Turf toe: estudio por imágenes y evaluación dinámica por ultrasonido

Turf toe: Image study and dynamic evaluation by ultrasound

Edith Miranda-Viorklumds*, Sara Muñoz-Chiamil, Claudia Astudillo-Abarca, Freddy Escobar-Leal, Esteban Giannini-Jara, Gonzalo Bastías-Bedoya, Natalio Cuchacovic-Mikenberg y Jorge Filippi-Nussbaum

Servicio de Radiología, Diagnóstico por Imágenes, Clínica Las Condes, Santiago, Chile

Resumen

Turf toe es un término usado para describir una variedad de lesiones del complejo cápsulo-ligamentario sesamoideo plantar del hallux, que ocurren por un mecanismo de dorsiflexión forzada del antepié asociado al uso de superficies de césped artificial en algunos deportes. Es una patología que, si no es diagnosticada y tratada en forma apropiada, determina dolor crónico y alteraciones de la movilidad de gran relevancia para los deportistas profesionales. El estudio imagenológico incluye principalmente la radiografía simple, la fluoroscopia y la resonancia magnética. Se revisa la literatura existente y se propone, para los pacientes con sospecha de turf toe, un estudio dinámico con ultrasonido como complemento o reemplazo de la fluoroscopia, que además permite visualizar las estructuras anatómicas involucradas, tanto óseas como de tejidos blandos, y sus características durante las maniobras dinámicas. El adecuado diagnóstico y la graduación de la lesión del complejo cápsulo-ligamentario sesamoideo plantar del hallux son esenciales para su tratamiento, y con ello disminuir las complicaciones a largo plazo y acelerar la recuperación del deportista.

Palabras clave: Turf toe. Lesión de placa plantar. Ligamento sesamoideofalángico. Sesamoiditis.

Abstract

"Turf toe" is a term used to describe a variety of lesions of the hallux plantar sesamoid ligament capsule complex, which occur due to a forced dorsiflexion mechanism of the foot associated with the introduction of the use of artificial turf surfaces in some sports. It corresponds to a pathology that, if not properly diagnosed and treated, determines chronic pain and mobility alterations of great relevance for professional athletes. Currently the imaging study mainly includes plain radiography, fluoroscopy and magnetic resonance imaging. The existing literature is reviewed and a dynamic study with ultrasound is proposed as a complement or replacement of fluoroscopy for patients with suspected turf toe, which also allows visualizing the anatomical structures involved, both bone and soft tissue, and their characteristics during dynamic maneuvers. Proper diagnosis and grading of the lesion of the hallux plantar sesamoid ligament complex is essential for its treatment and thus, reduce long-term complications and accelerate the athlete's recovery.

Key words: Turf toe. Plantar plaque injury. Phalangeal sesamoid ligament. Sesamoiditis.

Introducción

El término *turf toe* fue acuñado en 1976 por Bowers y Martin¹, quienes describieron un patrón clásico de lesión relacionado con el deporte que involucraba a la

primera articulación metatarsofalángica del *hallux* en jugadores de fútbol americano que llevaban zapatos con suela flexible sobre césped artificial. Se consideraba una lesión poco común en ese entonces, pero en

Correspondencia:

*Edith Miranda-Viorklumds

E-mail: emiranda@clinalascondes.cl

Fecha de recepción: 27-08-2020

Fecha de aceptación: 13-08-2021

DOI: 10.24875/RCHRAD.M21000014

Disponible en internet: 03-12-2021

Rev Chil Radiol. 2021;27(4):181-194

www.resochradi.com

0717-9308 / © 2021 Sociedad Chilena de Radiología. Publicado por Permanyer. Éste es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

la actualidad es una causa frecuente de falta de movilidad, disminución del rendimiento deportivo y tiempo perdido de juego.

La definición de *turf toe* ha evolucionado, incluyendo ahora una descripción más detallada de las lesiones que abarcan las pequeñas estructuras que rodean a la primera articulación metatarsofalángica y que también se han descrito en otros deportes, como el fútbol, el tenis y el baloncesto²⁻⁴.

El *turf toe* abarca un amplio espectro de lesiones que comprometen la cápsula plantar, los músculos plantares y el complejo ligamentario sesamoideo-falángico de la primera articulación metatarsofalángica⁵. Incluye desde un esguince o elongación cápsulo-ligamentario parcial, pasando por una rotura parcial o completa del complejo cápsulo-ligamentario plantar, hasta una luxación dorsal⁵.

El mecanismo de lesión más común es una carga axial sobre un *hallux* posicionado en hiperdorsiflexión, lo cual ocurre en más del 80% de los casos⁶ y se produce frecuentemente en dos situaciones: primero, una barrida explosiva sobre otro jugador con un pie fijo en el suelo con el talón elevado, y segundo, un aterrizaje en el dorso del pie de otro jugador.

En cuanto a la prevalencia, si bien se ha observado en los últimos años una reducción debido a la evolución del calzado y a la aparición de distintas superficies de juego, sigue siendo importante. Se ha descrito que, en población universitaria, cada año cinco o seis jugadores por equipo tienen este tipo de lesión⁷, y en el fútbol americano profesional se ha reportado que el 50% de los jugadores de 80 equipos de la Liga Nacional de Fútbol han tenido un *turf toe* durante su carrera⁶.

Los objetivos de esta revisión son conocer la compleja anatomía involucrada, la evaluación imagenológica actual del *turf toe* con los distintos métodos de estudio y proponer un estudio dinámico por ultrasonido que complemente o reemplace al estudio fluoroscópico dinámico.

Anatomía

La articulación metatarsofalángica del *hallux* es una de tipo bisagra y permite movimientos de flexoextensión, rotación y deslizamiento. Es intrínsecamente inestable debido a que existe una superficie pequeña de la falange proximal que articula con una gran cabeza redondeada del metatarsiano. Sin embargo, esta articulación soporta aproximadamente el 40-60% del peso corporal y puede aumentar hasta unas ocho veces durante la actividad física, como en el trote y el salto⁷⁻⁹.

Esta capacidad de soportar el estrés depende del complejo cápsulo-ligamentario sesamoideofalángico⁹.

Estructuras anatómicas

Se describe en detalle la anatomía de este complejo cápsulo-ligamentario con imágenes de resonancia magnética (RM) del antepié.

Los sesamoideos se encuentran emparejados en la superficie plantar de la cabeza del primer metatarsiano y se denominan sesamoideo medial o tibial y sesamoideo lateral o fibular. Se encuentran separados por una protuberancia ósea en la superficie inferior de la cabeza del metatarsiano, llamada *crista*¹⁰.

Los sesamoideos están unidos por el ligamento inter-sesamoideo, el cual es esencialmente un engrosamiento proximal de la placa plantar y se encuentra en un plano dorsal al tendón flexor largo del *hallux* (Fig. 1).

En sus aspectos plantar y proximal, los sesamoideos están estabilizados por los ligamentos metatarsosesamoideos, que se insertan en el cuello del primer metatarsiano y terminan en el aspecto proximal de los sesamoideos medial y lateral (Fig. 2).

La placa plantar del *hallux* es un tejido fibrocartilaginoso que se origina en la interfase cabeza-cuello del primer metatarsiano, que envuelve a los sesamoideos del *hallux* y se inserta distalmente en la base de la falange proximal. En la porción central de su inserción distal puede existir un pequeño y fino defecto lineal regular, de espesor parcial, menor de 2 mm, que corresponde a un receso articular normal (Fig. 3).

Su porción central es relativamente delgada en comparación con los márgenes laterales y gruesos que encapsulan a los sesamoideos: los ligamentos sesamoideofalángicos, que son los verdaderos estabilizadores de la placa plantar y encargados de la estabilidad articular plantar del *hallux* (Figs. 4 y 5).

Los ligamentos metatarsosesamoideos y sesamoideofalángicos son pares y proporcionan estabilización periférica a lo largo del aspecto plantar de la articulación. En la cara plantar, los tendones de las cabezas medial y lateral del flexor corto del *hallux* rodean y se insertan en el aspecto medial/tibial y lateral/fibular de los sesamoideos respectivos (Fig. 6).

El complejo ligamentario colateral incluye los ligamentos colaterales propios y colaterales accesorios. Los ligamentos colaterales propios se extienden oblicuamente desde la cabeza del metatarsiano hasta la base de la falange proximal. Los ligamentos colaterales accesorios se originan en la cabeza del primer metatarsiano y terminan en los márgenes de los sesamoideos medial

Figura 1. Resonancia magnética de antepié-*hallux* en secuencias axiales DP con supresión de la grasa y T2. Sesamoideos emparejados (flechas rectas) en la superficie plantar de la primera cabeza metatarsiana separados por la *crista* (flecha curva) y unidos por el ligamento intersesamoideo (punta de flecha).

Figura 2. Resonancia magnética de antepié-*hallux* en secuencias sagitales DP con supresión de la grasa. Ligamentos metatarsosesamoideo medial y lateral (flechas). Finas estructuras lineales hipointensas continuas, de menor grosor que los ligamentos sesamoideofalángicos.

Figura 3. Resonancia magnética de antepié-*hallux* en secuencia sagital DP con supresión de la grasa. Placa plantar central normal. Estructura lineal hipointensa continua (flechas), dorsal al tendón flexor largo del *hallux*. Existe una pequeña muesca lineal distal regular de alta señal, compatible con un receso articular normal (punta de flecha).

Figura 4. Resonancia magnética de antepié-*hallux* en secuencias DP con supresión de la grasa sagital y axial. Ligamento sesamoideofalángico medial: estructura lineal hipointensa continua (flechas).

Figura 5. Resonancia magnética de antepié-*hallux* en secuencias DP con supresión de la grasa sagital y axial. Ligamento sesamoideofalángico lateral: estructura lineal hipointensa continua, con señal ligeramente más heterogénea debido a su oblicuidad (flechas).

Figura 6. Resonancia magnética de antepié-*hallux* en secuencias T1 coronal y DP con supresión de la grasa sagital. Cabezas medial y lateral del flexor corto del *hallux*, con inserción en los sesamoideos medial y lateral, respectivamente (flechas).

Figura 7. Resonancia magnética de antepié-*hallux* en secuencias T1 coronal, STIR coronal y DP con supresión de la grasa axial. Ligamentos colaterales metatarsofalángicos medial y lateral: estructuras lineales hipointensas en todas las secuencias (flechas).

y lateral. La acción conjunta de estos ligamentos provee estabilidad en valgo y varo a la articulación metatarsofalángica del *hallux*^{9,10} (Fig. 7).

Es importante aclarar que la designación de las estructuras de la placa plantar como ligamentos es semántica, ya que están compuestas del mismo tipo de tejido fibroso que la placa plantar central, existiendo continuidad histológica de todas estas estructuras¹⁰.

El complejo cápsulo-ligamentario sesamoideo está compuesto colectivamente, además, por:

- El ligamento intermetatarsiano transversal profundo.
- Las cabezas medial y lateral del tendón flexor corto del *hallux* que se insertan en el aspecto proximal de los sesamoideos respectivos.
- El tendón del abductor del *hallux* que se inserta en el aspecto medial del sesamoideo medial.
- Las cabezas transversa y oblicua del aductor del *hallux*, que como tendón conjunto se inserta en el aspecto lateral del sesamoideo lateral (Fig. 8).

Todas estas estructuras confieren soporte intrínseco adicional a la articulación¹¹.

Evaluación por imágenes del *turf toe*

El estudio imagenológico siempre debe comenzar con una radiografía simple de pie con carga en tres proyecciones (anteroposterior, lateral y oblicua) para determinar la estructura ósea y la alineación articular, y para detectar posibles fracturas y pequeños fragmentos óseos que muchas veces son indetectables en la RM⁵.

La radiografía anteroposterior con carga es crucial para determinar la ubicación de los sesamoideos, que

Figura 8. Resonancia magnética de antepié-*hallux* en secuencias T1 y DP con supresión de la grasa coronal. Abductor del *hallux* por medial (puntas de flecha) y aductor del *hallux* por lateral (flechas).

deben localizarse simétricos y alineados debajo de la cabeza del primer metatarsiano.

La distancia entre el margen distal del sesamoideo medial y la superficie articular de la base de la falange proximal no debe ser mayor de 3 mm, y la del margen distal del sesamoideo lateral y el mismo punto no debe ser mayor de 2.7 mm. Idealmente, siempre se debería comparar con un estudio del lado contralateral (Fig. 9).

La migración proximal de los sesamoideos sugiere rotura de la placa plantar (Fig. 10)¹².

Está descrito que una separación mayor de 10.4 mm en el lado medial y mayor de 13.3 mm en el lado lateral es predictiva en un 99% de una rotura de la placa plantar^{11,13}.

Figura 9. Radiografías del pie derecho en proyecciones AP, O y L con carga. Posición normal de los sesamoides con respecto a la articulación metatarsofalángica (flechas).

Figura 10. Radiografías de ambos pies en proyección AP con carga comparativa y L. Posición anormal del sesamoideo medial derecho con respecto a la articulación metatarsofalángica, con desplazamiento proximal que traduce una rotura de la placa plantar, específicamente del ligamento sesamoideofalángico medial (flechas).

En estos casos se debe considerar una proyección lateral con dorsiflexión forzada que demostraría la falta de desplazamiento distal de uno o ambos sesamoides, vale decir, la ausencia de desplazamiento conjunto distal del sesamoideo con la falange proximal, lo que traduce una rotura de la placa plantar, específicamente del ligamento sesamoideofalángico.

La radiografía simple siempre debe ser adquirida en tres proyecciones para lograr la adecuada identificación de:

- Lesiones osteocondrales por impactación.
- Fragmentos intraarticulares metatarsofalángicos.
- Avulsiones óseas capsulares.
- Estado de los sesamoides: bipartito, fracturado o desplazado.

Establecer un diagnóstico únicamente por radiografía simple puede ser difícil. Dentro de los exámenes

imagenológicos disponibles, la tomografía computada (TC) podría considerarse a continuación cuando se requiera la detección de lesiones óseas pequeñas, la evaluación del tamaño o del grado de conminución de fragmentos en una fractura¹⁴, o bien frente a una alta sospecha de una lesión no detectada en la radiografía simple, como por ejemplo una fractura no desplazada.

En un estudio en cadáveres, Waldrop, et al.¹⁵ describieron que, en una radiografía lateral con estrés en dorsiflexión, un aumento de 3 mm o más de la distancia entre el sesamoideo y la base de falange proximal traducía una lesión grave de la placa plantar que requeriría reparación quirúrgica en un ser vivo.

La fluoroscopia, como método de evaluación del *turf toe*, constituye un estudio radiológico dinámico que entrega más información que una radiografía lateral con estrés, en el cual se evalúa en tiempo real, en una visión lateral, la movilidad de los sesamoides en reposo y durante la dorsiflexión forzada. Para algunos autores, su uso se ha convertido en una parte estándar del algoritmo de diagnóstico¹⁶.

En un estudio normal se visualiza un desplazamiento distal simétrico de ambos sesamoides durante la dorsiflexión forzada en conjunto con la base de la falange proximal, lo que traduce indemnidad del complejo cápsulo-ligamentario sesamoideofalángico (Fig. 11).

Frente a una rotura de la placa plantar, existe ausencia de movimiento conjunto del sesamoideo con la falange proximal en la dorsiflexión (Fig. 12).

Si bien el estudio fluoroscópico se realiza con más frecuencia que el ultrasonido, tiene como inconvenientes la menor disponibilidad de la radioscopia, la radiación ionizante que reciben el paciente y el operador, y la visualización de hallazgos equivalentes en placas plantares normales y elongadas.

Ultrasonido

El desarrollo de transductores de alta resolución ha hecho posible la evaluación ultrasonográfica de estructuras cada vez más pequeñas y superficiales. En la actualidad se dispone de transductores con más alta frecuencia que permiten la evaluación de la placa plantar en forma rápida y dinámica.

Es sabido que el ultrasonido tiene como desventaja el hecho de ser una técnica dependiente del operador, pero que en manos expertas puede ser muy útil.

Figura 11. A: fluoroscopia con placa plantar normal. Articulación metatarsofalángica del hallux en reposo y **B:** en dorsiflexión. Existe desplazamiento distal simétrico de ambos sesamoides durante la dorsiflexión forzada en conjunto con la base de la falange proximal (flechas), lo que traduce una placa plantar normal.

Figura 12. A: fluoroscopia con placa plantar anormal. Articulación metatarsofalángica del hallux en reposo y **B:** en dorsiflexión. Existe una posición asimétrica, **A:** con un sesamoideo en ubicación proximal en reposo, con aumento de la distancia sesamoideofalángica (línea amarilla), **B:** con desplazamiento distal asimétrico de ambos sesamoides durante la dorsiflexión forzada y aumento de la distancia sesamoideofalángica (línea roja), lo que traduce una rotura de placa plantar, específicamente del ligamento sesamoideofalángico.

Aunque no sea la técnica de elección, la placa plantar es visible y de fácil acceso con el ultrasonido^{17,18}, utilizando transductores lineales de alta frecuencia, idealmente de 18 a 20 MHz.

Es posible visualizar muy bien las distintas estructuras anatómicas y realizar una adecuada evaluación dinámica de los componentes de la placa plantar, pudiendo además detectar otras alteraciones, por lo que en manos entrenadas puede constituir un complemento o un reemplazo del estudio fluoroscópico.

Para la evaluación de la placa plantar podemos posicionar al paciente en decúbito dorsal o bien en decúbito ventral con el pie colgando fuera de la camilla, lo que permite realizar una evaluación estática y maniobras dinámicas de dorsiflexión del *hallux*.

Figura 13. Ultrasonido de hallux con transductor lineal de alta frecuencia. Placa plantar normal en el eje largo. Placa plantar central normal ecogénica, homogénea, de morfología triangular con base en la falange proximal (flecha recta) y ápex en el cuello del metatarsiano (flecha curva). Plantar a ella se observa el tendón flexor largo del hallux con patrón fibrilar normal (puntas de flecha). FP: falange proximal; MT: cabeza de metatarsiano.

Se propone, en conjunto con el equipo de traumatología de pierna, tobillo y pie de nuestro centro, un estudio ultrasonográfico dinámico de la placa plantar, que permite una mejor evaluación de los componentes de este complejo cápsulo-ligamentario y la detección de hallazgos adicionales. Se demuestra, a través de imágenes de pacientes de nuestro centro, la evaluación ultrasonográfica estática de sus componentes y la posibilidad de realización de un estudio dinámico que se correlaciona con el estudio fluoroscópico, la RM y los hallazgos quirúrgicos.

En ultrasonido se puede visualizar la placa plantar central normal, mejor evaluada en el eje largo, observando una estructura ecogénica, homogénea, de morfología triangular con su inserción en la base de la falange proximal y el ápex en el cuello del metatarsiano. Tenemos certeza de que se trata de la placa plantar central porque inmediatamente plantar a ella se observa el tendón flexor largo del *hallux* (Fig. 13). En caso de existir un receso distal, este se visualiza como una fina imagen lineal anecogénica, con márgenes regulares, adyacente a la base de la falange proximal, menor de 2 mm de espesor¹¹.

La placa plantar central normal también se observa en el eje corto por encima del ligamento interseamideo y el tendón flexor del largo del *hallux* (Fig. 14).

El ligamento sesamoideofalángico medial se visualiza en el eje largo como una estructura ecogénica con patrón fibrilar, extendida entre el extremo distal del sesamoideo medial y la base de la falange proximal (Fig. 15).

Figura 14. Ultrasonido de hallux con transductor lineal de alta frecuencia. Placa plantar normal en el eje corto. Placa plantar central normal ecogénica, homogénea (flecha recta). Se observa el ligamento intersesamoideo con patrón fibrilar de dirección horizontal (puntas de flecha) y el tendón flexor largo del hallux (flecha curva) por plantar.
MT: cabeza de metatarsiano; S: sesamoideo.

Figura 15. Ultrasonido de hallux con transductor lineal de alta frecuencia. Ligamento sesamoideofalángico medial normal en el eje largo. Estructura ecogénica con patrón fibrilar, extendida entre el extremo distal del sesamoideo medial y la base de la falange proximal (flechas).
FP: falange proximal; MT: cabeza de metatarsiano; SM: sesamoideo medial.

El ligamento sesamoideofalángico lateral se visualiza en el eje largo como una estructura con patrón fibrilar ecogénico extendida entre el extremo distal del sesamoideo lateral y la base de la falange proximal. En general se observa algo más hipoeecogénico que el ligamento sesamoideofalángico medial debido al artefacto de

Figura 16. Ultrasonido de hallux con transductor lineal de alta frecuencia. Ligamento sesamoideofalángico lateral normal en el eje largo. Estructura fibrilar levemente hipoeecogénica por anisotropía, extendida entre el extremo distal del sesamoideo lateral y la base de la falange proximal (flechas).
FP: falange proximal; MT: cabeza de metatarsiano; SL: sesamoideo lateral.

anisotropía, por su oblicuidad, lo que no debe llevar a error catalogándolo como una lesión por elongación (Fig. 16).

EVALUACIÓN ULTRASONOGRÁFICA DINÁMICA DEL COMPLEJO CÁPSULO-LIGAMENTARIO PLANTAR

El protocolo propone visualizar los ligamentos sesamoideofalángicos medial y lateral, en el eje largo, en reposo y con dorsiflexión forzada. Se observan como estructuras con un patrón fibrilar ecogénico, homogéneo, extendidas entre el extremo distal del sesamoideo y la base de la falange proximal, continuas, sin defectos hipoeecogénicos que sugieran roturas.

Durante el movimiento de dorsiflexión forzada debe existir un desplazamiento conjunto de dichos ligamentos, con excursión sincrónica con los sesamoideos y la falange proximal (Fig. 17).

En caso de dudas, se sugiere una evaluación comparativa con el lado contralateral.

Si existe una rotura del ligamento sesamoideofalángico, se realiza una exploración en el eje largo comparando con el lado contralateral sano y con maniobras dinámicas de dorsiflexión forzada.

En el siguiente ejemplo se realiza inicialmente la evaluación en reposo y se visualiza una rotura del ligamento sesamoideofalángico medial como un defecto hipoeecogénico o anecogénico en el tercio medio, con tejido hipoeecogénico heterogéneo retraído en los extremos proximal y distal (Fig. 18).

Figura 17. Ultrasonido de hallux con transductor lineal de alta frecuencia. **A:** ligamento sesamoideofalángico medial normal en el eje largo en reposo y **B:** en dorsiflexión. Estructura con patrón fibrilar extendida entre el extremo distal del sesamoideo medial y la base de la falange proximal, continua (flechas), sin defectos hipocogénicos que sugieran roturas ni alteraciones del desplazamiento con la exploración dinámica, manteniéndose una distancia similar entre el sesamoideo y la falange tanto en reposo como en dorsiflexión. FP: falange proximal; MT: cabeza de metatarsiano; SM: sesamoideo medial.

Figura 18. Ultrasonido de hallux con transductor lineal de alta frecuencia en reposo. Rotura de ligamento sesamoideofalángico medial en el eje largo en reposo. Defecto hipocogénico o anecogénico en el tercio medio (flecha), con tejido hipocogénico heterogéneo (remanente ligamentario) retraído en los extremos proximal y distal (puntas de flecha). FP: falange proximal; MT: cabeza de metatarsiano; SM: sesamoideo medial.

Existen otras formas de presentación de las roturas, como un defecto hipocogénico o anecogénico en otro nivel (proximal o distal), o bien como una ausencia de visualización de fibras en el sitio de proyección ligamentaria.

En caso de duda se recomienda realizar una evaluación comparativa en reposo con el lado contralateral

Figura 19. Ultrasonido de hallux con transductor lineal de alta frecuencia, evaluación en reposo. **A:** lado sano, ligamento sesamoideofalángico medial en el eje largo en reposo, continuo (flecha curva). **B:** rotura del ligamento (flecha recta) con defecto hipocogénico o anecogénico en el tercio medio y aumento de la distancia sesamoideofalángica (x), asimétrico con respecto al lado contralateral. Remanentes ligamentarios retraídos en los extremos proximal y distal (puntas de flecha). FP: falange proximal; MT: cabeza de metatarsiano; SM: sesamoideo medial.

Figura 20. Ultrasonido de hallux con transductor lineal de alta frecuencia con maniobras dinámicas. **A:** rotura de ligamento sesamoideofalángico medial en el eje largo (flecha) con remanentes ligamentarios proximal y distal (puntas de flecha) en reposo y **B:** en dorsiflexión. Defecto hipocogénico o anecogénico en el tercio medio (flecha), con aumento de la distancia sesamoideofalángica y acentuación del defecto con la dorsiflexión forzada. FP: falange proximal; MT: cabeza de metatarsiano; SM: sesamoideo medial.

sano (Fig. 19). En el ejemplo se visualiza un defecto hipocogénico o anecogénico en el tercio medio del ligamento, con un aumento de la distancia sesamoideofalángica, asimétrico con respecto al lado contralateral que se explora de forma comparativa y que presenta un patrón fibrilar normal.

Posteriormente se realiza el estudio con maniobras dinámicas de dorsiflexión forzada del *hallux* en el eje largo del ligamento sesamoideofalángico medial, observando un aumento de la distancia

Figura 21. En el mismo paciente de la figuras 18 a 20, correlación con la resonancia magnética en secuencia DP con supresión de la grasa sagital. Rotura de ligamento sesamoideofalángico medial. Defecto irregular de alta señal en el tercio medio (flecha) con tejido heterogéneo retraído de los remanentes ligamentarios en los extremos proximal y distal (puntas de flecha), y aumento de la distancia entre el sesamoideo y la falange.

sesamoideofalángica y un incremento del defecto con la dorsiflexión (Fig. 20), concordante con una rotura. Los hallazgos fueron confirmados por RM (Fig. 21).

Esta misma evaluación se realiza con el ligamento sesamoideofalángico lateral.

En el mismo paciente se observa además una rotura del ligamento sesamoideofalángico lateral, que se evalúa de igual manera.

En este paciente (Figs. 18 a 21) se realiza además un estudio fluoroscópico del *hallux* en el plano sagital, en el que se observa la ausencia de movimiento distal conjunto de los sesamoideos con la base de la falange proximal durante la dorsiflexión forzada, debido a una rotura de los ligamentos sesamoideofalángicos, traduciendo una rotura completa de la placa plantar (Fig. 22).

Este paciente fue catalogado como lesión de placa plantar de grado 3. En el intraoperatorio se confirmó la lesión, observándose la desinserción de la placa plantar desde ambos sesamoideos con disociación sesamoideofalángica. Se realizó la reinserción a ambos sesamoideos con anclas y refuerzo capsular metatarsofalángico con puntos (Fig. 23).

En caso de existir solo una elongación ligamentaria, los hallazgos en la fluoroscopia serán los mismos que en un estudio de ligamento sesamoideofalángico normal, debido a la conservación del desplazamiento

Figura 22. A: fluoroscopia lateral: imágenes de la articulación metatarsofalángica del hallux en reposo y B: en dorsiflexión. Ausencia de desplazamiento distal de ambos sesamoideos durante la dorsiflexión forzada (línea amarilla), que no se movilizan en conjunto con la base de la falange proximal, lo que traduce una rotura de placa, específicamente de los ligamentos sesamoideofalángicos.

Figura 23. Fluoroscopia intraoperatoria del mismo paciente de la figuras 18 a 22. Turf toe de grado 3. Se reinserían los ligamentos a ambos sesamoideos con anclas (flechas).

Figura 24. Ultrasonido de hallux con transductor lineal de alta frecuencia en el eje largo. Otros hallazgos: sesamoideo bipartito (flecha), concordante con radiografía contemporánea.

Figura 26. Ultrasonido de hallux con transductor lineal de alta frecuencia en el eje largo. Otros hallazgos: pequeña avulsión ósea. Pequeña imagen ecogénica puntiforme medial a la cabeza del metatarsiano sin sombra acústica (flechas), que se correlaciona con el hallazgo de la radiografía contemporánea. FP: falange proximal; MT: cabeza de metatarsiano.

Figura 25. Ultrasonido de hallux con transductor lineal de alta frecuencia. Otros hallazgos: pequeño cuerpo intraarticular. **A:** pequeña imagen ecogénica lineal, sin sombra acústica posterior en el receso articular metatarsofalángico (flechas) en los ejes largo y **B:** corto, solo visualizado en la ecografía, sin representación en la radiografía simple. FP: falange proximal; MT: cabeza de metatarsiano.

Figura 27. Ultrasonido de hallux con transductor lineal de alta frecuencia en el eje largo. Otros hallazgos: bursitis adventicial plantar submetatarsiana. En la imagen de la izquierda se observa US de una estructura con margen anfractuoso y contenido heterogéneo, compresible a la presión con el transductor, en el espesor del tejido subcutáneo, adyacente a la cabeza del metatarsiano (flechas), que se correlaciona con la imagen de la derecha de la resonancia magnética, secuencia DP con supresión de la grasa axial del mismo paciente. MT: cabeza de metatarsiano; S: sesamoideo.

dinámico conjunto del complejo sesamoideo-falángico. De ahí la importancia de la evaluación complementaria con imágenes de ultrasonido o de RM, o con ambas.

Otra ventaja del ultrasonido es que también permite evaluar hallazgos adicionales, como por ejemplo:

- Derrame articular o sinovitis: visualizados como tejido hipoeecogénico, heterogéneo, con áreas de líquido anecogénico.
- Sesamoideo bipartito: interrupción de la cortical ósea con márgenes redondeados, generalmente en el tercio medio del osículo (Fig. 24).
- Cuerpo intraarticular: imagen ecogénica puntiforme o lineal, con o sin sombra acústica posterior en el receso articular metatarsofalángico. En estos casos se debe visualizar y documentar la imagen en dos ejes, largo y corto, para evitar así confusiones con pequeños artefactos. Estos cuerpos a veces no se observan en la radiografía simple (Fig. 25).
- Avulsión ósea: imagen ecogénica puntiforme o lineal en el sitio de proyección capsular, que al igual que

un pequeño cuerpo intraarticular puede o no correlacionarse con una imagen en la radiografía simple y es muy difícil de visualizar en la RM (Fig. 26).

- Bursitis adventicial plantar submetatarsiana: corresponde a una neobursa formada en el espesor del tejido subcutáneo en relación con una zona de roce. Se visualiza como una estructura con margen anfractuoso y contenido heterogéneo, compresible a la presión con el transductor, en el espesor del subcutáneo, adyacente a la cabeza del metatarsiano (Fig. 27).

En resumen, en el estudio por ultrasonido dinámico es posible evaluar las estructuras que forman la placa plantar:

- Ligamentos sesamoideofalángicos.
- Ligamento intersesamoideo.
- Ligamentos colaterales.
- Sesamoideos.
- Tendón flexor largo del *hallux*.
- Hallazgos adicionales: derrame, sinovitis, cuerpo intraarticular, avulsión ósea y bursitis adventicial plantar.

Además, se puede evaluar el movimiento dinámico de la placa plantar con la dorsiflexión forzada.

Resonancia magnética

La RM es la técnica de elección cuando existe sospecha de un *turf toe* que requiere tratamiento quirúrgico¹⁹. Permite una excelente visualización de cada una de las estructuras de pequeño tamaño del complejo cápsulo-ligamentario plantar:

- Ligamentos sesamoideofalángicos.
- Ligamentos metatarsosesamoideos.
- Ligamento intersesamoideo.
- Ligamentos colaterales propios y accesorios.
- Inserciones tendinosas.
- Sesamoideos.
- Hallazgos adicionales.

Además, se pueden evaluar la estructura ósea, el cartílago articular y el alineamiento.

Las pequeñas estructuras de la placa plantar idealmente deben ser valoradas en un equipo de 3 T, aunque también es posible hacerlo con uno de 1.5 T si se realiza una adecuada técnica.

Es importante señalar que debe evitarse la solicitud de RM de pie, es decir, evitar el estudio estándar del pie completo, e idealmente solicitar una RM de antepié para estudio de *turf toe*. Debe estudiarse la primera articulación metatarsofalángica o bien el antepié con una antena específica, siendo las antenas de rodilla y tobillo buenas opciones para pies de tamaño medio a grande, y la antena de muñeca para un pie pequeño²⁰.

La RM de pie, con un campo de visión amplio, permite evaluar la articulación metatarsofalángica de forma general, y determinar si existe, por ejemplo, edema óseo o una lesión osteocondral, pero no es posible realizar una evaluación conspicua de todos los pequeños componentes y las alteraciones de la placa plantar. Es así como la RM de antepié, con un campo de visión más focalizado, permite realizar un diagnóstico más precoz, preciso y detallado.

En el protocolo para *turf toe* no deben faltar secuencias con supresión de la grasa, idealmente en tres

Figura 28. **A:** resonancia magnética de pie en secuencia STIR sagital y **B:** de antepié en secuencia DP con supresión de la grasa sagital. **A:** estudio de pie con campo de visión amplio que permite visualizar en forma general los componentes de la placa plantar, sin lograr definir detalles. Estudio de antepié con campo de visión pequeño y **B:** cortes finos desde la articulación de Lisfranc hacia distal, que permite una adecuada y detallada evaluación de todos los componentes de la placa plantar.

planos, para una óptima evaluación de patología aguda y crónica. Debe contar, además, con al menos una secuencia T1 o de densidad protónica (DP) sin supresión de la grasa para evaluar la anatomía¹⁹.

Para optimizar el campo de visión de la evaluación de la primera articulación metatarsofalángica se sugiere tener un grosor y un espaciado de corte tan bajos como la relación señal/ruido permita²⁰ (Fig. 28).

En la introducción ya se señaló la anatomía de los distintos componentes de la placa plantar, ejemplificándolo con imágenes visualizadas por RM.

En las figuras 29 a 32 se muestran algunos casos de lesiones de la placa plantar evaluadas con RM:

- Rotura-elongación de ligamento intersesamoideo (Fig. 29).
- Rotura de ligamento sesamoideofalángico medial (Fig. 30).
- Elongación de ligamento sesamoideofalángico lateral (Fig. 31).
- Rotura-desinserción de placa plantar distal con edema óseo focal en la base de la falange proximal (Fig. 32).
- Elongación de los vientres musculares del flexor corto del *hallux*.

Clasificación

Clanton describió un sistema clasificación clínica para las lesiones tipo *turf toe*⁹, que Mc Cormick y Anderson modificaron posteriormente²¹, de acuerdo con la extensión de la lesión (Tabla 1). Existen tres grados de lesión, que pueden correlacionarse con los hallazgos en la radiografía y en la RM^{22,23}.

Figura 29. Resonancia magnética de antepié, secuencias DP con supresión de la grasa, axial y coronal. Axial: rotura-elongación de ligamento interesamoides, tejido heterogéneo de alta señal en el sitio de proyección ligamentaria en la secuencia axial (flecha). Coronal: existe además elongación del ligamento colateral medial metatarsofalángico del hallux, engrosado con señal heterogénea y visualizado en secuencias axial y coronal (puntas de flecha).

Figura 31. Resonancia magnética de antepié en secuencia sagital DP con supresión de la grasa. Elongación de ligamento sesamoideofalángico lateral. Se observa el ligamento continuo, engrosado, con alteración de la señal heterogénea (flecha).

Figura 30. Resonancia magnética de antepié en secuencias DP con supresión de la grasa sagital y axial. Rotura de ligamento sesamoideofalángico medial. Falta de visualización del ligamento sesamoideofalángico medial con tejido de señal heterogénea mal definido en el sitio de proyección ligamentaria (flechas).

Coughlin, et al.²⁴ agregaron un cuarto grado que implica una lesión debilitante del componente osteo-cartilaginoso con eventual condrólisis. La gravedad de esta lesión generalmente implica que no es susceptible de reparación quirúrgica.

Todas estas lesiones clínicamente graduadas tienen representación en la RM.

Tratamiento

En la práctica clínica, la mayoría de las lesiones de la placa plantar tienen tratamiento ortopédico,

Figura 32. Resonancia magnética de antepié en secuencia sagital DP con supresión de la grasa. Rotura de placa plantar central. Rotura-desinserción de placa plantar distal con edema óseo focal en la base de F1 (punta de flecha). Tejido heterogéneo remanente en el sitio de proyección de la placa (flecha).

con reposo, hielo, compresión y elevación del pie, además de tratamiento antiinflamatorio y eventualmente inmovilización⁹ e infiltración con corticoides. Solo algunos casos tienen hallazgos que determinan la indicación quirúrgica, y como radiólogos debemos conocerlos para la realización de nuestro informe.

Tabla 1. Clasificación del *turf toe* (McCormick y Anderson)

Grado	Patología	Clínica	Radiografía	Resonancia magnética
1	Esguince de la cápsula, sin pérdida de continuidad	Rango normal de movimiento Sin equimosis visible Con capacidad de soportar peso	Normal	Edema en partes blandas circundante
2	Rotura parcial de la placa plantar y la cápsula	Inflamación y equimosis Rango de movimiento doloroso Dificultad para soportar el peso	Normal	Edema de tejidos blandos Alta intensidad de señal que no se extiende por todo el grosor de la placa plantar
3	Rotura completa con pérdida de continuidad en cualquier porción de la placa plantar y la cápsula	Lesiones asociadas incluyendo fractura de sesamoideos, diástasis de sesamoideo bipartito y fractura por impactación articular metatarsiana dorsal	Puede observarse fractura por avulsión de falange proximal, fractura de sesamoideo, sesamoideo migrado proximal, luxación metatarsofalángica	Edema de tejidos blandos Alta intensidad de señal que se extiende por todo el grosor de la placa plantar

Estas indicaciones quirúrgicas fueron descritas por Anderson²⁵ y deben ser señaladas si están presentes:

- Grandes avulsiones capsulares con articulación metatarsofalángica inestable.
- Diástasis o retracción de sesamoideos, en sesamoideo bipartito o en sesamoideo fracturado.
- *Hallux valgus* o varo traumático.
- Lesión osteocondral.
- Cuerpos intraarticulares.

En estos casos, generalmente, el médico traumatólogo opta por una reparación quirúrgica, la cual puede ser con abordaje abierto o artroscópico.

Diagnóstico diferencial

Es importante señalar, además, que en el estudio de la placa plantar se debe prestar atención a la presencia de posibles diagnósticos alternativos. Se sabe que la historia y la presentación clínica muchas veces son ambiguas, y que existen otras condiciones que afectan a la primera articulación metatarsofalángica que deben ser consideradas y descartadas. Estas afecciones incluyen fractura aislada de sesamoideo, artropatías (infecciosa, degenerativa, inflamatoria, por cristales [gota]), pinzamiento neural del ramo medial del nervio digital plantar²⁶ y procesos inflamatorios como la sesamoiditis. Aquí la correlación con la historia clínica y el laboratorio son esenciales para un correcto diagnóstico.

La sesamoiditis es una afección inflamatoria que afecta a los huesos sesamoideos y que produce un dolor asociado. Corresponde más bien a un término general y clínico que a un diagnóstico radiológico.

Dentro de sus posibles etiologías están la infección, el trauma repetido y la necrosis²⁷.

Nuestra misión como radiólogos es precisar este diagnóstico y determinar si existe edema óseo, una fractura traumática del sesamoideo, una diástasis traumática de un sesamoideo bipartito, una fractura por sobrecarga o bien una osteonecrosis.

Conclusiones

El *turf toe* es una lesión que pasó de ser históricamente menor a abarcar un amplio espectro de anomalías de gravedad variable, muy importante de diagnosticar porque puede constituir una lesión deportiva debilitante para el atleta, ya que el primer rayo del pie es fundamental para saltar y acelerar²⁸. Requiere reconocimiento y tratamiento tempranos, pues una lesión no diagnosticada y no tratada puede provocar efectos perjudiciales a largo plazo que incluyen disminución del rendimiento deportivo, movimiento restringido de la primera articulación, dolor crónico, artropatía degenerativa, deformidad en *hallux valgus* y el final prematuro de una carrera deportiva²⁹.

El estudio imagenológico es muy importante en caso de sospecha clínica y se dispone de varias técnicas de imagen para su evaluación. El estudio inicial es la radiografía simple para determinar principalmente fracturas, pequeñas avulsiones óseas y migración de los sesamoideos. La fluoroscopia y el ultrasonido permiten además una evaluación dinámica de los sesamoideos. Finalmente, la técnica de elección prequirúrgica es la RM de antepié, que permite evaluar precisamente qué estructuras están comprometidas y descartar otros

diagnósticos diferenciales, entre los cuales la sesamoiditis es la principal imitadora.

Se propone el ultrasonido con evaluación dinámica como complemento o bien como alternativa a la fluoroscopia en la evaluación de la placa plantar, puesto que permite evaluar los diversos componentes y alteraciones del complejo cápsulo-ligamentario sesamoido-falángico plantar del *hallux*, en forma rápida, con bajo costo, amplia disponibilidad y sin radiación.

Financiamiento

No se obtuvo financiamiento para este trabajo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Bibliografía

- Bowers KD, Martin RB. Turf toe: a shoe-surface related football injury. *Med Sci Sports*. 1976;8:81-3.
- Marchetti DC, Chang A, Ferrari M, Clanton TO. Turf toe: 40 years later and still a problem. *Oper Tech Sports Med*. 2017;25:99-107.
- Anderson R. Turf toe injuries of the hallux metatarsophalangeal joint. *Tech Foot Ankle Surg*. 2002;1:102-11.
- Wilson L, Dimeff R, Miniaci A, Sundaram M. Radiologic case study. First metatarsophalangeal plantar injury (turf toe). *Orthopedics*. 2005;28:417-9.
- Clough TM, Majeed H. Turf toe injury — current concepts and an update review of literature. *Foot Ankle Clin N Am*. 2018;23:693-701.
- Rodeo SA, O'Brien SJ, Warren RF, Barnes R, Wickiewicz TL, Dillingham MF. Turf toe: an analysis of metatarsophalangeal joint sprains in professional football players. *Am J Sports Med*. 1990;18:280-5.
- Clanton TO, Butler JE, Eggert A. Injuries to the metatarsophalangeal joints in athletes. *Foot Ankle*. 1986;7:162-76.
- McBride ID, Wys UP, Cooke TD, Murphy L, Phillips J, Olney SJ. First metatarsophalangeal joint reaction forces during high-heel gait. *Foot Ankle*. 1991;11:282-8.
- Clanton TO, Ford JJ. Turf toe injury. *Clin Sports Med*. 1994;13:731-41.
- Hallinan JTPD, Statum SM, Huang BK, Bezerra HG, Garcia DAL, Bydder GM, et al. High-resolution MRI of the first metatarsophalangeal joint: gross anatomy and injury characterization. *Radiographics*. 2020;40:1-17.
- Schein AJ, Skalski MR, Patel DB, White EA, Lundquist R, Gottsegen CJ, et al. Turf toe and sesamoiditis: what the radiologist needs to know. *Clin Imaging*. 2015;39:380-9.
- Prieskorn D, Graves SC, Smith RA. Morphometric analysis of the plantar plate apparatus of the first metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle*. 1993;14:204-7.
- Watson TS, Anderson RB, Davis WH. Periarticular injuries to the hallux metatarsophalangeal joint in athletes. *Foot Ankle Clin*. 2000;5:687-713.
- Drakos MC, Fiore R, Murphy C, DiGiovanni CW. Plantar-plate disruptions: "the severe turf-toe injury." Three cases in contact athletes. *J Athl Train*. 2015;50:553-60.
- Waldrop NE 3rd, Zirkler CA, Wijdicks CA, Laprade RF, Clanton TO. Radiographic evaluation of plantar plate injury: an in vitro biomechanical study. *Foot Ankle Int*. 2013;34:403-8.
- McCormick JJ, Anderson RB. The great toe: failed turf toe, chronic turf toe and complicated sesamoid injuries. *Foot Ankle Clin N Am*. 2009;14:135-50.
- Gregg J, Silberstein M, Schneider T, Marks P. Sonographic and MRI evaluation of the plantar plate: a prospective study. *Eur Radiol*. 2006;16:2661-9.
- Gregg JM, Silberstein M, Schneider T, Kerr JB, Marks P. Sonography of plantar plates in cadavers: correlation with MRI and histology. *AJR Am J Roentgenol*. 2006;186:948-55.
- Crain JM, Phanco JP, Stidham K. MR imaging of turf toe. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2008;16:93-103.
- Crain JM, Phanco JP. Imaging of turf toe. *Radiol Clin N Am*. 2016;54:969-78.
- McCormick JJ, Anderson RB. Turf toe: anatomy, diagnosis, and treatment. *Sports Health*. 2010;2:487-94.
- Mason LW, Molloy AP. Turf toe and disorders of the sesamoid complex. *Clin Sports Med*. 2015;34:725-39.
- Jahss MH. Traumatic dislocations of the first metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle*. 1980;1:15-21.
- Coughlin MJ, Kemp TJ, Hirose CB. Turf toe: soft tissue and osteocartilaginous injury to the first metatarsophalangeal joint. *Phys Sportsmed*. 2010;38:91-100.
- Anderson RB. Turf toe injuries of the hallux metatarsophalangeal joint. *Tech Foot Ankle Surg*. 2002;1:102-11.
- Sanders TG, Rathur SK. Imaging of painful conditions of the hallux metatarsophalangeal joint. *Radiol Clin North Am*. 2008;46:1079-92.
- Dedmond BT, Cory JW, McBryde A. The hallux sesamoid complex. *J Am Acad Orthop Surg*. 2006;14:745-53.
- Doty JF, Coughlin MJ. Turf toe repair: a technical note. *Foot Ankle Spec*. 2013;6:452-6.
- Coughlin MJ, Kemp TJ, Hirose CB. Turf toe: soft tissue and osteocartilaginous injury to the first metatarsophalangeal joint. *Phys Sportsmed*. 2010;38:91-100.