

Marta Meana Riera

**BIOMECÁNICA DEL VENDAJE
FUNCIONAL PREVENTIVO DE TOBILLO
EN DEPORTES DE COLABORACIÓN-OPOSICIÓN**



MONOGRAFÍAS DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

BIOMECÁNICA DEL VENDAJE FUNCIONAL PREVENTIVO DE TOBILLO
EN DEPORTES DE COLABORACIÓN-OPOSICIÓN

© Marta Meana Riera

© Fundación Universitaria San Antonio

1ª ed.: Murcia, 2004

I.S.B.N.: 84-96353-03-6

D.L.: MU-687-2004

Edición realizada para la Universidad Católica San Antonio
por *QUADERNA EDITORIAL*
Telf. 968 343 050 - quaderna@telefonica.net

Impreso en España. Todos los derechos reservados.
Prohibida la reproducción total o parcial sin permiso expreso
y por escrito de los titulares del Copyright.

*A Alberto, a mi familia
y a mis amigos*

AGRADECIMIENTOS

En la realización de esta tesis doctoral han colaborado directa e indirectamente diversas personas a las que quiero agradecer sinceramente su colaboración.

A Xavier Aguado, por toda su labor en la dirección de la tesis, sus ánimos y su amistad.

A la Fundación Mapfre-Medicina, por contribuir al desarrollo de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte mediante la financiación de trabajos de investigación como la presente Tesis Doctoral.

A todos los alumnos del INEF de León que han participado en la fase experimental realizando todas las pruebas de la misma.

Al Dr. Cesáreo López Rodríguez, por su participación en la fase experimental en la realización de los vendajes y por su colaboración como experto.

A Margarita Fernández Aláez, por su ayuda con la estadística y por las inyecciones de ánimo.

A mis compañeros de laboratorio durante esta etapa, Íñigo, Ignacio, Raúl y José Luis, por su ayuda y por hacer más llevaderas las horas de trabajo.

A Melina, Alicia y Alberto, por su participación y colaboración durante la fase experimental.

ABREVIATURAS UTILIZADAS

Las abreviaturas de las unidades de medida del Sistema Internacional de Unidades (SI) no se incluyen en esta relación al existir normas internacionalmente aceptadas sobre su uso. Tampoco se han incluido en esta relación las abreviaturas de uso universal en estadística.

- %X:** Componente del tipo de pie (cavo/normal/plano).
- 3D:** Tridimensional.
- AE:** Antes del entrenamiento.
- AI:** Arco interno del mediopié.
- DE:** Después del entrenamiento.
- DIF:** Diferencia.
- DLT:** Transformación Lineal Directa.
- EEUU:** Estados Unidos.
- EPC:** Eversión pasiva del calcáneo.
- EPT:** Extensión pasiva del tobillo.
- ETF:** Extensión del tobillo en el frenado.
- ETI:** Extensión del tobillo en la impulsión.
- FAP:** Flexión del antepié.
- FPT:** Flexión pasiva del tobillo.
- FT:** Flexión del tobillo.
- FX:** Fuerza mediolateral.
- FY:** Fuerza anteroposterior.
- FZ:** Fuerza vertical.
- GCV:** Generalised Cross Validation.
- IAC:** Inclinación anterior del calcáneo.
- IAP:** Inclinación anterior de la pierna.
- IBV:** Instituto de Biomecánica de Valencia.
- ICF:** Inversión del calcáneo en el frenado.
- ICI:** Inversión del calcáneo en la impulsión.
- ILCF:** Inclinación lateral del calcáneo en el frenado.
- ILCI:** Inclinación lateral del calcáneo en la impulsión.
- ILPF:** Inclinación lateral de la pierna en el frenado.
- ILPI:** Inclinación lateral de la pierna en la impulsión.
- IM:** Impulso mecánico.
- IMC:** Índice de masa corporal.
- IMF:** Impulso mecánico de frenado.
- IMI:** Impulso mecánico de impulsión.
- IMT:** Impulso mecánico total.

- IMXF:** Impulso mecánico mediolateral de frenado.
IMXI: Impulso mecánico mediolateral de impulsión.
IMYF: Impulso mecánico anteroposterior de frenado.
IMYI: Impulso mecánico anteroposterior de impulsión.
IMZF: Impulso mecánico vertical de frenado.
IMZI: Impulso mecánico vertical de impulsión.
IPC: Inversión pasiva del calcáneo.
IPP: Inclinação posterior de la pierna.
LP: Longitud del pie.
LT: Localización temporal.
MF: Medida fundamental.
MFXF: Máxima fuerza mediolateral de frenado.
MFXI: Máxima fuerza mediolateral de impulsión.
MFYF: Máxima fuerza anteroposterior de frenado.
MFYI: Máxima fuerza anteroposterior de impulsión.
MFZF: Máxima fuerza vertical de frenado.
MFZI: Máxima fuerza vertical de impulsión.
n: número de sujetos de la muestra.
NRF: No hay restricción final.
NRI: No hay restricción inicial.
PE: Pérdida de eficacia.
RF: Restricción final.
RI: Restricción inicial.
SV: Sin vendaje.
TA: Ancho del talón o retropié.
TC: Tiempo de circuito.
TEAP: Torsión externa del antepié.
TF: Tiempo de finta.
TIAP: Torsión interna del antepié.
VF: Vendaje fatigado.
VN: Vendaje nuevo.
X: Ancho del antepié.
Y: Ancho del mediopié.

ÍNDICE

JUSTIFICACIÓN	15
1. Introducción.....	15
1.1. Deporte y salud.....	15
1.2. El papel de la biomecánica deportiva.....	15
2. Epidemiología de las lesiones de tobillo	16
2.1. Deportes y factores de riesgo	17
2.1.1. Baloncesto	17
2.1.2. Balonmano.....	18
2.1.3. Fútbol	19
2.1.4. Voleibol.....	20
3. Anatomía funcional del tobillo.....	21
3.1. Funciones.....	22
3.2. Huesos y articulaciones.....	23
3.2.1. Articulación suprastragalina.....	24
3.2.2. Articulación subastragalina.....	24
3.3. Ligamentos.....	25
3.3.1. Complejo externo.....	25
3.3.2. Complejo interno	26
3.3.3. Complejo interóseo	27
3.4. Músculos.....	28
3.5. Predisposición anatómica hacia la lesión	29
4. Biomecánica del tobillo.....	30
4.1. Planos corporales.....	30
4.2. Ejes de movimiento.....	30
4.3. Movimientos.....	32
4.4. Valores normales de movimiento	34
5. Mecanismos de lesión	35
5.1. Situaciones de juego implicadas.....	36
5.2. Consecuencias de la lesión	37
6. El vendaje funcional.....	39
6.1. Historia de los vendajes funcionales.....	40
6.2. Objetivos del vendaje funcional preventivo	42
6.3. Efectos del vendaje funcional preventivo.....	43
6.3.1. Efecto mecánico.....	43
6.3.2. Efecto de propiocepción.....	44
6.3.3. Efecto de exterocepción.....	44
6.3.4. Efecto psicológico	44

6.4. Inconvenientes de uso y condicionantes de eficacia.....	44
6.4.1. Disminución del rendimiento deportivo.....	45
6.4.2. Fatiga del vendaje tras el ejercicio.....	46
6.4.3. Pérdida de la capacidad de amortiguación.....	47
OBJETIVOS	51
1. Objetivos generales.....	51
2. Objetivos específicos.....	51
METODOLOGÍA	53
1. Estudio piloto.....	53
2. Estudio principal.....	55
2.1. Sujetos.....	55
2.1.1. Criterios de selección.....	55
2.2. Material.....	56
2.2.1. Vendaje.....	56
2.2.2. Goniometría.....	56
2.2.3. Fotopodograma.....	56
2.2.4. Circuito.....	56
2.2.5. Fotogrametría.....	56
2.2.6. Dinamometría.....	57
2.3. Diseño experimental.....	57
2.3.1. Fase de campo.....	57
2.3.2. Fase de laboratorio.....	71
RESULTADOS	79
1. Efectos del vendaje.....	79
1.1. Cambios tras el entrenamiento.....	79
1.1.1. En las dimensiones de la huella.....	79
1.1.2. En la flexibilidad del tobillo.....	81
1.2. Efectos sobre la amplitud articular pasiva.....	82
1.3. Efectos en la realización de la finta.....	83
1.3.1. En la cinemática del tobillo.....	83
1.3.2. Cambios en las fuerzas de reacción.....	99
1.3.3. Cambios en el rendimiento.....	106
2. Correlación de los resultados con las características individuales.....	108
2.1. Con las variables antropométricas.....	108
2.1.1. Con las dimensiones de la huella.....	110
2.1.2. Con la flexibilidad del tobillo.....	111

DISCUSIÓN	113
1. Sobre la metodología	113
1.1. Orden de las pruebas	113
1.2. Diferencias entre movilidad pasiva y dinámica.....	114
2. Sobre los resultados	116
2.1. Capacidad de restricción	116
2.1.1. Influencia de las características individuales en la RI.....	118
2.2. Fatiga tras el entrenamiento	118
2.2.1. Influencia de las características individuales en la PE.....	119
2.3. Efecto sobre el rendimiento deportivo.....	122
2.4. Efecto sobre la amortiguación de impactos.....	123
2.5. Cambios en la biomecánica del tobillo	125
CONCLUSIONES	127
1. Puesta a punto de la metodología.....	127
2. Evaluación de la eficacia del vendaje como método preventivo.....	127
3. Evaluación de los efectos adversos del vendaje como método preventivo	128
4. Líneas de futuro	129
BIBLIOGRAFÍA	131

Justificación

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DEPORTE Y SALUD

La mayor conciencia de la importancia de la actividad física para la salud ha hecho que cada vez sean más las personas que practican deporte. Los beneficios del ejercicio físico continuado implican la mejora de la condición física, una mejor salud y una esperanza de vida mayor, pero estos beneficios tienen un precio, y es el riesgo de sufrir lesiones musculoesqueléticas.

El deportista se encuentra actualmente acompañado en su labor por entrenadores, jueces y árbitros, directivos, médicos, etc., que deberían afrontar en su labor cotidiana una responsabilidad compartida, que es velar por su salud. La prevención de las lesiones deportivas implica a todos aquellos que de una u otra forma desarrollan su actividad en el mundo del deporte. Por supuesto, el deportista es el primer responsable de su salud, y por ello debería practicar deporte con seguridad y ser formado acerca de los malos y buenos hábitos, importancia de los periodos de descanso, pautas dietéticas, asesoramiento biomecánico acerca del material y equipamiento adecuados y medidas preventivas.

El empleo de las protecciones específicamente diseñadas, homologadas y reglamentarias para la prevención de las lesiones deportivas, debería ser absolutamente obligatorio durante el entrenamiento y la competición en todos los deportes que precisen de ellas. Pero, además, es de gran importancia la utilización de métodos preventivos para aquellos jugadores o deportistas que, por las características del deporte que practican, por su posición de juego o por una predisposición individual, están especialmente expuestos a ciertos tipos de lesión, a pesar de que éstos no sean obligatorios (vendajes, protecciones, etc.).

1.2. EL PAPEL DE LA BIOMECÁNICA DEPORTIVA

Durante las últimas tres décadas, las lesiones deportivas han sido un foco de creciente interés en la biomecánica, con el principal objetivo de determinar los factores de riesgo (Williams, 1980; Walter, Sutton y McIntosh, 1985; Sandelin, Santavirta, Lättilla y cols. 1988; Jones, Cowan y Knapik, 1994). Muchos investigadores afirman que las lesiones deportivas son un fenómeno fruto de la combinación de varios factores que interactúan entre sí y que, por tanto, las causas son múltiples, lo cual dificulta particularmente esta tarea, así como su prevención (Lynsens, Lefeure, Renson y cols., 1984; Sandelin, Santavirta, Lättilla y cols., 1988).

Para conseguir el objetivo de prevención es fundamental comprender la biomecánica normal de los movimientos corporales que se realizan en cada disciplina deportiva. En el campo de la biomecánica médico-deportiva son de especial interés los estudios cinemáticos y cinéticos, los cuales aportan una información muy valiosa de cara a la valoración objetiva de las técnicas deportivas de cada disciplina gracias a las modernas técnicas de análisis computerizado como la fotogrametría y la dinamometría (Parks, 1991).

Una de las líneas de investigación más avanzadas dentro del campo de la Biomecánica Deportiva se ha centrado en el análisis de los movimientos del pie y las fuerzas de impacto que sufre durante la fase de apoyo en distintas técnicas deportivas. Esta línea de investigación está justificada por la trascendencia de la acción del pie, debido a que es la primera parte del cuerpo que toma contacto con el suelo y la que recibe, prácticamente, el 100% de las grandes sobrecargas que genera el cuerpo humano durante sus desplazamientos (Esparza y Aguado, 1985; Esparza y Aguado, 1988), siendo el origen de un alto porcentaje de las lesiones deportivas. Unos de los aspectos más investigados dentro de esta área son los movimientos de pronación y supinación del pie, así como el registro de las fuerzas de reacción del suelo, sin embargo, hoy en día aún queda mucho por investigar en este campo.

2. EPIDEMIOLOGÍA DE LAS LESIONES DE TOBILLO

El tobillo participa en la biomecánica de todos los deportes, es el punto más solicitado en muchos de ellos y la carga soportada a ese nivel es tres veces superior a la soportada por la rodilla, provocando que las lesiones en esta zona sean muy corrientes (Ryan, Hopkinson, Wheeler y cols., 1989; Winge, Jorgensen y Lassen Nielsen, 1989; Mc Dermott, 1993; Prentice, 1997; Simpson y Kanter, 1997; Kibler, 1998; Bylak y Hutchinson, 1998) y supongan en algunas estadísticas entre el 20 y el 30% de todas las lesiones deportivas (Winter y Bishop, 1992; Deltoro, 1996). Entre ellas los esguinces ligamentosos son las patologías más frecuentes (Garrick y Requa, 1988; Karlsson y Lansinger, 1993; Herrador, 1996; van Mechelen, 1997; Boon, Smith y Laskowski, 1999), siendo los responsables de graves trastornos del rendimiento y la causa de inestabilidades crónicas que pueden llegar a interrumpir una carrera deportiva (Arriete, 1996; Martín, 2000).

El esguince de tobillo representa entre el 38 y el 50% de todas las lesiones (Garrick y Requa, 1988; Serra 1997; Arriete, 1996; Meana, 2000). De éstas, el esguince de los ligamentos externos del tobillo por inversión es la más común, supone entre el 33% y el 85% (Bosien, Staples y Russell, 1955; Jackson, Ashley y Powell, 1974; Chapman, 1975; Brand y cols., 1981; Balduini y Tetzlaff, 1982; Garrick, 1982; Navés, Salvador y Puig, 1986; Neri, 1991; Schafle, 1993; Karlsson y Lansinger, 1993; Nattiv y Mandelbaum, 1993; Mackie y Taunton, 1994; Laforgia, Mocci, Capocasale y cols., 1995; Solgar, Nielsen, Moller-Madsen y cols., 1995; Sandrey, Zebas y Bast, 1996; Prentice, 1997; Aagaard, Scavenius y Jorgensen, 1997; Hutchinson, 1997; Briner y Kacmar, 1997; Bylak y Hutchinson, 1998; Meana, 2000).

Se estima que una sexta parte del tiempo perdido a causa de lesiones deportivas se debe a esguinces de tobillo (Garrick, 1982), pues, aunque se trata de la, teóricamente, más

benigna lesión que se produce en el deporte, representa un porcentaje muy elevado (González Iturri, 1991) y a menudo deportistas y entrenadores no prestan la suficiente importancia a su prevención ni a su curación.

Esta lesión requiere un tiempo de reposo e inmovilización de 10 a 21 días (dependiendo del grado del esguince y de las técnicas terapéuticas) además de un periodo de recuperación física y readaptación al deporte, lo que supone una pérdida de forma física, del ritmo de competición y de la dinámica de grupo por la ausencia en los entrenamientos y partidos (Bové, 1998). En definitiva, las lesiones de tobillo son las responsables de las ausencias más largas en la competición (Solgard, Nielsen, Moller-Madsen y cols., 1995). En el 80% de los casos, el deportista lesionado puede volver a la actividad en 15 días, pero un 7% se ve obligado a retrasar su vuelta durante más de siete semanas (Aagaard, Scavenius y Jorgensen, 1997).

Además, entre el 73 y el 77% de los deportistas que sufren un esguince suelen padecer recidivas y el 59% de éstos sufren secuelas, como inestabilidad crónica, que perjudican su rendimiento debido a una sensación de que el tobillo cede y a la inseguridad de prever su comportamiento al realizar regates y giros (González Iturri, 1991; Arriete 1996; Nebot, 1996; Kibler, 1998; Robbins y Waked, 1998).

En los deportes de contacto que se caracterizan por realizarse a gran velocidad, con constantes cambios de ritmo y de dirección, desplazamientos laterales y curvilíneos, salidas rápidas, paradas bruscas y grandes saltos, sus jugadores son una población de riesgo. Todas estas características, unidas al frecuente contacto físico entre jugadores, hacen que la articulación del tobillo se vea sometida a grandes tensiones que pueden dar lugar a lesiones agudas y de fatiga (Garrick, 1987; Garrick y Requa, 1988; Sandelin, Santavirta, Lätillä y cols., 1988; Backx, Beijer, Bol y cols., 1991; Chan, Yuan, Li y cols., 1993).

A continuación se describirá, con mayor detalle, la epidemiología de esta lesión en los deportes más afectados, así como los factores implicados en el riesgo de lesión.

2.1. DEPORTES Y FACTORES DE RIESGO

Los esguinces de tobillo se producen con una elevada frecuencia en los deportes de colaboración-oposición. El baloncesto, el balonmano, el fútbol y el voleibol encabezan las estadísticas de incidencia de esta lesión dentro del mundo del deporte (Garrick 1987; Garrick y Requa, 1988; Backx, Beuer, Bol y cols., 1991; Chan, Yuan, Li y cols., 1993; Robbins y Waked, 1998). Esto se debe principalmente a las características de su juego, así como al gran número de practicantes en todo el mundo. A continuación, se hablará de la epidemiología de los esguinces de tobillo en estos cuatro deportes.

2.1.1. Baloncesto

El baloncesto se encuentra a la cabeza de los deportes de mayor riesgo en lo que respecta a la vulnerabilidad del tobillo (Martínez Romero, 1985; Sonzogni y Gross, 1993; McDermott, 1993; Robbins y Waked, 1998; Lorza, 1998). Desde su invención hasta nuestros