona de intersección del ligamento calcaneonavicular superomedial (LCNsm) y el tendón tibial posterior (TTP)

- El TTP distal está separado del LCNsm por una capa deslizante de tejido conectivo laxo: **Capa de deslizamiento (3mm)**
- En las imágenes de RM es difícil diferenciar el TTP, la capa de deslizamiento y el LCNsm
- **¡PRECAUCIÓN EN LA DESCRIPCIÓN DEL LCNsm ENGROSADO!**



Imagen axial pT1

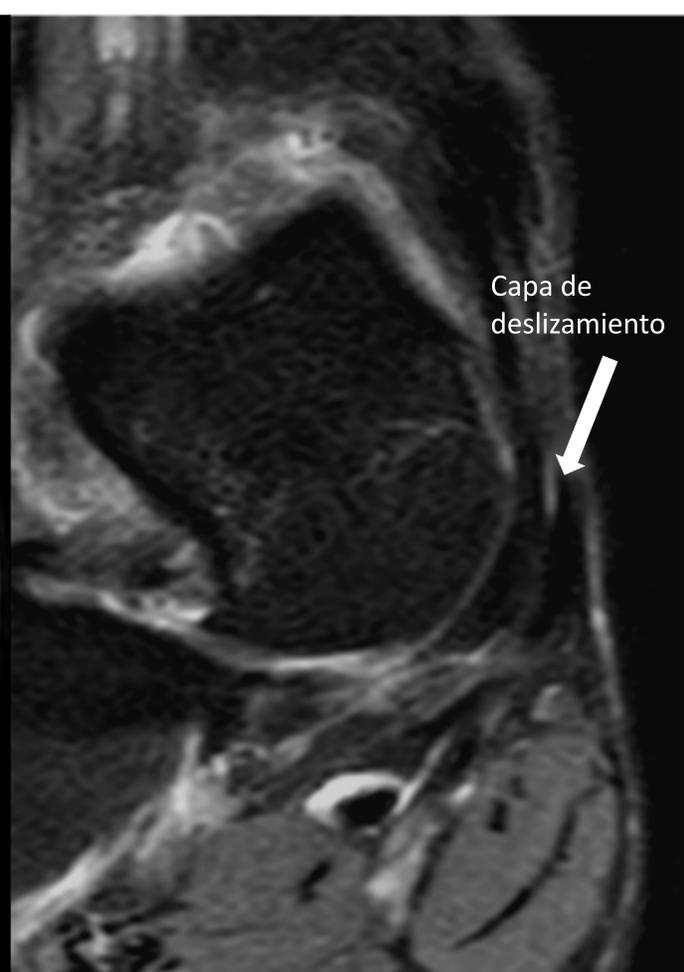
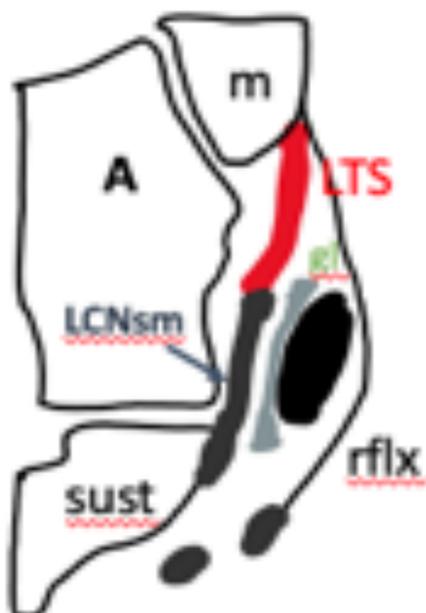
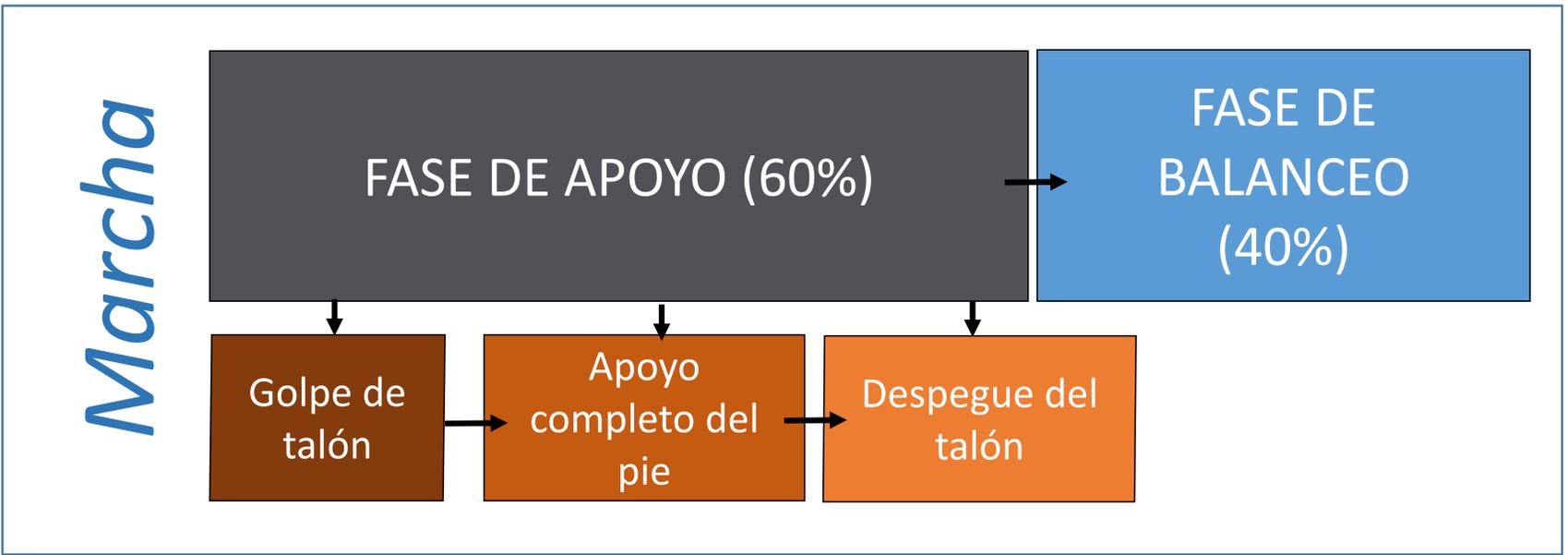


Imagen coronal pT2 fat sat

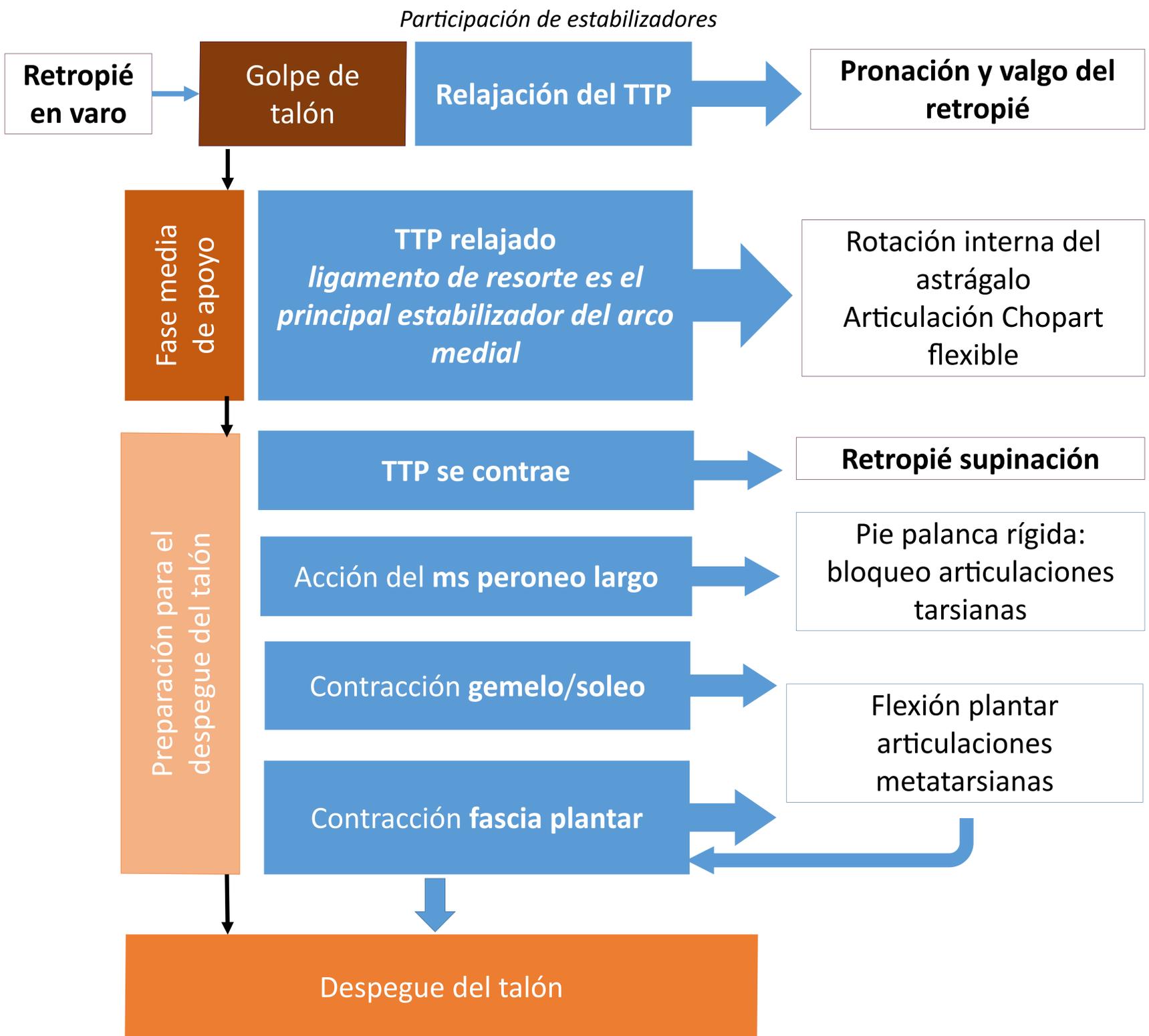


Entre el LCNsm y el TTP, el tejido conectivo laxo proporciona una capa de deslizamiento con un grosor de hasta 3 mm (gl). Este tejido está estrechamente conectado al LCNsm y, por lo tanto, puede imitar un ligamento engrosado

2. Participación de los estabilizadores durante la fase de apoyo de la marcha



Las fases principales de la marcha son la fase de apoyo (60%) y el balanceo (40%). La fase de apoyo incluye el golpe del talón, apoyo completo del pie y la elevación del talón y la puntera.



- Los pacientes con disfunción PTT no logran supinar el retropié y no obtienen una palanca rígida antes de que se levante el talón.
- El complejo gemelo-soleo contraído actúa a través de la articulación talonavicular en lugar de a través de las articulaciones metatarsianas.
- Este estrés crónico debilita las estructuras de tejidos blandos posteromediales, incluido el complejo del ligamento Spring, exacerbando la deformidad del pie plano.

Aunque la causa más común de pie plano en el adulto es la disfunción del TTP, las otras estructuras estabilizadoras estáticas del arco plantar también pueden estar involucrados.

3. Etiología del PPAA

INESTABILIDAD PERITALAR: deficiencia combinada de al menos uno de los mecanismos estabilizadores:

1. PERDIDA ESTABILIDAD ACTIVA (alteración del TTP):

- **Tendinopatía y rotura crónica: detrás del maléolo:** mujeres de edad media y con sobrepeso. Otras causas: hipertensión, gota, LES, AR, Sd de Reiter, alteraciones congénitas: escafoides accesorio o cornicular, o pie plano congénito
- **Tenosinovitis y rotura aguda: cerca de la inserción:** deportistas jóvenes

2. PÉRDIDA ESTABILIDAD PASIVA (fallo ligamentoso):

- Ligamento Spring: mujeres edad media resultado de degeneración crónica

3. PÉRDIDA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL INTRÍNSECA: articulaciones subastragalina y calcáneoescafoidea:

- Causa congénita (coalición tarsiana)
- Causas adquiridas (artropatía inflamatoria, artritis infecciosa, artropatía neuropática, traumática, yatrogénica o artrodésica). Pueden ser causa de pie plano, generalmente asociadas a la incompetencia de los otros estabilizadores del arco plantar

4. Evaluación clínica del PPAA

PIE PLANO ADQUIRIDO DEL ADULTO: valgo del retropié con aplanamiento del arco longitudinal medial y disfunción de los tejidos blandos posteromediales, incluido el tendón tibial posterior

Síntomas según la etapa de la enfermedad:

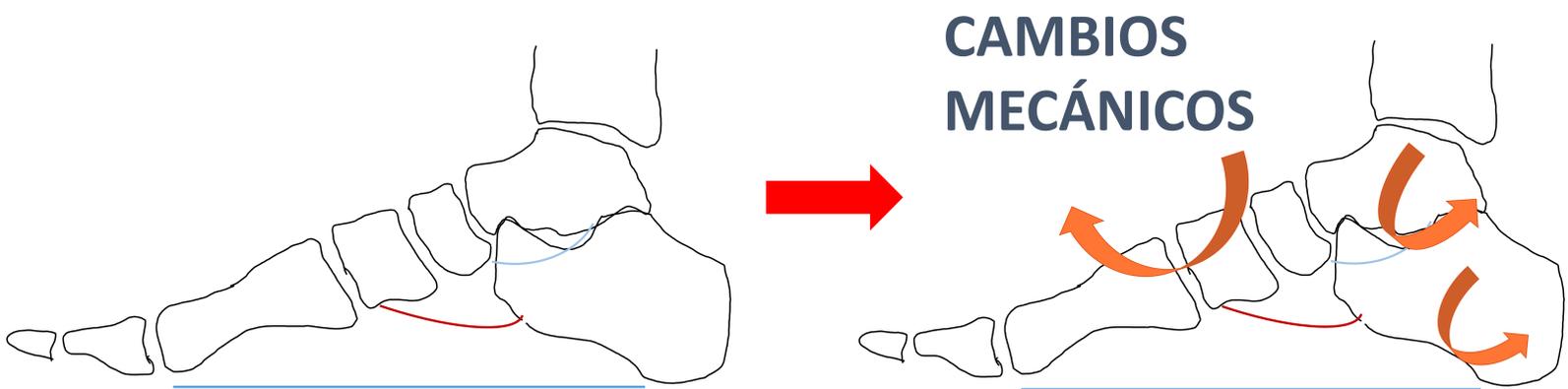
1º dolor e hinchazón medial sobre el TTP.

2º deformidad del retropié: dolor lateral y espasmo muscular peroneo.

Exploración clínica: evaluación de la **marcha** que (mayor ángulo de marcha, supinación del pie retrasada o ausente, o disminución de la propulsión).

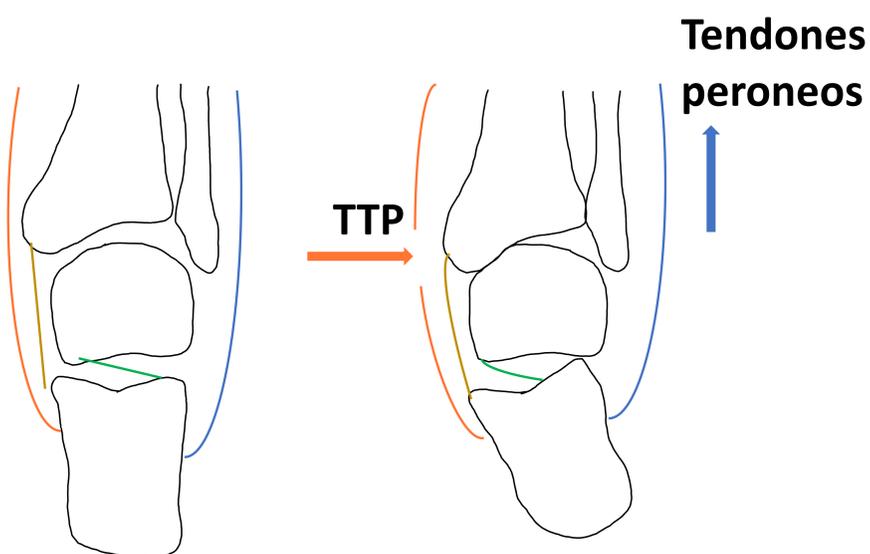
Inspección del pie: revelará una o más de las siguientes características:

- **Colapso del arco longitudinal medial**



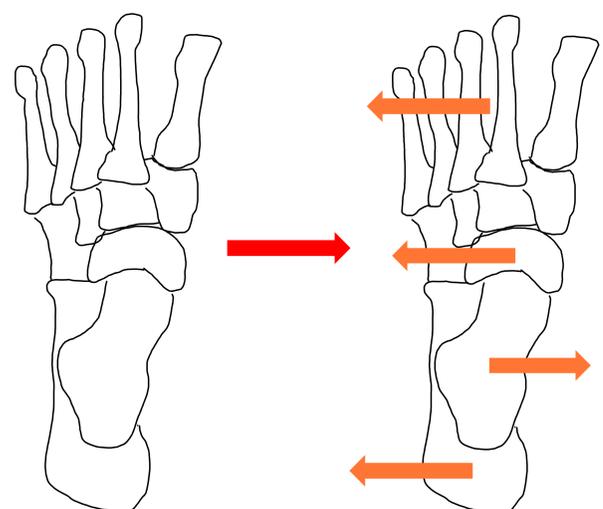
Flexión plantar del astrágalo y el calcáneo. Flexión dorsal del navicular, cuneiforme y metatarsianos

- **Eversión del calcáneo. Valgo del retropié:**



CAMBIOS MECÁNICOS

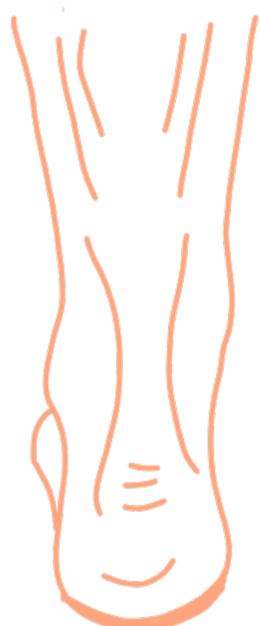
- **Abducción del antepié y navicular**



Aducción del astrágalo

- Signo “demasiados dedos”:

Pie Normal



Pie Plano



Signo “Demasiados Dedos”

Pronación generada por la caída de los huesos del retropié.

Descrito por Kenneth A. Johnson: colocando al paciente de espaldas, en bipedestación y con las piernas juntas, observaremos cómo la pronación del pie afectado hace que se vean más dedos por el lado externo que en el pie sano contralateral.

Existen una serie de maniobras y test clínicos para evaluar el pie plano y distinguir el pie plano flexible del pie plano rígido:

DIFERENCIACION PIE PLANO FLEXIBLE/ PIE PLANO RÍGIDO

- **Test de puntillas:** Cuando el paciente se coloca de puntillas se produce una elevación del arco interno, y además se corrige la desviación hacia afuera del talón. Esto ocurre en el pie plano flexible y no así en el rígido.
- **Test de puntillas unipodal:** evalúa la fuerza muscular y la función del tendón (TTP).
- **Jack test:** Consiste en extender el dedo gordo del pie. En un pie plano flexible esta maniobra hace aparecer el arco longitudinal interno.

5. Estadios de la enfermedad

ETAPAS CLINICAS: *Johnson y Strom* describieron las etapas clínicas de la disfunción del tendón tibial posterior e introdujeron un sistema de estadificación:

	Estadio I	Estadio II	Estadio III	Estadio 4 (Myerson)
Tendón tibial posterior	Tenosinovitis, degeneración o ambas	Elongación y degeneración	Elongación y degeneración	Elongación y degeneración
Deformidad	Ausente	Flexible y reducible Pie plano valgo con retropié equino	Flexible no reducible Pie plano valgo	Flexible no reducible Pie plano valgo
Dolor	Medial	Medial, Lateral o combinado	Medial, Lateral o combinado	Medial, Lateral o combinado
Test de puntillas unipodal	Debilidad leve con inversión del retropié	Marcada debilidad con inversión débil o ausente del retropié	Incapacidad ponerse de puntillas. Inversión del retropié ausente	Incapacidad ponerse de puntillas. Inversión del retropié ausente
Signo “demasiados dedos”	Ausente	Presente	Presente	Presente
Deformidad en valgo y artritis de tobillo	No	No	No	Presente

Johnson y Strom 1989

CLASIFICACION RAM

Nueva clasificación. Mantiene la estructura general (grados 1-4) y el papel central del TTP en el desarrollo de la deformidad, pero se añaden subclasificaciones. Analiza la deformidad del PPA en tres niveles: retropié, tobillo y mediopié (**RAM**). La progresión de la deformidad no es un proceso lineal y puede afectar a diferentes zonas (retropié, tobillo y mediopié) en diversas formas y grados en cada paciente. Cada nivel de la deformidad se evalúa y se clasifica independientemente, tanto clínica como radiológicamente, permitiendo realizar un plan de tratamiento específico.

	Retropié (R)	Tobillo (A: Ankle)	Mediopié (M)
Ia	Tenosinovitis del TTP	Alineación neutral	Alineación neutral
Ib	Tendinosis del TTP	Valgo leve (<5°)	Leve supinación flexible del mediopié
Ila	Tendinosis del TTP+ distensión lig Spring < 40% TNU* <30° Ángulo Meary *	Valgo con insuficiencia del deltoideo No artritis	Supinación del mediopie sin inestabilidad radiológica
Ilb	Tendinosis del TTP+ distensión lig Spring + afectación seno tarso >40% TNU* >30° Ángulo Meary*	Valgo con insuficiencia del deltoideo y con artritis tibiotalar	Supinación del mediopié con inestabilidad
IIla	Artrosis astragaloescafoidea/subastragalina < 40% TNU* <30° Ángulo Meary*	Valgo secundario con afectación del compartimento externo Deltoideo normal	Cambios artrosicos aislados del mediopie en la columna medial
IIlb	Artrosis astragaloescafoidea/subastragalina >40% TNU* >30° Ángulo Meary*	Valgo secundario con afectación del compartimento externo Deltoideo insuficiente	Cambios artrosicos del mediopie en la columna medial y lateral
TTP /LIG SPRING/ ART SUBASTRAGALINAS		LIGAMENTO DELTOIDEO	ART TMT y ESCAFOCUNEANA

* Mediciones en radiología simple (a continuación: apartado 6)

6. Evaluación radiológica del PPAA

RADIOGRAFÍA SIMPLE:

PROYECCIÓN LATERAL

Ángulo talar-primer metatarsiano (Meary's angle) :

Ángulo formado entre el eje longitudinal del astrágalo (determinado por una línea a través del punto medio entre la superficie superior e inferior del cuerpo y cuello del astrágalo) y el eje del primer metatarsiano, siendo su valor normal menor a 10°

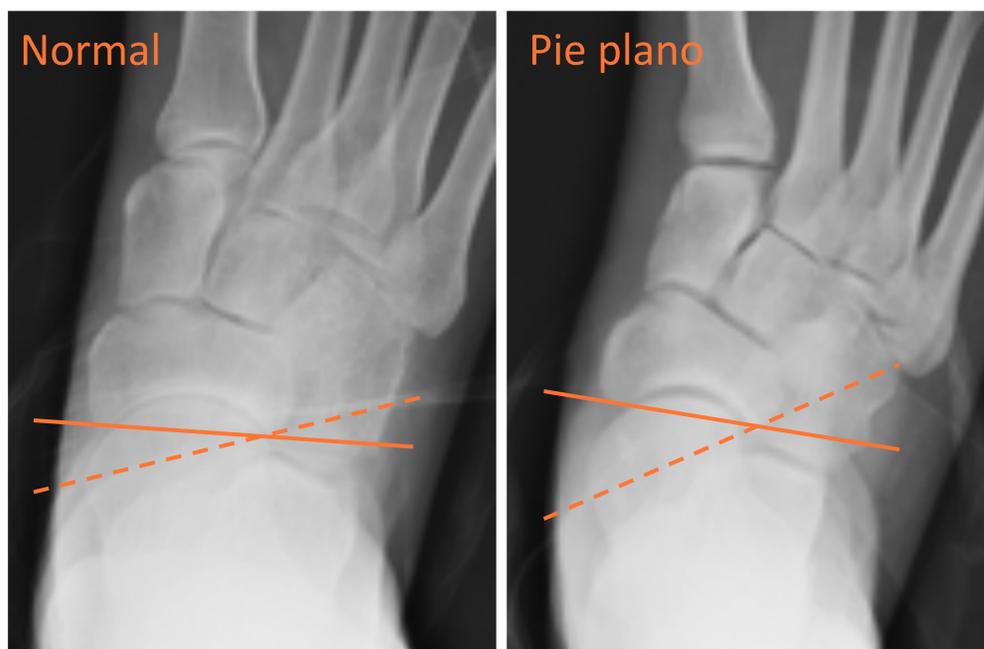
>10° Pie plano
15-30° Moderado
30° Severo



PROYECCIÓN DORSOLATERAL

Ángulo de infracobertura astragaloescafoidea:

Mide la superficie articular no cubierta de la cabeza del astrágalo, o subluxación medial del astrágalo. Es el ángulo entre los márgenes mediales y laterales de las superficies articulares del astrágalo y el escafoides, siendo normal un valor menor a 26°.



>26° Pie plano

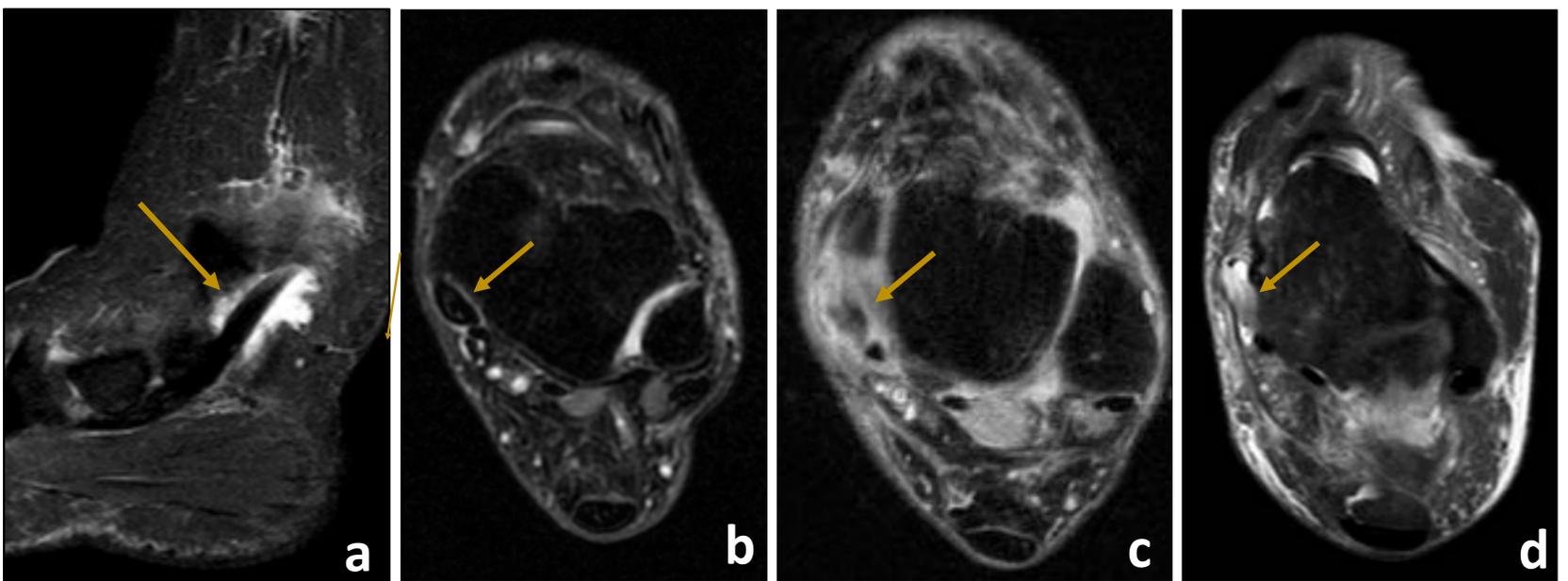
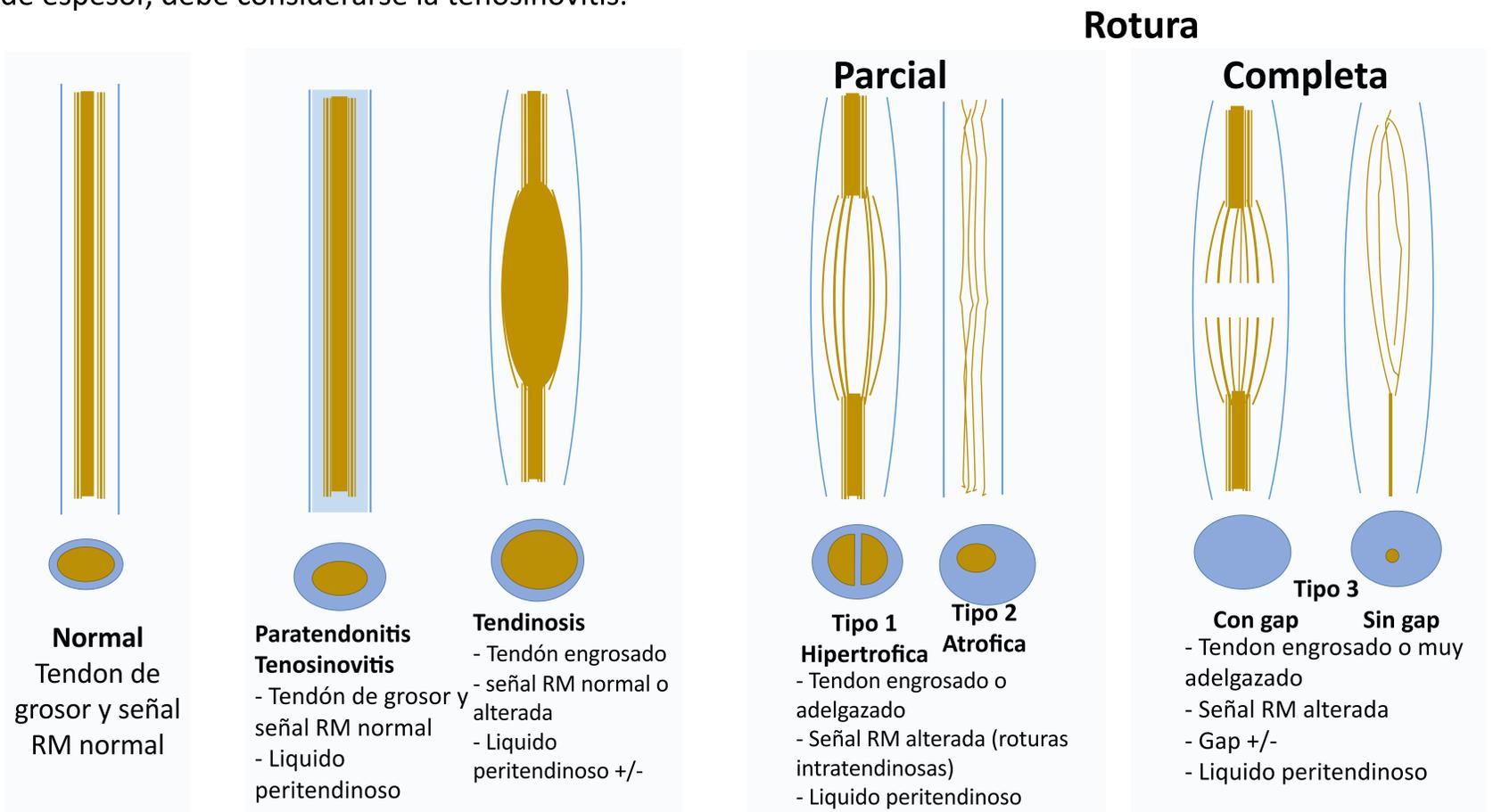
7. Evaluación radiológica del PPAA

PRIMARIOS:
ALTERACIONES DEL TTP

SECUNDARIOS:
LIGAMENTO DE SPRING
LIGAMENTO DELTOIDEO
ALTERACION SENO DEL TARSO
ALTERACION FASCIA PLANTAR
IMPIGEMENT LATERAL

PRIMARIOS: ALTERACIONES TTP

El espectro de anomalías TTP se puede dividir en tenosinovitis, tendinosis con degeneración leve a severa, desgarro parcial y desgarro completo. La etapa I de la disfunción PTT se caracteriza por tenosinovitis. En esta etapa, el PTT es normal o solo ligeramente degenerado. Una cantidad mínima de fluido no circunferencial alrededor del tendón es un hallazgo normal, mientras que cuando es circunferencial y > 2 mm de espesor, debe considerarse la tenosinovitis.



Tenosinovitis
 Tendinosis
 Rotura parcial
 Rotura completa

a. Secuencia sagital potenciada en STIR. b, c y d: secuencias axiales potenciadas en DP fat sat

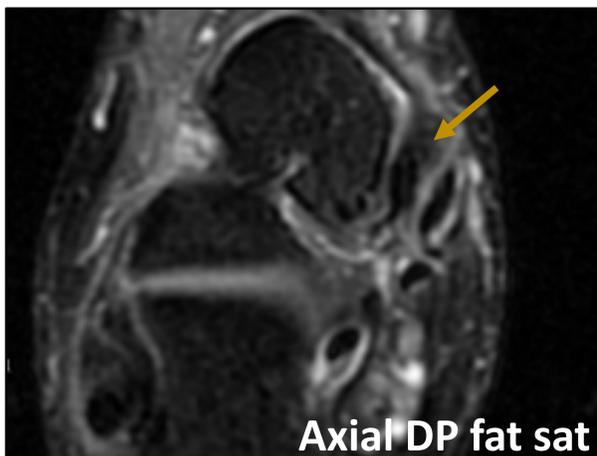
La resonancia magnética demuestra una sensibilidad del 95%, una especificidad del 100% y una precisión del 96% en la identificación de trastornos del tendón

**SECUNDARIOS:
ALTERACIONES
LIGAMENTO SPRING**

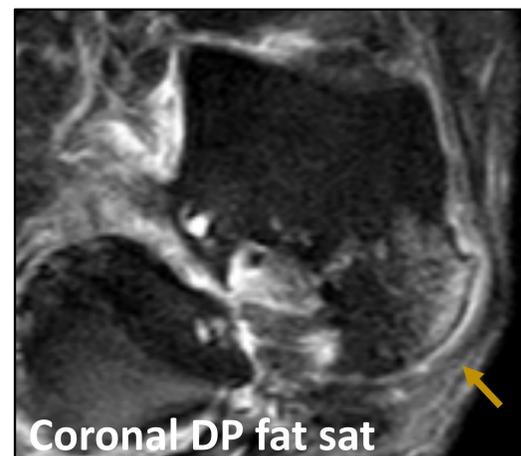
Criterios lesion ligamentosa:

- Engrosamiento > 5mm
- Adelgazamiento < 2mm
- Señal heterogenea (T2 ↑)
- Gap

La parte clínicamente más importante es la CNL superomedial. este es el único de los tres ligamentos que se explora durante la cirugía



Axial DP fat sat



Coronal DP fat sat



Coronal T1



Sagittal STIR

LIGAMENTO DELTOIDEO



Coronal T1



Coronal DP fat sat

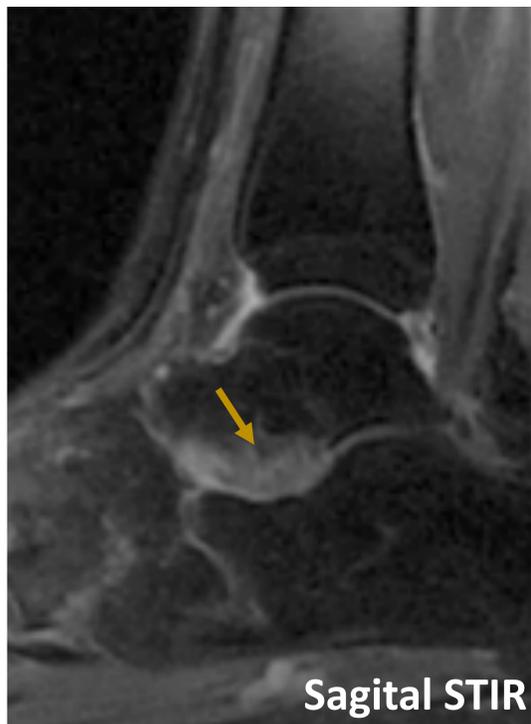
Evaluación de las capas del complejo del ligamento deltoideo:

- Capa superficial: TNL, TSL y TCL
- Capa profunda: pTTL

Criterios para el ligamento anormal:

- Grado 1: señal ponderada en T1 o pérdida de estriación, forma normal
- Grado 2 (rotura parcial): señal ponderada en T2 y / o engrosamiento / adelgazamiento
- Grado 3 (rotura completa): discontinuidad / brecha

SINDROME DEL SENO DEL TARSO



Sagittal STIR

El hallazgo es el reemplazamiento de la grasa del seno del tarso que rodea los ligamentos lesionados. El tejido anormal muestra baja intensidad de señal T1 y alta intensidad de señal T2, aunque si existen cambios fibróticos, puede ser de baja señal en T1 y T2.

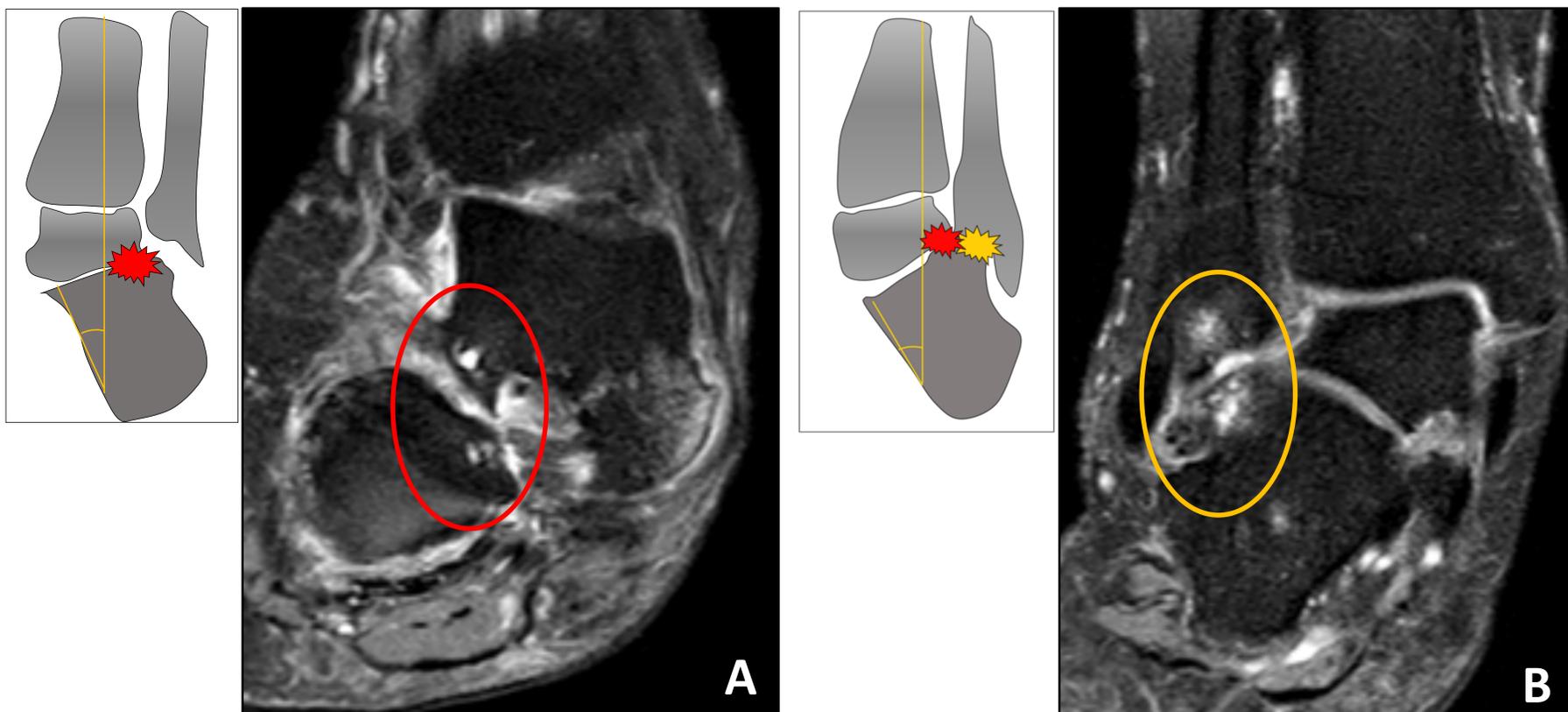
FASCITIS PLANTAR



Sagittal STIR

engrosamiento y alteración de señal RM de la fascia y de los tejidos blandos adyacentes.

IMPIGEMENT LATERAL



Angulo del valgo del retropié normal (<math><6^\circ</math>) sin pinzamiento lateral.
 El ángulo de valgo del retropié se mide en la intersección de la línea a lo largo de la pared del calcáneo medial y la línea paralela al eje longitudinal de la tibia.
A, con el valgo progresivo en la parte posterior del pie, se produce contacto anormal entre el astrágalo lateral y el calcáneo (rojo) y produce un pinzamiento talocalcáneo.
B, el contacto anormal subsiguiente entre el astrágalo lateral y el calcáneo (rojo) y el contacto anormal entre el calcáneo y el peroné (naranja) se desarrollan posteriormente y producen un pinzamiento talocalcáneo y subfibular combinado

La siguiente tabla resume los distintos estadios de PPAA con los hallazgos de RM y su tratamiento:

Estadio		PPAA I	PPAA II	PPAAIII	PPAA IV
Clinica		Dolor medial Debilidad leve	Flexible Pie plano valgo	Flexible Pie plano valgo	PPAA III+Valgo tibiotalar - IVA: No osteoartritis - IVB: Osteoartritis
RM	TTP	Tenosinovitis Tendón normal o tendinopatía leve	Tenosinovitis Tendinopatía severa Lesión alto grado	Tenosinovitis Tendinopatía severa Lesión alto grado	Tenosinovitis Tendinopatía severa Lesión alto grado
	Spring (sm)	Intacto	Anormal	Anormal	Anormal
	Deltoideo	Intacto	Intacto	Lesión LTS	Lesión crónica capa superficial y profunda
	Hallazgos asociados		Síndrome seno tarso Fascitis plantar	Síndrome seno tarso Fascitis plantar Posible impigement lateral Osteoartritis subtalar	Osteoartritis Impigement lateral
Tratamiento		Conservador	Cirugía: Partes blandas: - TTP, Spring Huesos: - Alargamiento Columna lateral	Cirugía: - Artrodesis - Alargamiento columna lateral	Cirugía : - reconstrucción LCM - Artrodesis triple - Artrodesis Tibiotalar - Artroplastia

• EN RESUMEN...

Checklist para la lectura de pacientes con PPAA

Tendón tibial posterior

- ¿Tenosinovitis?
- ¿Tendinopatía?
- ¿Rotura?

Lesión del complejo del ligamento Spring

- Alteración de la señal T2
- Espesor.: >5mm/ <2mm
- Gap

Lesión del complejo del ligamento deltoideo

PPAA II:

- Ligamento TS distal
- Unión LTS-Lspring superomedial

PPAA III:

- Lesión crónica de la capa superficial
- Lesión crónica de la capa profunda

Impingement lateral

Osteoartritis

- Tobillo
- Articulaciones subtalares

Síndrome del seno del tarso

Fascitis plantar

3. CONCLUSIONES

- Las causas de pie plano son múltiples, siendo la historia clínica y la exploración física detallada claves para llegar al diagnóstico.
- El radiólogo debe estar familiarizado con la fisiopatología del pie plano, la anatomía RM y los hallazgos de imágenes de RM en lesiones crónicas del TTP, el ligamento SPRING y el complejo LCM para escribir un informe clínicamente útil que permita la estadificación y el tratamiento individualizado

BIBLIOGRAFÍA

1. Arguelles C. et al. Treatment of adult acquired flatfoot stage II: a literature review . *Rev. S. And. Traum. y Ort.*, 2015; 33 (2/2): 41-52
2. Mengiardi B. et al. Spring Ligament Complex and Posterior Tibial Tendon: MR Anatomy and Findings in Acquired Adult Flatfoot Deformity. *Semin Musculoskelet Radiol* 2016;20:104–115.
3. Nelson A. Current Concepts in the Management of Adult-Acquired Flatfoot Deformity. *The Northern Ohio Foot and Ankle Journal* 2016; 3 (1): 1
4. Mengiardi B. et al. Anterior Tibial Tendon Abnormalities: MR Imaging Findings. *Radiology* 2005;235:977–984
5. Donovan A, Rosenberg ZS. Extraarticular lateral hindfoot impingement with posterior tibial tendon tear: MRI correlation. *AJR* 2009; 193:672–678
6. Donovan A. et al. MRI of Ankle and Lateral Hindfoot Impingement Syndromes. *AJR* 2010; 195:595–604
7. Rosenberg et al. MR Imaging of the ankle and foot. *RadioGraphics* 2000; 20(1)153–S179
8. Theodorou et al. Disorders of the Plantar Aponeurosis: A Spectrum of MR Imaging Findings. *AJR* 2001;176:97–104
9. Tuite MJ. MR Imaging of the Tendons of the Foot and Ankle. *Semin Musculoskelet Radiol*, Volume 6, Number 2, 2002:119-131
10. Hidalgo, L. H., Arranz, J. C., Rodríguez, M. R., De La Pena, M. J., Alonso, R. C., Moreno, E. Á., & de Vega Fernández, V. M. Disfunción del tendón tibial posterior: ¿ qué otras estructuras están implicadas en el desarrollo del pie plano adquirido del adulto?. *Radiología* 2014; 56(3): 247-256.
11. Recondo JA, *Resonancia magnética en el tobillo-pie*. Ed. Díaz de Santos 2001.
12. Martínez M. et al. *Pie Plano: La Aportación del Radiólogo*. SERAM 2016
13. Berrocal M. et al. *Imagen de la función y disfunción tibial posterior: un enfoque multimodal*. SERAM 10.1594/seram2012/S-0862