

## ORIGINAL

## Análisis evolutivo del patrón funcional de marcha en pacientes con fractura de calcáneo

### Evolutionary analysis of the functional walking pattern in patients with calcaneal fracture

Lorenzo Agudo MA<sup>1</sup>, Díaz Lifante F<sup>1</sup>, Collado Cañas A<sup>1</sup>, Santos García P<sup>1</sup>, Sánchez Belizón D<sup>1</sup>, Lledó Rico M<sup>1</sup>, Guerras Pérez I<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biomecánica de IBERMUTUAMUR. <sup>2</sup> Departamento de Traumatología de IBERMUTUAMUR

#### Resumen

**Objetivo:** Analizar el patrón evolutivo de marcha en los pacientes diagnosticados de fractura de calcáneo, mediante la realización de valoraciones funcionales periódicas durante el curso clínico de su proceso patológico, estudiando las diferencias existentes en el patrón final de deambulación entre los pacientes dados de alta laboral, considerando el tratamiento inicialmente proporcionado.

**Material y Métodos:** Estudio prospectivo en una muestra de 58 pacientes con fractura de calcáneo, analizando su patrón de marcha mediante el empleo de un sistema de plataformas dinamométricas, con capacidad para registrar diferentes parámetros que definen con precisión la repercusión de la patología sufrida sobre el nivel funcional de marcha de la persona afectada y la mejoría conseguida con el tratamiento efectuado.

**Resultados:** Se observa una mejoría progresiva en los diferentes parámetros que definen el patrón funcional de marcha de los pacientes analizados, con una evidente tendencia hacia el rango considerado de normalidad.

**Conclusiones:** El empleo de técnicas biomecánicas de valoración funcional resulta útil en el seguimiento evolutivo de los pacientes con fractura de calcáneo, permitiendo definir la capacidad de deambulación y tomar decisiones médicas respecto a la actitud a seguir desde un punto de vista laboral.

**Palabras clave:**

Fractura de calcáneo, análisis funcional, biomecánica, rehabilitación, tratamiento ortopédico, tratamiento quirúrgico, secuelas.

#### Abstract

**Objective:** To analyze the evolutive walking pattern of patients diagnosed with calcaneal fracture, based on periodic functional tests during the clinical course of the disease process – studying the differences in functional walking pattern among the patients who return to work, with consideration of the treatment initially provided.

**Material and methods:** A prospective study was made of a series of 58 patients with calcaneal fracture, analyzing their walking pattern based on a system of dynamometric platforms capable of recording different parameters that precisely define the impact of the disease upon walking function, and the improvement achieved with the treatment provided.

**Results:** Progressive improvement was observed in the different parameters that define functional walking pattern, with an evident tendency to progress towards what is considered the normal range.

**Conclusions:** The use of biomechanical techniques for functional assessment is useful for the follow-up of calcaneal fracture patients – making it possible to define walking capacity and to take medical decisions in relation to patient working status.

**Key words:**

Calcaneal fracture, functional analysis, biomechanics, rehabilitation, orthopedic management, surgical treatment, sequelae.

#### Correspondencia

M. A. Lorenzo Agudo  
Departamento de Biomecánica de IBERMUTUAMUR  
Miguelangelorenzo@ibermutuamur.es



## Introducción

Las fracturas de calcáneo son lesiones de pronóstico clínico incierto, claramente condicionado por el grado de disminución ósea y la existencia de una afectación articular asociada. Con elevada frecuencia y de forma independiente al tratamiento inicialmente realizado, su curso clínico evolutivo es desfavorable, pudiendo determinar secuelas dolorosas y funcionales tanto a medio como a largo plazo [1].

El calcáneo es el hueso del tarso que con más frecuencia se lesiona, siendo el responsable del 2% de las fracturas del esqueleto y de un 50-60% del total de las fracturas del tarso. En el 75% de los casos se trata de fracturas intraarticulares, y en un 7-10% de los casos la afectación es bilateral [2].

En 1993, Hanse [3] estableció las importantes funciones que desempeña el calcáneo, y como éste puede verse alterado de forma secundaria en su normal función en fracturas con una consolidación ósea defectuosa. Explicó que sus principales funciones eran actuar como un brazo de palanca del tríceps sural, soportar la carga del peso corporal y mantener la longitud del pie y de la bóveda plantar, especialmente de la columna lateral. Una fractura consolidada de forma defectuosa, producía una evidente alteración en estas complejas funciones, determinando una clara modificación en la manera de caminar del paciente que la sufre.

Son diversas las alternativas terapéuticas existentes para el manejo de este tipo de lesión, en cierta manera condicionado por los diferentes resultados habitualmente obtenidos, variando entre el tratamiento funcional mediante movilización con carga precoz, el tratamiento ortopédico a través de una inmovilización prolongada con carga diferida, la reducción abierta y osteosíntesis, la reducción instrumental percutánea y finalmente, la artrodesis subastragalina primaria [4]. El reestablecimiento del nivel funcional previo se relaciona directamente con la minuciosidad alcanzada en la restauración de la congruencia articular, así como con el grado de altura, anchura y alineación del talón que se ha corregido. Los objetivos del tratamiento podrían resumirse en: 1) conseguir una marcha independiente sin limitaciones tras la consolidación de la fractura; 2) recuperar la anchura normal del calcáneo y 3), reestablecer la congruencia de la articulación subastragalina.

El programa de rehabilitación estará condicionado por el tratamiento inicialmente llevado a cabo y las características de la lesión sufrida, siendo necesario conocer y tratar las complicaciones a largo plazo más frecuentemente asociadas, incluyendo una patología tendinosa de los peroneos, una algodistrofia simpático refleja de tobillo y pie, y un posible síndrome del seno del tarso [5].

Considerando lo anteriormente comentado, es necesario contar con herramientas de fácil manejo para definir con exactitud la repercusión que esta lesión determina en la capacidad funcional de deambulación de un paciente, así como analizar la respuesta al tratamiento proporcionado durante su evolución clínica.

El objetivo de este trabajo es analizar las modificaciones producidas en el patrón funcional de marcha de los pacientes con fractura de calcáneo a lo largo de su curso clínico evolutivo, empleando una pista de marcha instrumentada mediante 2 plataformas dinamométricas de tipo extensométrico DINASCAN-IBV con capacidad para registrar diferentes parámetros directamente relacionados con el acto de la deambulación, básicamente las fuerzas de reacción del suelo al contacto con el pie durante la fase de apoyo del ciclo de la marcha.

## Material y métodos

Se ha realizado un estudio prospectivo en una muestra de 58 pacientes diagnosticados de fractura de calcáneo, remitidos desde diversos centros de la red asistencial de IBERMUTUAMUR a las Unidades de Valoración Funcional que componen el Departamento de Biomecánica de esta entidad, en el periodo de tiempo comprendido entre enero de 2007 y octubre de 2008, para valorar la respuesta al tratamiento inicialmente efectuado y analizar la evolución clínica de su proceso patológico.

De los pacientes remitidos durante el periodo de estudio, se seleccionaron aquellos que cumplían los siguientes criterios de inclusión: 1) encontrarse en situación de incapacidad temporal por una fractura de calcáneo, independientemente del tipo de fractura y el tratamiento realizado; 2) presentar un patrón de marcha independiente sin ayudas en interiores; 3) haber transcurrido un periodo mínimo de 6 meses sin ninguna patología que pudiera determinar una afectación en su estado muscular; 4) no presentar ninguna limitación relevante que pudiera influir en una mayor duración de su proceso actual o en la respuesta al tratamiento aplicado.

Cada paciente fue remitido a la correspondiente Unidad de Valoración Funcional por el médico encargado del control clínico de su proceso, mediante una solicitud en la que se incluían sus datos personales, el diagnóstico clínico, la fecha del accidente y el tratamiento realizado. La 1ª valoración funcional de la marcha se realizaba tras la llegada del paciente a la Unidad, explicarle la mecánica del análisis que se iba a realizar y solicitarle que caminara manteniendo en todo momento una velocidad elevada en función de sus posibilidades. Tras ese primer estudio, se establecía una



nueva cita en un plazo aproximado de 3-4 semanas, pauta que se mantenía hasta el momento en que fuera dado de alta laboral.

Con objeto de obtener la mayor información posible de cada uno de los pacientes analizados, se registraron los siguientes datos: número total de casos, número de casos por sexo, edad promedio (años), ocupación laboral, fecha del accidente, mecanismo causante de la lesión, tipo de fractura (diagnóstico clínico, considerando sí la fractura era abierta o cerrada, conminuta, con o sin afectación intraarticular), lado afectado, tratamiento inicial (ortopédico o quirúrgico), tiempo de inmovilización (semanas), tiempo de descarga (semanas), tiempo desde el accidente hasta la 1ª valoración funcional (semanas), realización o no de rehabilitación, tiempo desde el accidente hasta el inicio de la rehabilitación (semanas), promedio de valoraciones funcionales por paciente analizado, situación laboral final en el momento de la finalización del estudio (alta laboral sin secuelas, alta laboral con secuelas (tipo de secuela) y baja laboral), complicaciones sufridas y necesidad o no de un tratamiento definitivo de las secuelas.

Para llevar a cabo este estudio, se utilizó un equipo de medida constituido por una pista de marcha instrumentada mediante 2 plataformas dinamométricas de tipo extensométrico DINASCAN-IBV, con capacidad para registrar las diferentes fuerzas ejercidas contra el suelo por un sujeto al deambular sobre ellas, empleando la aplicación informática NedAMH/IBV para obtener información concerniente a las características de dichas fuerzas, la duración de las diferentes pisadas registradas, la presencia de diferencias o asimetrías entre ambas extremidades inferiores y la regularidad del gesto llevado a cabo.

El programa utilizado compara los valores obtenidos en los diferentes parámetros analizados en cada una de las extremidades inferiores, con los correspondientes a un grupo de sujetos con características similares al paciente analizado, considerando la edad, el sexo, el calzado empleado y la velocidad de deambulación durante el análisis realizado, valores extraídos de la base de datos del Instituto de Biomecánica de Valencia (I.B.V.).

Entre los parámetros analizados por el programa empleado destacan los siguientes: tiempo de apoyo (expresado en segundos, que reflejaría la duración del intervalo de tiempo durante el cual cada uno de los pies se encuentra apoyado en el suelo); velocidad de marcha (expresada en metros por segundo); fuerza de frenado antero-posterior (expresada en porcentaje del peso corporal, reflejando la fuerza horizontal que ejerce el paciente durante los primeros momentos del apoyo del talón en el suelo, con la finalidad de asentar

adecuadamente el pie); fuerza de oscilación (expresada en porcentaje del peso corporal, que reflejaría la fuerza vertical ejercida por el paciente contra el suelo en la fase intermedia de apoyo del pie); fuerza de propulsión antero-posterior (expresada en porcentaje del peso corporal, referida a la fuerza horizontal desarrollada por el paciente al final de la fase de apoyo del ciclo de la marcha, con el objetivo de trasladar el cuerpo hacia delante e iniciar el siguiente paso); fuerza de despegue vertical (expresada en porcentaje del peso corporal, correspondiente a la fuerza vertical ejercida por el paciente en la fase final del apoyo, con la finalidad de elevar el pie del suelo e iniciar el siguiente paso); valoración funcional final del lado no afectado (expresada en porcentaje); valoración funcional final del lado afectado (expresada en porcentaje) y valoración funcional final global (expresada en porcentaje).

Con objeto de obtener el máximo rendimiento a los estudios realizados a cada paciente, se registraron al menos 10 pisadas con cada uno de los pies, tanto del lado sano como del afectado.

Para llevar a cabo el análisis estadístico, se realizó en cada uno de los parámetros el cálculo de la media aritmética y la desviación estándar, considerando los valores obtenidos en la 1ª valoración funcional realizada y en la efectuada en el momento de la conclusión del proceso patológico. Además, se efectuó un análisis mediante comparación de medias para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los valores obtenidos en los pacientes que habían sido dados de alta laboral, en función del tipo de tratamiento inicialmente realizado, y los valores registrados en una muestra de sujetos sanos voluntarios (grupo control), considerando que la diferencia obtenida era significativa cuando el valor de la *p* era inferior a 0,05.

De los 58 pacientes remitidos al Departamento de Biomecánica de IBERMUTUAMUR con el diagnóstico de fractura de calcáneo, 55 eran varones (94,82% del total de casos analizados, con una edad media de  $38,69 \pm 10,10$  años) mientras que sólo 3 casos pertenecían al sexo femenino (5,18% de la muestra, con una edad media de  $42,71 \pm 10,69$  años). Ninguno de los casos remitidos fue excluido del estudio, al cumplir los criterios de inclusión previamente establecidos.

Considerando la actividad laboral desempeñada por cada uno de los casos de la muestra, predominan por encima del resto las actividades directamente relacionadas con la construcción, con una total de 22 casos (37,93%), seguido por la ocupación de conductor con 9 casos (15,51%), montador (6 casos - 10,34%), pintor (3 casos - 5,17%), electricista, panadero, dependiente y personal de mantenimiento



con 2 casos cada uno de ellos (3,44%), y diferentes ocupaciones que únicamente se presentan en un único caso cada una de ellas (10 casos – 17,24%), incluyendo agricultor, camarero, cerrajero, fontanero, personal de limpieza, etc.

## Resultados

Todos los casos que componen la muestra de estudio, sufrieron la lesión que motivaba su situación de incapacidad temporal en el periodo de tiempo comprendido entre enero de 2007 y junio de 2008.

Considerando el mecanismo causante de la lesión sufrida por cada uno de los casos de la muestra, la caída de altura constituía el mecanismo de lesión más frecuente, registrándose su etiología en el 81,03% de los casos (47 casos), siguiendo en orden decreciente de frecuencia el traumatismo directo en tobillo y pie en un 10,34% de los casos (6 procesos), la fractura de calcáneo por estrés en un 5,17% de los casos (3 procesos), y finalmente, el accidente de tráfico en un 3,44% de los casos (2 procesos). El calcáneo derecho resultó afectado en 29 pacientes (50% del total de la muestra), mientras que el calcáneo izquierdo se afectó en el 50% restante.

Analizando el tipo de fractura sufrida, al ser uno de los aspectos de mayor relevancia en la evolución clínica de este tipo de lesión, tanto desde el punto de vista terapéutico como pronóstico, se establecieron dos grupos de fracturas, cerradas y abiertas, diferenciando en cada uno de ellos dos subgrupos, en función de la existencia o no de afectación asociada de la articulación subastragalina (Tabla 1). En 38 casos (65,51% del total de la muestra), la fractura era no conminuta, mientras que en el resto (20 casos - 34,49% de la muestra) la fractura fue inicialmente definida como conminuta.

Respecto al tratamiento inicialmente realizado, en 28 casos (48,27% del total) el manejo terapéutico fue ortopédico mediante una inmovilización y una descarga prolongadas, mientras que en el 51,73% restante (30 casos), el tratamiento fue quirúrgico, variando entre reducción según Técnica de Essex-Lopresti, reducción y síntesis con placa y artrodesis subastragalina primaria en casos de importante

conminución ósea con repercusión de la articulación subastragalina (3 casos – 5,17% del total).

El tiempo medio transcurrido desde el accidente hasta que se retiró la inmovilización fue 5 semanas. Por otro lado, el tiempo medio de descarga desde el accidente hasta que se autorizó el inicio del apoyo con ayudas con carga progresiva fue de 9 semanas.

El 100% de los casos realizó un tratamiento específico de rehabilitación, con un tiempo medio transcurrido desde el momento del accidente hasta el comienzo de la rehabilitación de 7 semanas. Habitualmente, el tratamiento se iniciaba con el paciente aún en descarga, dirigido básicamente a recuperar de una forma progresiva la movilidad articular del tobillo y mejorar el estado de la musculatura inmovilizada, con objeto de facilitar la posterior reeducación de la marcha, una vez autorizado el inicio de la carga asistida con ayudas.

El tiempo medio transcurrido desde el accidente hasta la realización de la 1ª valoración funcional de la marcha fue de 18 semanas. Se realizó un promedio de 3,1 valoraciones funcionales por paciente analizado, permitiendo un buen control de los diferentes parámetros estudiados durante el tiempo de incapacidad temporal.

A la conclusión de este estudio, 47 casos (81,03% del total de la muestra) habían sido dados de alta laboral. En 31 casos (53,45%) el alta laboral fue sin secuelas, mientras que en 16 casos (27,59% del total) fue con secuelas, permaneciendo 11 procesos en situación de incapacidad temporal (18,96%), bien por estar pendientes de resolución y definición de sus secuelas o por considerarse su proceso no finalizado.

La edad media de los pacientes dados de alta laboral sin secuelas era de  $39,85 \pm 8,06$  años, siendo el 96,77% varones (30 casos) y el 3,23% restante, mujeres (1 caso). Por otro lado, la edad media de los pacientes dados de alta laboral con secuelas fue de  $41,78 \pm 9,29$  años, siendo el 93,75% varones (15 casos) y el 6,25% restante (1 caso), mujeres.

Considerando la actividad laboral de los pacientes dados de alta laboral sin secuelas, 12 casos pertenecían al sector

**Tabla 1.** Distribución de la muestra de estudio en función del tipo de fractura. n – número de casos

Fractura de calcáneo	n	%	Afectación		Subastragalina	
			n	%	n	%
Cerrada	54	93,10	26	48,14	28	51,86
Abierta	4	6,90	2	50	2	50

**Tabla 2.** Datos correspondientes a la 1ª valoración funcional de la marcha efectuada. GRUPO A – Grupo ortopédico; GRUPO B – Grupo quirúrgico

Parámetros analizados	Grupo A	Grupo B
	28 casos (48,27%)	30 casos (51,73%)
Velocidad de marcha (m/s)	0,81 ± 0,21	0,92 ± 0,15
Tiempo de apoyo (s)	0,83 ± 0,10	0,81 ± 0,08
Fuerza de frenado antero-posterior*	0,11 ± 0,03	0,11 ± 0,03
Fuerza de oscilación*	0,84 ± 0,06	0,85 ± 0,04
Fuerza de propulsión antero-posterior*	0,11 ± 0,02	0,09 ± 0,03
Fuerza de despegue vertical*	0,98 ± 0,04	0,96 ± 0,03
Valoración final lado sano (%)	88,95 ± 7,58	91,24 ± 5,52
Valoración final lado patológico (%)	87,13 ± 8,36	82,34 ± 8,28
Valoración funcional final (%)	86,44 ± 8,31	86,19 ± 8,18

(\*)Valores normalizados por el peso. Media ± desviación estándar.

de la construcción (38,70%), 4 eran montadores (12,90%), 3 conductores (9,67%), 2 electricistas (6,45%), y el resto de los casos hasta 31 (10 casos – 32,25%) correspondían a diferentes ocupaciones (camarero, cerrajero, mantenimiento, pintor, etc.).

Entre los pacientes dados de alta laboral con secuelas, en 5 de ellos se catalogó el proceso como Lesión Permanente no Invalidante (BAREMO –pintor, panadero, instalador, agricultor y fontanero–), en 7 casos se dictaminó una Incapacidad Permanente Parcial (conductor –2 casos–, construcción –2 casos–, metalúrgico, mantenimiento y pintor), y finalmente en 4 casos, la resolución final correspondía a una Incapacidad Permanente Total (construcción –3 casos– y marmolista).

De los pacientes dados de alta laboral sin secuelas, 19 casos fueron manejados de forma ortopédica (32,75% del total de la muestra), mientras que 12 casos (20,68%) fueron tratados quirúrgicamente. Respecto a los casos dados de alta laboral con secuelas, 5 de ellos (8,62% del total) habían sido tratado ortopédicamente y 11 (18,96% del total) de forma quirúrgica.

El número medio de días de incapacidad temporal consumidos por los pacientes del estudio dados de alta laboral sin secuelas fue de 151,41 días, con una desviación estándar de 91,62 días, mientras que en los pacientes dados de alta laboral con secuelas, el número medio de días de incapacidad temporal consumidos al momento del alta fue de 249,93 días, con una desviación estándar de 154,02 días.

De los pacientes dados de alta laboral sin secuelas (31 casos), sólo 1 de ellos (1,72% del total) sufrió un proceso doloroso de características mecánicas con cierta inflamación asociada en tobillo y pie a la semana del alta, que precisó un breve periodo de incapacidad temporal de 10 días, tra-

tado mediante reposo funcional y medicación analgésica, consiguiendo reincorporarse sin problemas a su actividad laboral previa (electricista).

Analizando la información objetiva derivada de la valoración funcional de la marcha realizada a cada uno de los casos, se observan los datos recogidos en las tablas 2, 3 y 4.

La velocidad inicial de marcha era inferior en el grupo ortopédico aunque sin diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) al compararla con el grupo quirúrgico. Mientras que la fuerza de frenado antero-posterior era igual en ambos grupos, tanto la fuerza de despegue vertical como la de propulsión antero-posterior eran superiores en el grupo ortopédico, aunque sin objetivarse diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre los valores promedios registrados en ambos grupos.

La valoración funcional correspondiente al lado patológico era superior en el grupo ortopédico, aunque sin evidenciarse diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). Por otro lado, la valoración funcional global derivada del primer análisis efectuado, era similar en ambos grupos, sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

No se objetivaron diferencias estadísticamente significativas al comparar los valores obtenidos en los diferentes parámetros registrados en las valoraciones correspondientes al momento del alta laboral entre los pacientes que cursaron sin secuelas, independientemente del tratamiento realizado.

Al analizar la evolución del patrón de marcha de los pacientes pertenecientes al grupo ortopédico, se observó cómo en todos los parámetros analizados (velocidad de marcha, tiempo de apoyo, fuerza de frenado antero-posterior, fuerza de oscilación, fuerza de propulsión antero-posterior,



fuerza de despegue vertical, valoración funcional del lado sano, valoración funcional del lado patológico y valoración funcional final) las diferencias existentes entre los valores registrados en la 1ª valoración funcional y los obtenidos en el momento del alta laboral eran estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). En el grupo quirúrgico, los hallazgos registrados eran muy parecidos al grupo ortopédico excepto en el caso de la fuerza de despegue vertical y la valoración funcional del lado patológico, donde no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas al comparar los valores obtenidos en la 1ª valoración funcional efectuada y la realizada en el momento del alta laboral.

Al analizar los valores registrados en los diferentes parámetros estudiados en la valoración funcional final de los pacientes dados de alta laboral sin secuelas y compararlos con un grupo control compuesto por 30 pacientes sanos voluntarios (20 varones y 10 mujeres) con una edad media de  $36,27 \pm 11,01$  años, sin antecedentes personales relevantes ni procesos patológicos en los últimos 6 meses que pudieran determinar una alteración significativa en su capacidad funcional de deambulación, sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en los parámetros correspondientes a la fuerza de propulsión antero-posterior, fuerza de despegue vertical y valoración funcional global, situación similar en ambos grupos (ortopédico y quirúrgico). Estos hallazgos pondrían de manifiesto un alejamiento de los valores considerados normales en la parte final de la fase de apoyo del ciclo de la marcha, que se correspondería con las fases de despegue del suelo y posterior avance de la extremidad inferior hacia delante.

En el resto de los parámetros analizados, los valores obtenidos en el grupo patológico (ortopédico y quirúrgico) son

similares a los registrados en el grupo control, indicando una tendencia progresiva de dichos valores hacia la normalidad y consecuentemente una mejoría paulatina en el patrón funcional de marcha del paciente.

## Discusión

La fractura de calcáneo puede considerarse una patología predominantemente laboral, relacionándose sobre todo con actividades con un riesgo elevado de caída [6,7] y presentándose en el mayor porcentaje de los casos entre trabajadores en edad laboral, en torno a los 35-45 años [8].

Respecto al tratamiento inicial de esta lesión, actualmente continúa siendo motivo de discusión, en gran medida condicionado a la diferentes posibilidades existentes y a la variabilidad de su pronóstico funcional [2,9,10]. Son numerosos los trabajos y artículos que abordan las diferentes opciones terapéuticas disponibles, tanto conservadoras como quirúrgicas [11-14]. En nuestro grupo de trabajo, hay cierta igualdad entre los pacientes tratados de forma ortopédica (48,27%) y los pacientes intervenidos quirúrgicamente (51,72%), principalmente debido a que el tipo de tratamiento proporcionado no ha sido considerado como un factor determinante en la inclusión de los diferentes pacientes al estudio.

Se han recogido datos considerados relevantes por su posible implicación en el pronóstico funcional final de estos pacientes, como el tiempo de inmovilización inicial, el tiempo de descarga y el tiempo transcurrido desde del accidente hasta el inicio de la rehabilitación. Respecto al tiempo de inmovilización, el valor promedio de 5 semanas se encuentra dentro de lo recogido en otras series, que consideran un plazo aproximado de 4 a 6 semanas de in-

**Tabla 3.** Datos correspondientes a los procesos dados de alta laboral sin secuelas, incluyendo los valores registrados en la 1ª valoración funcional de la marcha efectuada y los obtenidos en el momento del alta

Parámetros analizados	Tratamiento ortopédico 19 casos (32,75%)		Tratamiento quirúrgico 12 casos (20,68%)	
	Valoración inicial	Valoración final	Valoración inicial	Valoración final
Velocidad de marcha (m/s)	0,81 $\pm$ 0,24	1,20 $\pm$ 0,14	1,05 $\pm$ 0,11	1,21 $\pm$ 0,14
Tiempo de apoyo (s)	0,81 $\pm$ 0,10	0,74 $\pm$ 0,04	0,77 $\pm$ 0,06	0,72 $\pm$ 0,05
Fuerza de frenado antero-posterior*	0,13 $\pm$ 0,02	0,16 $\pm$ 0,03	0,14 $\pm$ 0,02	0,17 $\pm$ 0,03
Fuerza de oscilación*	0,82 $\pm$ 0,06	0,75 $\pm$ 0,06	0,82 $\pm$ 0,04	0,77 $\pm$ 0,04
Fuerza de propulsión antero-posterior*	0,12 $\pm$ 0,02	0,16 $\pm$ 0,03	0,10 $\pm$ 0,03	0,14 $\pm$ 0,03
Fuerza de despegue vertical*	0,99 $\pm$ 0,05	1,03 $\pm$ 0,05	0,96 $\pm$ 0,03	1,00 $\pm$ 0,06
Valoración final lado sano (%)	89,83 $\pm$ 7,98	96,23 $\pm$ 2,68	93,88 $\pm$ 3,5	96,15 $\pm$ 2,09
Valoración final lado patológico (%)	88,78 $\pm$ 7,29	94,24 $\pm$ 5,34	87,17 $\pm$ 6,38	93,53 $\pm$ 4,33
Valoración funcional final (%)	88,07 $\pm$ 9,08	95,78 $\pm$ 2,91	91,84 $\pm$ 3,88	95,86 $\pm$ 2,25

(\*Valores normalizados por el peso. Media  $\pm$  desviación estándar.

**Tabla 4.** Datos correspondientes a los procesos dados de alta laboral sin secuelas registrados en el momento del alta, en comparación con los valores obtenidos en un grupo control

Parámetros analizados	Grupo patológico		Grupo control
	Tratamiento ortopédico 19 casos (32,75%)	Tratamiento quirúrgico 12 casos (20,68%)	
Velocidad de marcha (m/s)	1,20 ± 0,14	1,21 ± 0,14	1,24 ± 0,14
Tiempo de apoyo (s)	0,74 ± 0,04	0,72 ± 0,05	0,71 ± 0,06
Fuerza de frenado antero-posterior*	0,16 ± 0,03	0,17 ± 0,03	0,18 ± 0,03
Fuerza de oscilación*	0,75 ± 0,06	0,77 ± 0,04	0,72 ± 0,07
Fuerza de propulsión antero-posterior*	0,16 ± 0,03	0,14 ± 0,03	0,20 ± 0,02
Fuerza de despegue vertical*	1,03 ± 0,05	1,00 ± 0,06	1,12 ± 0,06
Valoración final lado sano (%)	96,23 ± 2,68	96,15 ± 2,09	96,83 ± 1,67
Valoración final lado patológico (%)	94,24 ± 5,34	93,53 ± 4,33	—
Valoración funcional final (%)	95,78 ± 2,91	95,86 ± 2,25	97,58 ± 1,22

(\*)Valores normalizados por el peso. Media ± desviación estándar.

movilización, claramente condicionado al tipo de tratamiento realizado [5, 15,16]. En cuanto al tiempo de descarga, en nuestra muestra está en torno a las 9 semanas, similar a lo revisado en la bibliografía donde recomiendan un periodo variable de descarga entre 8 y 10 semanas, siempre y cuando se evidencien signos radiológicos de consolidación ósea [5,17]. Considerando el tiempo transcurrido hasta el comienzo de la rehabilitación, en torno a las 7 semanas en nuestra serie, se podría considerar por encima de lo recomendado, más aún teniendo en cuenta el periodo inicial de inmovilización, casi 2 semanas menos, y la consabida necesidad de preparar el tobillo y pie inmovilizados para el posterior comienzo de la fase de reeducación de la marcha [5]. Un dato importante es el tiempo transcurrido desde la lesión hasta la 1ª valoración funcional realizada, en torno a las 18 semanas, que por lo general coincidiría con el comienzo de una marcha independiente sin ayudas en interiores.

Son numerosos los estudios que abordan las fracturas de calcáneo, unos de una forma más general y otros centrándose específicamente en el aspecto terapéutico de las mismas, siendo menos frecuentes las referencias bibliográficas que se centran en el estudio biomecánico de estas lesiones y más específicamente en su influencia sobre el patrón de marcha del paciente que las sufre. Por lo general, la valoración funcional de la capacidad de deambulación puede realizarse a través de un análisis cinemático o mediante un análisis cinético [18,19]. En nuestro caso se ha utilizado un método cinético consistente en una pista de marcha instrumentada mediante 2 plataformas dinámicas con capacidad para registrar una serie de parámetros relacionados con la deambulación, específica-

mente las fuerzas de reacción del suelo al contacto con el pie durante la fase de apoyo, posibilitando la obtención de información objetiva sobre el nivel funcional de un paciente y el grado de alejamiento respecto a los límites considerados de normalidad.

Los datos obtenidos indican una mejoría progresiva en la capacidad funcional de deambulación de los pacientes de la muestra, con una clara tendencia hacia la normalización en la práctica totalidad de los parámetros estudiados, permaneciendo algo más alejados de las bandas de normalidad los valores correspondientes a las fuerzas de despegue vertical y de propulsión antero-posterior, lo que traduciría una mayor dificultad del paciente en la parte final de la fase de apoyo del ciclo de la marcha, y plantearía la necesidad de trabajar de una forma más específica dicho aspecto en el programa de rehabilitación. Esta conclusión es similar a la recogida en otros estudios, en los que se valora la influencia del tratamiento efectuado en la repercusión funcional final de la persona que sufre dicha lesión [20-24].

El resultado obtenido en cuanto a la reincorporación del trabajador a sus actividades previas puede considerarse aceptable, dado que el 53,44% de los casos fueron dados de alta laboral sin ningún tipo de secuela. Posiblemente la edad media de dicho grupo de pacientes  $-39,85 \pm 8,06$  años- juegue un papel determinante en una mejor evolución clínica en comparación con una muestra de pacientes de mayor edad. En nuestro grupo de trabajo, los mejores resultados funcionales se obtuvieron en los pacientes tratados de forma ortopédica, muy posiblemente en relación con el tipo de lesión sufrida y en menor medida con el tratamiento inicialmente proporcionado. Por otro lado, el mayor porcentaje de secuelas se registró en el grupo quirúrgi-



ca, orientando hacia una mayor gravedad inicial de las lesiones tratadas de forma invasiva.

Todos los pacientes dados de alta laboral sin secuelas (31 casos) excepto 5 de ellos obtuvieron en la valoración funcional final una puntuación comprendida entre el 95 y el 100%, rango porcentual compatible con la normalidad, indicando la utilidad de esta herramienta biomecánica de valoración tanto en la catalogación funcional de la capacidad de marcha de un paciente como en la decisión médica final.

La patología de la extremidad inferior y más concretamente la patología específica del tobillo y pie, es frecuente en el ámbito laboral, resultando prioritario contar con los medios diagnósticos y terapéuticos más adecuados para definir con precisión la repercusión que ésta puede determinar en la capacidad funcional del trabajador. El análisis funcional de la marcha mediante el empleo de un sistema de plataformas dinamométricas constituye un método de apoyo útil en el control y seguimiento evolutivo de los pacientes diagnosticados de fractura de calcáneo, al ofrecer la posibilidad de valorar de una forma objetiva la mejoría conseguida en su patrón funcional de marcha, así como modificar la pauta terapéutica a seguir en función de las limitaciones funcionales que puedan existir.

Es necesario realizar nuevos estudios que confirmen los resultados derivados de éste, incluyendo un incremento en el tamaño de la muestra estudiada, y valorar la utilización de esta herramienta en el análisis de la evolución clínica y el resultado funcional en aquellas patologías con capacidad para afectar el patrón de deambulación de un paciente. ■

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Miralles FA, Sanz J, Lizaur A. Valoración de la artrodesis subastragalina en el tratamiento de la artrosis tras fractura de calcáneo. *Rev Ortop Traumatol.* 2002; 3: 221-6.
- Montero LA, López de Turiso J, Colino AL, Trobajo JE, Quevedo LA. Fracturas articulares de calcáneo: tratamiento mediante ligamentotaxis. *Rev Ortop Traumatol* 2003; 48: 122-7.
- Hanse ST. Biomechanical considerations of the hindfoot. En Tscherne H, Schatzker J, editors. *Major fractures of the pilon, the talus and the calcaneus.* Berlin: Springer; 1993: 145-52.
- Lowrie I, Triffit P, Gregg P. A controlled prospective, randomized trial of operative versus conservative treatment of displaced intra-articular fractures of the os calcis. A preliminary report. *J Bone Joint Surg (Br)* 1990; 72B: 948.
- Queipo de Llano A, Valverde-Grimaldi C, Lorente R. Fractura de calcáneo. Introducción y tratamiento rehabilitador. En *Pautas de rehabilitación en traumatología, miembro superior – miembro inferior.* Coordinación editorial IM&C, 1996, 291-6.
- Babin Sr, Simon P. *Fractures du calcaneum.* *Encycl Med Chir. Appareil locomoteur.* París: Elsevier; 1996: 6.
- Fernández J, Sánchez J, Díaz L, Gamazo E, Sánchez-Robles A, Rubio M. Fractura de estrés en calcáneo de deportista. *Avances Traum* 2004; 34/3: 245-8.
- García M, Viladot A. Fracturas de calcáneo: revisión de conceptos generales. *Rev Ortop Traumatol* 2005; 49 (supl. 1): 69-73.
- Mencía R, Ramos L, Sardón E, Santos JA, Fernández L. Resultados a largo plazo del tratamiento de fracturas conminutas talámicas del calcáneo. Revisión de 49 casos. *Rev Ortop Traumatol* 1997; 41: 502-6.
- Thermann H, Krettek C, Hüfner T, Schratz HE, Albrecht K, Tscherne H. Management of calcaneal fractures in adult. *Clin Orthop* 1998; 353: 107-24.
- Besch L, Radke B, Mueller M, Daniels-Wredenhagen M, Varoga D, Hilgert RE, Mathiak G, Oehlert K, Seekamp A. Dynamic and functional gait analysis of severely displaced intra-articular calcaneus fractures treated with a hinged external fixator or internal stabilization. *J Foot Ankle Surg* 2008; 47: 19-25.
- Easley M, Trnka HJ, Schon LC, Myerson MS. Isolated subtalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg (Am)* 2000; 82A: 613-24.
- Thermann H, Hüfner T, Schratz E, Held C, Von Glinski S, Tscherne H. Long-term results of subtalar fusions after operative versus nonoperative treatment of os calcis fractures. *Foot Ankle Int* 1999; 20: 408-15.
- Leeng K, Yuen K, Chan W. Operative treatment of displaced intraarticular fractures of the calcaneum. Medium-term results. *J Bone Joint Surg (Br)* 1993; 75B: 196-201.
- Lance E, Carey E, Wade P. Fracture of the os calcis: treatment by early mobilization. *Clin Orthop* 1963; 30: 76-90.
- Petre G, Becker J, Delagoutte J. *Traitement fonctionnel des fractures du calcaneum.* *Pathologie du talon.* Paris. Masson, 1986, pp 242-5.
- Paley D, Hall H. Intra-articular fractures of the calcaneus. A critical analysis of results and prognostic factors. *J Bone Joint Surg (Am)* 1993; 75-A: 342-54.
- Viladot A y cols. Estudio de la marcha humana. En *Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor.* Springer-Verlag Ibérica, Barcelona 2001, 243-59.
- Sánchez-Lacuesta J, Prat J, Hoyos JV, Viosca E, Soler-García C, Comín M, Lafuente R, Cortés A, Vera P. *Biomecánica*





- de la marcha humana normal y patológica. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia. 1993.
20. Schepers T, Heetveld MJ, Mulder PG, Patka P. Clinical outcome scoring of intra-articular calcaneal fractures. *J Foot Ankle Surg* 2008; 47: 213.
  21. Bozkurt M, Kentel BB, Yavuzer G, Ocgüder A, Heycan C, Tonuk E. Functional evaluation of intraarticular severely comminuted fractures of the calcaneus with gait analysis. *J Foot Ankle Surg* 2004; 43: 374-9.
  22. Mittlmeier T, Morlock MM, Hertlein H, Fäsler M, Mutchler W, Bauer G, Lob G. Analysis of morphology and gait function after intraarticular calcaneal fracture. *J Orthop Trauma* 1993; 7: 303-10.
  23. Lafuente R, Doñeta JJ, Poveda R, García A, Soler C. Valoración evolutiva de fracturas de calcáneo mediante el análisis biomecánico de la marcha: puesta a punto de métodos y resultados preliminares. *Mapfre Medicina* 1999; 10: 237-52.
  24. Lafuente R, Doñate JJ, Poveda R, García A, Soler C. Valoración evolutiva de fracturas de calcáneo mediante el análisis biomecánico de la marcha. Análisis de resultados. *Mapfre Medicina* 2002; 13: 275-83.

#### Conflicto de intereses

Los autores no hemos recibido ayuda económica alguna para la realización de este trabajo. Tampoco hemos firmado ningún acuerdo por el que vayamos a recibir beneficios u honorarios por parte de alguna entidad comercial. Ninguna entidad comercial ha pagado, ni pagará, a fundaciones, instituciones educativas u otras organizaciones sin ánimo de lucro a las que estamos afiliados.