



## Original

# Análisis de la sindesmosis tibioperonea empleando tomografía axial computarizada convencional y dispositivo de carga simulada ajustable

J. Chans Veres, M. Vallejo Márquez, A. E. Galhoum, S. Tejero

<sup>1</sup> Hospital Universitario Infanta Elena. Madrid

<sup>2</sup> Hospital Universitario Virgen del Rocío. Sevilla

<sup>3</sup> George Eliot Hospital. Nuneaton. Reino Unido

<sup>4</sup> Universidad de Sevilla

## Correspondencia:

Dr. Juan Chans Veres

Correo electrónico: [juan.chans@quironsalud.es](mailto:juan.chans@quironsalud.es)

Recibido el 28 de septiembre de 2025

Aceptado el 2 de noviembre de 2025

Disponible en Internet: diciembre de 2025

## RESUMEN

**Introducción:** la inestabilidad de la sindesmosis tibioperonea distal continúa siendo un reto diagnóstico relevante en la práctica clínica, debido a la ausencia de un método diagnóstico objetivo, fiable, reproducible y no invasivo en ausencia de fractura asociada.

**Objetivos:** desarrollar y evaluar una metodología diagnóstica basada en tomografía axial computarizada (TAC) para la inestabilidad sindesmótica, analizando la variabilidad interindividual, el efecto de la posición del pie y la carga axial en las mediciones, la utilidad del tobillo contralateral como control y la fiabilidad interobservador.

**Métodos:** se realizó un estudio observacional en 30 sujetos (15 voluntarios sanos, 15 con sospecha clínica de inestabilidad sindesmótica; 60 tobillos). Las mediciones en TAC incluyeron: área sindesmótica (AS), rotación peronea (RP), posición del peroné en el plano sagital (PPS), profundidad de la incisura (PI) y diferencias directas anterior (DDA), media (DDM) y posterior (DDP). Se empleó un dispositivo ajustable de carga simulada para estandarizar la carga axial y la posición de ambos pies.

**Resultados:** en sujetos sin lesión sindesmótica, las condiciones de estrés mostraron diferencias significativas

## ABSTRACT

**Analysis of the tibiofibular syndesmosis using conventional computed tomography imaging and adjustable simulated loading device**

**Introduction:** distal tibiofibular syndesmosis instability remains a relevant diagnostic challenge in clinical practice, given the absence of an objective, reliable, reproducible, and non-invasive diagnostic method without associated fracture.

**Objectives:** to develop and assess a computed tomography (CT)-based diagnostic methodology for syndesmotic instability, evaluating interindividual variability, the effect of foot position and axial load, the utility of the contralateral ankle as a control, and interobserver reliability.

**Methods:** an observational study was conducted on 30 subjects (15 healthy volunteers, 15 with clinical suspicion of syndesmotic instability; 60 ankles). Axial CT measurements included syndesmotic area (SA), fibular rotation (FR), fibular position in the sagittal plane (FPS), incisural depth (ID), anterior direct difference (ADD), mean direct difference (MDD), and posterior direct difference (PDD). An adjustable simulated loading device was used to standardize axial load and foot position.



<https://doi.org/10.24129/j.rpt.3902.fs2509008>

© 2025 SEMCPT. Publicado por Imaidea Interactiva en FONDOSCIENCE® ([www.fondoscience.com](http://www.fondoscience.com)).

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND ([www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/](http://www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)).

intratobillo frente a la posición de relajación (AS, DDA, DDM, DDP;  $p < 0,002$ ), pero no se observaron diferencias significativas en la comparación con el lado contralateral. Los pacientes con sospecha clínica de inestabilidad presentaron una diferencia intertobillo significativamente mayor en el área sindesmótica frente a los controles (media: 16,82 vs. -0,14;  $p < 0,001$ ), sin diferencias en DDA, DDM, DDP, PI, PPS o RP. No se observaron correlaciones con la edad ni el sexo. La fiabilidad interobservador fue excelente (CCI = 0,990; IC 95%: 0,972-0,997).

**Conclusiones:** la medición del área sindesmótica mediante TAC con carga axial simulada constituye una herramienta diagnóstica objetiva, accesible, reproducible y no invasiva para la inestabilidad de la sindesmosis tibioperonea distal sin fractura. La comparación con el tobillo contralateral resulta esencial debido a la amplia variabilidad interindividual y la fiabilidad interobservador del método es excelente.

**Palabras clave:** Inestabilidad. Sindesmosis. Esguince. Tobillo.

## Introducción

Entre el 6 y el 18% de los esguinces de tobillo presentan lesión de los ligamentos de la sindesmosis tibioperonea<sup>(1-3)</sup>. En ausencia de fractura, el daño de los ligamentos de la sindesmosis se conoce como “esguince alto de tobillo”<sup>(4)</sup>. Al lesionarse los ligamentos tibioperoneos, el peroné puede perder la limitación a la rotación externa y la traslación lateral y posterior que ejercen dichas estructuras<sup>(5-9)</sup>. Así pues, durante los requerimientos funcionales del tobillo que tienen lugar durante la deambulación o la realización de actividades deportivas, el peroné puede presentar un movimiento anormal o excesivo en la mortaja tibioperonea por falta de mecanismos de contención; este es el concepto de inestabilidad tibioperonea distal<sup>(10,11)</sup>. Este hecho origina una pérdida de la congruencia articular del tobillo, ya que al perderse el tope lateral que ejerce el peroné, el astrágalo tiene mayor capacidad de traslación mediolateral y de rotación en el plano axial, alterándose el encaje de la cúpula astragalina convexa en el plafón tibial cóncavo (1 mm de traslación lateral del astrágalo resulta en una disminución del 42% del área de contacto tibiotalar)<sup>(12-14)</sup>. Esto provoca una transmisión asimétrica de cargas desde la tibia a la cúpula astragalina, resultando en una región

**Results:** in subjects without syndesmotic injury, stress conditions produced significant intra-ankle differences compared with relaxation (SA, ADD, MDD, PDD;  $p < 0.002$ ), but contralateral side comparisons showed no significant differences. Patients with clinical suspicion of instability demonstrated a significantly greater inter-ankle difference in SA compared with controls (mean: 16.82 vs. -0.14;  $p < 0.001$ ), while no differences were found for ADD, MDD, PDD, ID, FPS, or FR. No correlations with age or sex were observed. Interobserver reliability was excellent (ICC = 0.990; 95% CI: 0.972-0.997).

**Conclusions:** syndesmotic area measurement using axial CT and simulated axial load provides an objective, accessible, reproducible, and non-invasive diagnostic tool for distal tibiofibular syndesmosis instability without fracture. The method requires contralateral ankle comparison due to high interindividual variability, and its interobserver reliability is excellent.

**Key words:** Instability. Syndesmosis. Sprain. Ankle.

de cartílago articular tibiotalar sobrecargada que puede iniciar un desgaste progresivo que derive en lesión osteocondral o artrosis tibiotalar<sup>(12)</sup>.

La realización de una búsqueda bibliográfica acerca de esta patología evidencia múltiples metodologías diagnósticas y una conclusión: no existe un método diagnóstico objetivo, accesible, fiable, reproducible y no invasivo de la inestabilidad sutil de la sindesmosis tibioperonea sin fractura acompañante. El objetivo de esta investigación es desarrollar un método que supla dicha carencia.

## Material y métodos

### Diseño experimental

Tras la lectura crítica de la bibliografía disponible, se formularon las bases teóricas que se debían cumplir para objetivar el movimiento anormal o excesivo del peroné en la articulación tibioperonea distal:

- Para evaluar el movimiento se necesita un test dinámico.
- Identificar el movimiento anormal o excesivo requiere conocer el movimiento normal o fisiológico.
- Objetivar un suceso requiere eliminar el componente subjetivo de la evaluación.

En función de estas premisas y de la dificultad, debido a las herramientas diagnósticas de esta patología en el momento actual, de reclutar a un grupo de pacientes con diagnóstico inequívoco de inestabilidad de la sindesmosis tibioperonea que no hubiesen pasado por el quirófano, se optó por un diseño de estudio observacional y descriptivo. El proyecto de investigación se dividió en 3 fases, cada una de las cuales se trata de una serie de casos, un análisis descriptivo de un grupo de pacientes o de un único paciente en el caso de la fase 2. De este modo, la investigación se ideó en 3 etapas sucesivas en las que el resultado de la etapa anterior servía de base para la siguiente. Los datos, la metodología y las figuras aquí presentadas forman parte de la tesis doctoral titulada *Análisis de la sindesmosis tibioperonea empleando TAC convencional y dispositivo de carga simulada ajustable* (Universidad de Sevilla, 2003), desarrollada como compendio de 3 publicaciones científicas<sup>(15-17)</sup>. La tesis está disponible en: <https://hdl.handle.net/11441/147720>. Cada una de las fases descritas se corresponde con uno de los manuscritos publicados:

- Fase 1: análisis del comportamiento de la sindesmosis tibioperonea en un grupo de sujetos sin lesión<sup>(15)</sup>.
- Fase 2: análisis del comportamiento de la sindesmosis tibioperonea en un sujeto con sospecha clínica de inestabilidad sutil de la sindesmosis<sup>(16)</sup>.
- Fase 3: análisis del comportamiento de la sindesmosis tibioperonea en un grupo de sujetos sin lesión frente a un grupo de sujetos con sospecha clínica de inestabilidad de la sindesmosis tibioperonea<sup>(17)</sup>.

## Población

La población diana la constituyeron los pacientes con dolor o sensación de fallo tras esguince de tobillo. La población accesible fueron los pacientes que acudieron al hospital, a través de las urgencias o de la consulta reglada, por dolor o inestabilidad tras un esguince de tobillo. Se determinó la población elegible, definiéndose criterios de inclusión y exclusión, tanto para los pacientes sanos como para los pacientes con sospecha clínica de inestabilidad sutil de la sindesmosis tibioperonea.

Criterios de exclusión de pacientes sanos:

- Historia de cirugía de pie y/o tobillo.
- Historia de fractura o esguince de tobillo.
- Condición mental que dificultase la realización de tomografía axial computarizada (TAC) o la comprensión de la hoja informativa y el consentimiento informado de la investigación.
- Alergia a anestésicos locales.
- Embarazo.

Criterios de inclusión de pacientes con sospecha clínica de inestabilidad sutil de la sindesmosis tibioperonea (deben cumplir todos):

- Historia de uno o más esguinces de tobillo (diagnosticado como esguince bajo de tobillo en el Servicio de Urgencias).
- Dolor anterior de tobillo o inestabilidad durante la marcha persistente tras el tratamiento del esguince de tobillo (2 o menos semanas de inmovilización en descarga seguidas de fisioterapia).
- *Frick test* o *squeeze test* positivos.

Criterios de exclusión de pacientes con sospecha clínica de inestabilidad sutil de la sindesmosis tibioperonea:

- Historia de cirugía o fractura en pie o tobillo.
- Historia de esguince contralateral.
- Condición mental que dificultase la realización de TAC.
- Alergia a anestésicos locales.
- Embarazo.

Se calculó el tamaño muestral mediante el programa Epidat Versión 3.1 (Xunta de Galicia). Se estableció la variable diferencia de áreas entre ambos pies como referencia para la estimación del tamaño muestral en la primera fase. Se estableció un error alfa del 0,05 y una magnitud de efecto de 2,2, resultando en una N de 15 sujetos sanos para el primer estudio.

Para el cálculo del tamaño muestral de la tercera fase se empleó la misma variable referencia, se estableció un error alfa de 0,05, una potencia del 80% y una magnitud de efecto de 10 mm<sup>2</sup>. Resultó un tamaño de la muestra de 13 sujetos; dado que el grupo de pacientes sanos estudiado había sido de 15 sujetos, se reclutó un grupo de 15 sujetos con sospecha clínica de inestabilidad sutil de la sindesmosis.

Los participantes fueron aquellos pacientes de la población elegible que tras la comprensión de la hoja informativa aceptaron participar en el

estudio firmando el consentimiento informado. El grupo control se constituyó a partir de la población general con los criterios de exclusión anteriormente mencionados.

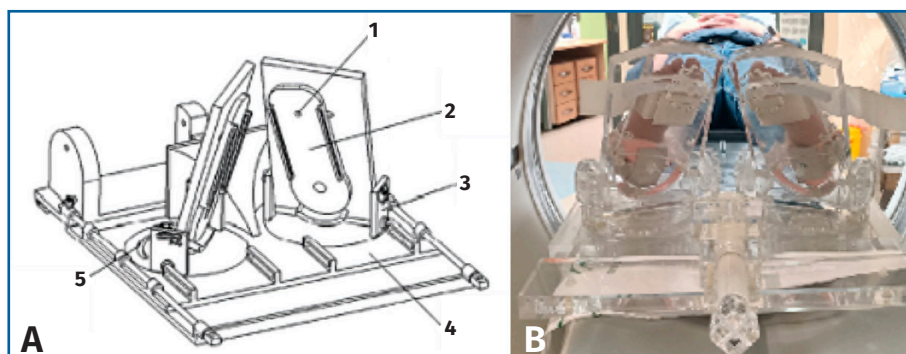
## Material

Se empleó el dispositivo de carga simulada ajustable (DCSA), registrado en la oficina de patentes y marcas registradas en España el 21 de septiembre de 2011 (número de aplicación P201121522). Este dispositivo simula el efecto de la bipedestación de modo simétrico para ambos pies, a través de una fuerza axial aplicada externamente, a la par que le permite al investigador controlar la posición de ambos pies.

El modelo está constituido por una superficie de apoyo para el paciente en posición de decúbito supino y 2 topes, uno distal móvil y otro a nivel proximal fijo, así como de un sistema de aplicación de fuerza axial. Dicha fuer-



**Figura 1.** Fotografía de un sujeto a estudio durante la presente investigación. Imagen incluida en la tesis doctoral *Análisis de la sindesmosis tibioperonea empleando TAC convencional y dispositivo de carga simulada ajustable* (Universidad de Sevilla, 2003)<sup>(15-17)</sup>. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11441/147720> (Figura 5).



**Figura 2.** A: esquema de las plataformas móviles regulables que albergan las superficies de apoyo podal. Sistema de ajuste de rotación externa e interna del pie sobre el eje tibioperoneo (1), plataforma de apoyo podal con región semi-circular diseñada para albergar el talón del paciente (2), sistema de ajuste de flexión dorsoplantar del pie (3), soporte sobre el que asientan las plataformas en la tabla de metacrilato (4), sistema de ajuste para inversión/eversión del pie (5). B: imagen real de superficies de apoyo podal, plataformas móviles regulables y sistema de fuerza axial del dispositivo de carga simulada ajustable. Imagen incluida en la tesis doctoral *Análisis de la sindesmosis tibioperonea empleando TAC convencional y dispositivo de carga simulada ajustable* (Universidad de Sevilla, 2003)<sup>(15-17)</sup>. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11441/147720> (Figura 16).

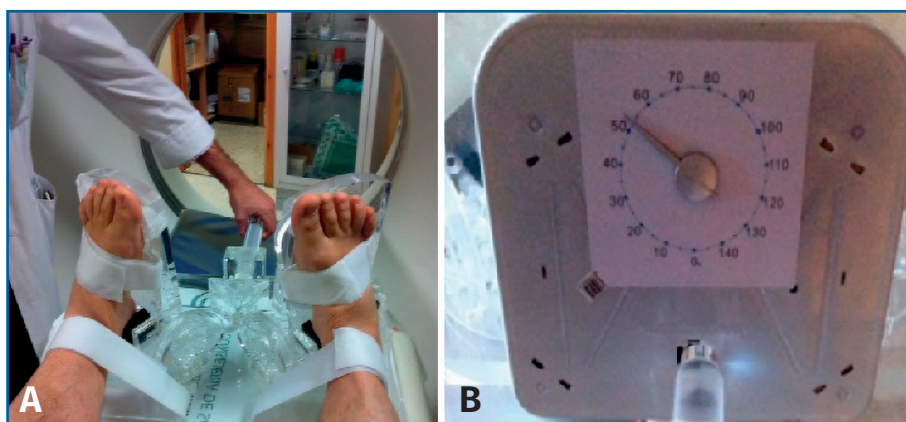
za axial puede además ser controlada mediante un dinamométrico. Se fabricó íntegramente en metacrilato, material radiotransparente que compatibiliza su uso con la TAC y la resonancia magnética (RM).

La tabla sobre la que reposa el sujeto a estudio presenta una extensión adaptable a la altura de cada sujeto que incluye 2 topes proximales almohadillados para acomodar los hombros del paciente (**Figura 1**).

En la región distal de la tabla de metacrilato se sitúan 2 superficies de apoyo para los pies configuradas para que el apoyo podal se pueda modificar de manera independiente en cada pie, permitiendo modificar la posición de los pies en flexoextensión, eversión-inversión y rotación externa-rotación interna (**Figura 2**).

La aplicación de fuerza axial se realiza median-





**Figura 3.** Fotografías del sistema de aplicación y control de la fuerza axial. A: tornillo sin fin aplicando fuerza axial; B: dinamométrico que permite ajustar la fuerza axial al peso corporal. Imagen incluida en la tesis doctoral *Análisis de la sindesmosis tibioperonea empleando TAC convencional y dispositivo de carga simulada ajustable* (Universidad de Sevilla, 2003)<sup>(15-17)</sup>. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11441/147720> (Figura 21).

te un tornillo sin fin que contacta con el soporte móvil sobre el que se asientan las plataformas de apoyo podal. Mediante un peso se puede regular la presión que ejerce dicho tornillo sin fin (Figura 3).

### Instalaciones y tomografía axial computarizada

Tras firmar el documento de compromiso del investigador y obtener el documento firmado de la idoneidad de las instalaciones y la idoneidad del equipo, se emplearon las instalaciones del hospital donde se realizaron las pruebas de imagen empleando el LightSpeed 16 With Xstream CT Scanner System (General Electrics Medical Systems, USA) con la adquisición de parámetros como sigue. Voltaje: 120 kV; tube current: 3-10 mA; dosis total de radiación: 720-790 mGy/cm; grosor del corte: 0,63 mm; scan range: 52-77 mm. Se empleó el protocolo de dosis pediátricas y el *field of view* dirigido a la mortaja tibioperonea para reducir la dosis de radiación que recibieron los pacientes a estudio.

### Metodología experimental

A cada sujeto a estudio se le realizaron 2 TAC bilaterales de tobillo (una en posición de rela-

jación de la sindesmosis y otra en posición de tensión) (Figura 4). Se realizó la medición de las variables sobre imágenes axiales de TAC a 1 cm del plafón tibial en un corte axial paralelo a la superficie articular tibial distal (Figura 5). El análisis estadístico de los resultados se encuentra recogido en cada uno de los manuscritos publicados<sup>(15-17)</sup> y en la tesis doctoral *Análisis de la sindesmosis tibioperonea empleando TAC convencional y dispositivo de carga simulada ajustable* (Universidad

de Sevilla, 2003)<sup>(15-17)</sup>, disponible en: <https://hdl.handle.net/11441/147720>.

## Resultados

### Fase 1<sup>(15)</sup>

**Objetivo:** el propósito de este estudio fue analizar, mediante imágenes axiales de TAC y un dispositivo de carga simulada, la sindesmosis tibioperonea sana bajo fuerza axial y posiciones forzadas del pie.

**Métodos:** se estudiaron un total de 15 pacientes sanos (30 tobillos) empleando un DCSA. Este dispositivo permitió realizar TAC bilateral de tobillo en 2 posiciones forzadas del pie y tobillo (flexión plantar de 30°, inversión de 15°, rotación interna de 20° y flexión dorsal de 15°, eversion de 15°, rotación externa de 30°). Se aplicó simultáneamente fuerza axial de manera controlada (70% del peso corporal). Las mediciones en la imagen de TAC fueron: área sindesmótica (SA), rotación peronea (FR), posición del peroné en el plano sagital (FPS), profundidad de la incisura (ID), diferencia directa anterior (ADD), diferencia directa media (MDD) y diferencia directa posterior (PDD).

**Resultados:** en pacientes sin daño de la sindesmosis tibioperonea, la aplicación de fuer-



**Figura 4.** A: dispositivo de carga simulada ajustable (DCSA). Este dispositivo se aplica sobre una mesa convencional; B: tornillo sin fin que permite aplicar fuerza axial; C: dinamómetro que permite ajustar la fuerza axial al peso corporal; D-F: pies en 30° de flexión plantar, 15° de inversión y 20° de rotación interna (posición de relajación de la sindesmosis); G-I: pies con 15° de flexión dorsal, 15° de evasión y 30° de rotación externa (posición de estrés de la sindesmosis). Imagen publicada originalmente en Chans-Veres et al., 2022, incluida en la tesis doctoral Análisis de la sindesmosis tibioperonea empleando TAC convencional y dispositivo de carga simulada ajustable (Universidad de Sevilla, 2003)<sup>(15-17)</sup>. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11441/147720> (Figura 22).

za axial y posiciones forzadas de pie y tobillo mostraron diferencias estadísticamente significativas en las mediciones de la sindesmosis tibioperonea entre la posición de estrés y la de relajación; también mostraron variabilidad interindividual: SA (mediana = 4,12; RIC = 2,42-6,63) ( $p < 0,001$ ), ADD (0,67; 0,14-0,67) ( $p < 0,001$ ), MDD (0,45; 0,05-0,9) ( $p < 0,001$ ), PDD (0,73; -0,05-0,73) ( $p < 0,002$ ). Sin embargo, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas cuando se compararon las diferencias entre la posición de estrés y relajación de un tobillo respecto al lado contralateral: SA (-0,14; DS = 4,33; IC 95% = -2,53-2,26), ADD (-0,42-1,08; -1,02-0,18),

MDD (0,29-0,54; -0,01-0,59), PDD (-0,1-1,42; -0,89-0,68). La fiabilidad interobservador mostró un coeficiente de correlación intraclase de 0,990 (IC 95% = 0,972-0,997).

**Conclusiones:** se observó amplia variabilidad interindividual en todas las mediciones de la sindesmosis, pero no se encontraron diferencias estadísticamente significativas cuando se comparó un tobillo con el lado contralateral. Medir los parámetros de alineación de la sindesmosis puede ser de valor únicamente si se comparan con el tobillo contralateral.

## Fase 2<sup>(16)</sup>

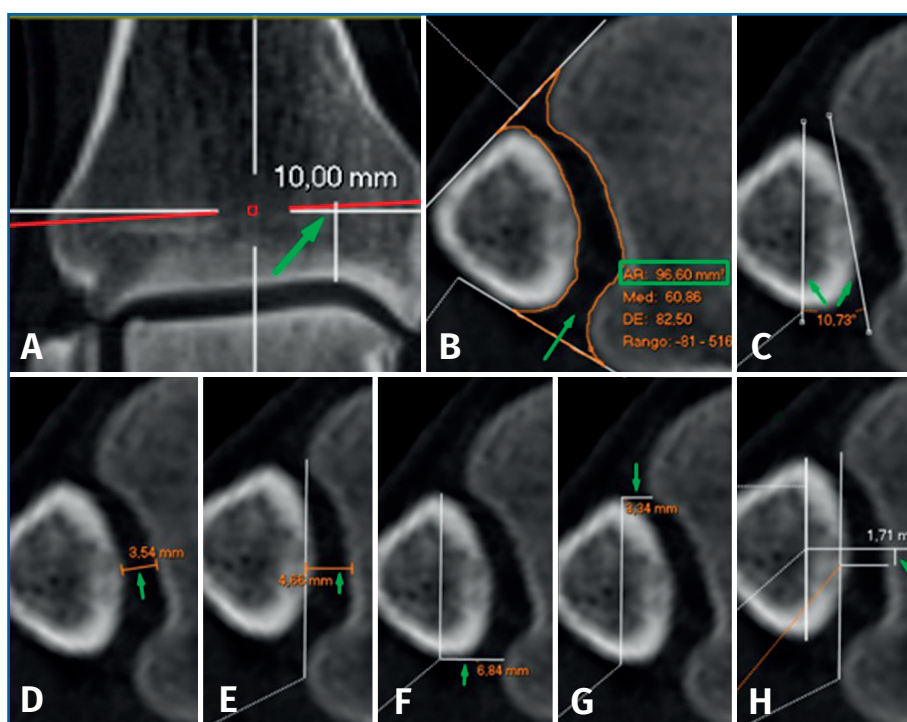
**Objetivo:** probar un método diagnóstico objetivo, fiable y reproducible que permita detectar la inestabilidad sutil de la sindesmosis tibioperonea.

**Material y métodos:** se presenta el caso de un paciente con dolor recu-

rrente sobre la articulación tibioperonea tras un esguince de tobillo. Ante la sospecha de lesión de los ligamentos tibioperoneos, se realizó una TAC con carga axial y posiciones forzadas de ambos pies.

**Resultados:** la diferencia en el área del espacio tibioperoneo entre la posición de relajación y la posición de tensión de la sindesmosis en el tobillo sano fue de 5,79 mm<sup>2</sup>, mientras que en el tobillo lesionado fue de 22,58 mm<sup>2</sup>.

**Conclusión:** la TAC con carga axial y posiciones forzadas de ambos pies puede ser útil para el diagnóstico de la inestabilidad sutil de la sindesmosis tibioperonea.



**Figura 5.** Las mediciones se hacen en cortes axiales paralelos a la superficie articular distal de la tibia y localizados 1 cm proximales a esta. A: nivel de corte; B: área sindesmótica; C: rotación peronea; D: diferencia directa media; E: profundidad de incisura; F-G: diferencia directa posterior y anterior; H: traslación del peroné en el plano sagital. Imagen publicada originalmente en Chans-Veres et al., 2023, incluida en la tesis doctoral Análisis de la sindesmosis tibioperonea empleando TAC convencional y dispositivo de carga simulada ajustable (Universidad de Sevilla, 2003)<sup>(15-17)</sup>. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11441/147720> (Figura 30).

### Fase 3<sup>(17)</sup>

**Introducción:** actualmente, no hay ningún método disponible que pueda detectar de manera objetiva y fiable la inestabilidad sutil de la articulación tibioperonea distal. El propósito de este estudio es diagnosticar, empleando TAC y un DCSA, la inestabilidad sutil de la sindesmosis tibioperonea.

**Métodos:** se estudiaron 15 individuos sanos y 15 pacientes con sospecha clínica de inestabilidad sutil de la sindesmosis tibioperonea (en total, 60 tobillos) empleando un DCSA. Este dispositivo permitió realizar TAC bilateral de tobillo en 2 posiciones forzadas de pie y tobillo (30° de flexión plantar, 15° de inversión, 20° de rotación interna y 15° de flexión dorsal, 15° de eversion, 30° de rotación externa). Se aplicó fuerza axial

simultáneamente de manera controlada (70% del peso corporal). Se realizaron las siguientes mediciones en imágenes axiales de TAC: SA, FR, FPS, ID, ADD, MDD y PDD.

**Resultados:** se observaron diferencias estadísticamente significativas en la variable SA entre los voluntarios sanos (media = -0,14; DS = 4,33) y lesionados (media = 16,82; DS = 12,3) ( $p < 0,001$ ). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las variables ADD, MDD, PDD, ID, FPS y FR.

**Conclusiones:** la medición del SA con fuerza axial y posiciones forzadas del pie empleando el DCSA puede ser de utilidad para el diagnóstico de la inestabilidad sutil de la sindesmosis tibioperonea.

### Discusión

Este estudio constituye, hasta la fecha, el primero en analizar la sindesmosis tibioperonea mediante TAC con carga axial estandarizada en combinación con posiciones forzadas del pie, incluyendo flexión-extensión, inversión-eversión y rotación. A diferencia de otros trabajos previos que emplearon imágenes en carga bipodal (WBCT) o modelos cadavéricos<sup>(18-21)</sup>, nuestra metodología ha permitido reproducir *in vivo* distintas condiciones de tensión y relajación de los ligamentos sindesmóticos, evaluando el comportamiento dinámico de la articulación tibioperonea distal.

Resulta especialmente relevante destacar que los estudios publicados previamente habían analizado, en su mayoría, posiciones estáticas o aplicaban cargas sin estandarización, dependiendo la magnitud del estrés de la colaboración activa del paciente<sup>(22)</sup>. Este aspecto introducía una variabi-



lidad significativa en la fuerza torsional aplicada sobre la sindesmosis, lo que comprometía la fiabilidad de los resultados<sup>(22)</sup>. El empleo del DCSA, que permite reproducir en todos los individuos una carga axial equivalente al 70% del peso corporal, junto con un control preciso de la posición del pie mediante goniómetro, ha permitido eliminar estas fuentes de error, garantizando una mayor homogeneidad en las maniobras de exploración<sup>(17)</sup>.

Los resultados de nuestro trabajo confirman que, en sujetos sin lesión del tobillo, las variaciones intraindividuales entre ambos tobillos fueron mínimas tanto en posiciones de relajación como bajo estrés, lo que refuerza la validez del tobillo contralateral como control en la evaluación clínica de la sindesmosis tibioperonea<sup>(15)</sup>. En cambio, en pacientes con sospecha clínica de inestabilidad sutil, observamos que las diferencias en el SA entre las posiciones de relajación y de estrés fueron significativamente mayores en el tobillo lesionado en comparación con el contralateral sano<sup>(17)</sup>. Este hallazgo sugiere que la medición del área puede ser un parámetro de elevado valor diagnóstico, dado que, a diferencia de variables lineales como el ADD, MDD o PDD, es menos susceptible a errores de delimitación y refleja con mayor robustez los cambios de apertura de la mortaja tibioperonea.

En consonancia con estudios previos, la ID permaneció invariable, lo que era esperable considerando que constituye una característica anatómica fija de la tibia independiente de la tracción ligamentosa o de la movilidad del peroné. Este aspecto confirma que las variaciones encontradas en otras variables se deben estrictamente a diferencias funcionales y no a sesgos morfométricos o anatómicos.

Desde un punto de vista clínico, estos hallazgos resultan de especial interés, ya que el diagnóstico de la inestabilidad sutil de la sindesmosis continúa siendo un desafío. El estándar de oro actual, la artroscopia, es una metodología invasiva y no permite emplear el tobillo contralateral como control<sup>(23)</sup>. Técnicas como la RM, si bien son útiles para detectar edema, hipertrofia o desgarro ligamentoso, no ofrecen información funcional sobre la estabilidad dinámica de la articulación<sup>(24)</sup>. Por su parte, la ecografía posibilita exploraciones dinámicas, pero su dependencia del operador, curva de aprendizaje prolongada y la posibilidad

de resultados variables en función de la fuerza aplicada hacen que su fiabilidad clínica sea heterogénea<sup>(25,26)</sup>.

En contraste, la metodología propuesta mediante el DCSA aplicado a la TAC combina una excelente definición anatómica con la capacidad de valorar el comportamiento funcional de los ligamentos bajo condiciones estandarizadas de estrés. Además, se trata de un sistema más accesible y económico que la WBCT, con la ventaja añadida de permitir la comparación bilateral bajo condiciones reproducibles. Asimismo, la fiabilidad interobservador observada en estudios similares ha sido excelente, lo que constituye un argumento adicional a favor de su aplicabilidad clínica.

No obstante, reconocemos una serie de limitaciones en nuestro estudio. En primer lugar, el tamaño muestral, aunque calculado previamente, sigue siendo reducido para establecer asociaciones definitivas, especialmente al comparar grupos de pacientes y controles. En segundo lugar, aunque la carga axial del 70% del peso corporal ha demostrado efectos equivalentes a la bipedestación en estudios biomecánicos, no refleja de manera completa las condiciones fisiológicas de la carga en pie. Además, las mediciones se realizaron manualmente mediante *software* PACS, lo que introduce la posibilidad de errores mínimos de delimitación –particularmente relevantes en variables basadas en distancias cortas– y que pueden explicar la ausencia de significación estadística en determinadas medidas lineales. Un aspecto adicional que considerar es que no se excluyeron de manera sistemática otras posibles lesiones concomitantes, como afectación del ligamento deltoideo o defectos condrales, que pudieran influir en la interpretación de los resultados en algunos pacientes del grupo clínico.

Finalmente, consideramos que líneas futuras de investigación deberían orientarse hacia la validación de estos hallazgos en series más amplias y con poblaciones más heterogéneas, incluyendo pacientes con fracturas de tobillo. Asimismo, la integración de reconstrucciones tridimensionales volumétricas o la combinación con técnicas de RM podrían aportar un análisis más completo de la función sindesmótica, mejorando la precisión diagnóstica y ayudando a la toma de decisiones terapéuticas.



## Conclusiones

1. La medición del SA realizada sobre imágenes axiales de TAC en conjunción con el DCSA podría constituir un método diagnóstico objetivo, accesible, fiable, reproducible y no invasivo de la inestabilidad de la sindesmosis tibioperonea sin fractura acompañante.
2. Existe una amplia variabilidad interindividual en las mediciones realizadas en imágenes axiales de TAC de la sindesmosis tibioperonea en pacientes sanos bajo fuerza axial y posiciones forzadas del complejo tobillo-pie.
3. La posición del pie y la aplicación de fuerza axial influyen en las mediciones del SA, ADD, PDD y MDD de la sindesmosis tibioperonea distal.
4. No existen diferencias estadísticamente significativas al comparar las mediciones entre ambos tobillos de un mismo paciente sano.
5. Existen diferencias entre pacientes sanos y pacientes con sospecha clínica de inestabilidad sutil de la sindesmosis tibioperonea en las mediciones del SA realizadas mediante imágenes axiales de TAC bajo fuerza axial y posiciones forzadas del pie.
6. Se observó una fiabilidad interobservador excelente al evaluar la concordancia entre 2 observadores independientes para el análisis de la sindesmosis tibioperonea empleando TAC convencional y el DCSA.

## Premios

El estudio presentado en este artículo recibió el premio sobre Investigación Básica en Cirugía del Pie y Tobillo en el congreso de la Sociedad Española de Medicina y Cirugía de Pie y Tobillo (SEMCPT) celebrado en Málaga en 2025.

## 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 declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

**Financiación.** Los autores declaran que este trabajo no ha sido financiado.

**Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

## Bibliografía

1. Hunt KJ, George E, Harris AHS, Dragoo JL. Epidemiology of syndesmosis injuries in intercollegiate football: Incidence and risk factors from national collegiate athletic association injury surveillance system data from 2004-2005 to 2008-2009. *Clin J Sport Med.* 2013;23(4):278-82.
2. Kellett JJ. The clinical features of ankle syndesmosis injuries: A general review. *Clin J Sport Med.* 2011;21(6):524-9.
3. Herzog MM, Kerr ZY, Marshall SW, Wikstrom EA. Epidemiology of ankle sprains and chronic ankle instability. *J Athl Train.* 2019;54(6):603-10.
4. Mollon B, Wasserstein D, Murphy GM, White LM, Theodoropoulos J. High Ankle Sprains in Professional Ice Hockey Players: Prognosis and Correlation Between Magnetic Resonance Imaging Patterns of Injury and Return to Play. *Orthop J Sports Med.* 2019;7(9):1-5.
5. Beumer A, Valstar ER, Garling EH, Niesing R, Ginai AZ, Ranstam J, et al. Effects of ligament sectioning on the kinematics of the distal tibiofibular syndesmosis: A radiostereometric study of 10 cadaveric specimens based on presumed trauma mechanisms with suggestions for treatment. *Acta Orthop.* 2006;77(3):531-40.
6. Wei F, Post JM, Braman JE, Meyer EG, Powell JW, Haut RC. Eversion during external rotation of the human cadaver foot produces high ankle sprains. *J Orthop Res.* 2012;30(9):1423-9.
7. Markolf KL, Jackson S, McAllister DR. Force and displacement measurements of the distal fibula during simulated ankle loading tests for high ankle sprains. *Foot Ankle Int.* 2012;33(9):779-86.
8. Teramoto A, Kura H, Uchiyama E, Suzuki D, Yamashita T. Three-dimensional analysis of ankle instability after tibiofibular syndesmosis injuries: A biomechanical experimental study. *Am J Sports Med.* 2008;36(2):348-52.
9. Hu WK, Chen DW, Li B, Yang YF, Yu GR. Motion of the distal tibiofibular syndesmosis under different loading patterns: A biomechanical study. *J Orthop Surg.* 2019;27(2):1-6.

10. Ogilvie-Harris DJ, Reed SC, Hedman TP. Disruption of the ankle syndesmosis: biomechanical study of the ligamentous restraints. *Arthroscopy*. 1994;10(5):558-60.
11. Clanton TO, Williams BT, Backus JD, Dornan GJ, Liechti DJ, Whitlow SR, et al. Biomechanical Analysis of the Individual Ligament Contributions to Syndesmotic Stability. *Foot Ankle Int*. 2017;38(1):66-75.
12. Hunt KJ, Goeb Y, Behn AW, Criswell B, Chou L. Ankle Joint Contact Loads and Displacement with Progressive Syndesmotic Injury. *Foot Ankle Int*. 2015;36(9):1095-103.
13. McKinley TO, Tochigi Y, Rudert MJ, Brown TD. Instability-associated changes in contact stress and contact stress rates near a step-off incongruity. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A*. 2008;90(2):375-83.
14. Burns WC, Prakash K, Adelaar R, Beaudoin A, Krause W. Tibiotalar joint dynamics: Indications for the syndesmotic screw - A cadaver study. *Foot Ankle*. 1993;14(3):153-8.
15. Chans-Veres J, Vallejo-Márquez M, Galhoum AE, Tejero S. Analysis of the uninjured tibiofibular syndesmosis using conventional CT-imaging and axial force in different foot positions. *Foot Ankle Surg*. 2022;28(5):650-6.
16. Chans-Veres J, García-Guiaro A, Tejero S. Inestabilidad sutil de la sindesmosis tibioperonea: diagnóstico mediante TAC con carga axial y posiciones forzadas del pie. *Rev Soc Traum Ort*. 2022;39:38-41.
17. Chans-Veres J, Vallejo M, Galhoum AE, Tejero S. Diagnosis of subtle syndesmotic instability using conventional CT-imaging and axial force in different foot positions. *Foot Ankle Surg*. 2023:0-1.
18. Shakoor D, Osgood GM, Brehler M, Zbijewski WB, de Cesar Netto C, Shafiq B, et al. Cone-beam CT measurements of distal tibio-fibular syndesmosis in asymptomatic uninjured ankles: does weight-bearing matter? *Skeletal Radiol*. 2019;48(4):583-94.
19. Osgood GM, Shakoor D, Orapin J, Qin J, Khodarahmi I, Thawait GK, et al. Reliability of distal tibio-fibular syndesmotic instability measurements using weightbearing and non-weightbearing cone-beam CT. *Foot Ankle Surg*. 2019;25(6):771-81.
20. Hamard M, Neroladaki A, Bagetakos I, Dubois-Ferrière V, Montet X, Boudabbous S. Accuracy of cone-beam computed tomography for syndesmosis injury diagnosis compared to conventional computed tomography. *Foot Ankle Surg*. 2019;2-9.
21. Burssens A, Vermue H, Barg A, Krähenbühl N, Victor J, Buedts K. Templating of Syndesmotic Ankle Lesions by Use of 3D Analysis in Weightbearing and Nonweightbearing CT. *Foot Ankle Int*. 2018;39(12):1487-96.
22. Lepojärvi S, Niinimäki J, Pakarinen H, Leskelä HV. Rotational Dynamics of the Normal Distal Tibiofibular Joint With Weight-Bearing Computed Tomography. *Foot Ankle Int*. 2016;37(6):627-35.
23. Lubberts B, Massri-Pugin J, Guss D, Wolf JC, Bhimani R, Waryasz GR, et al. Arthroscopic Assessment of Syndesmotic Instability in the Sagittal Plane in a Cadaveric Model. *Foot Ankle Int*. 2020;41(2):237-43.
24. Bejarano-Pineda L, DiGiovanni CW, Waryasz GR, Guss D. Diagnosis and Treatment of Syndesmotic Unstable Injuries: Where We Are Now and Where We Are Headed. *J Am Acad Orthop Surg*. 2021;29(23):985-97.
25. Hagemeijer NC, Saengsin J, Chang SH, Waryasz GR, Kerkhoffs GMMJ, Guss D, et al. Diagnosing syndesmotic instability with dynamic ultrasound – establishing the natural variations in normal motion. *Injury*. 2020;51(11):2703-9.
26. Baltes TPA, Arnáiz J, Geertsema L, Geertsema C, D'Hooghe P, Kerkhoffs GMMJ, et al. Diagnostic value of ultrasonography in acute lateral and syndesmotic ligamentous ankle injuries. *Eur Radiol*. 2021;31(4):2610-20.