



UNIVERSITAT DE BARCELONA



TRABAJO FIN DE GRADO DE PODOLOGÍA

**El sistema BIOVAL® como herramienta de
valoración de soportes plantares en el
esguince de tobillo.**

Nombre: Iván Becerra Verdón

Tutor: Sergio Sacristán Valero

12 de Junio de 2014

ÍNDICE DEL TRABAJO

1. Resumen y palabras clave	Pág. 5
2. Introducción	Pág. 6
3. Hipótesis y objetivos	Pág. 8
4. Contextualización	
4.1 El esguince de tobillo	Pág. 9
4.1.1 Anatomía del tobillo	Pág. 9
4.1.2 Biomecánica de la lesión	Pág. 16
4.1.3 Clasificación del esguince de tobillo	Pág. 17
4.1.4 Tratamiento del esguince de tobillo	Pág. 19
5. Material y métodos	Pág. 21
5.1 El sistema BIOVAL®	Pág.23
5.1.1 Acelerometría	Pág. 25
5.1.2 Giroscopio	Pág.25
5.1.3 Magnetómetro	Pág.25
5.2 Exploración	Pág. 26
5.2.1 Exploración del pie	Pág. 26
5.2.2 Exploración de rodilla	Pág. 27
5.2.3 Exploración de cadera	Pág.27
5.2.4 Exploración en bipedestación	Pág. 28
5.2.5 Exploración en dinámica	Pág. 30
5.3 Tratamiento	Pág. 31

6. Resultados	Pág. 32
6.1 Registro sin tratamiento	
6.1.1 Registro 1	Pág. 32
6.1.2 Registro 2	Pág. 33
6.1.3 Registro 3	Pág. 33
6.2 Registro con tratamiento	
6.2.1 Registro 1	Pág. 34
6.2.2 Registro 2	Pág.35
6.2.3 Registro 3	Pág. 35
7. Discusión	Pág. 37
8. Conclusión	Pág. 39
9. Bibliografía	Pág. 40
10. Agradecimientos	Pág. 42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos del primer registro	Pág.32
Tabla2. Datos del segundo registro	Pág. 33
Tabla 3. Datos del tercer registro	Pág. 33
Tabla 4. Datos estadísticos de los registros sin tratamiento	Pág. 34
Tabla 5. Datos cuarto registro	Pág.34
Tabla 6. Datos quinto registro	Pág. 35
Tabla 7. Datos sexto registro	Pág. 35
Tabla 8. Datos estadísticos de los registros con tratamiento	Pág. 36

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Fig.1 Localización de los ligamentos del complejo ligamentario externo. (Dr. Silvio Maffi)	Pág. 11
Fig.2 Localización de los ligamentos del complejo ligamentario interno. (Dr. P.Golano)	Pág. 13
Fig. 3 Colocación del sensor en el calzado del paciente (Aportación propia (AP))	Pág. 22
Fig. 4 Sensor utilizado en el estudio (AP)	Pág. 23
Fig. 5 Rango de movimiento de rotación interna y externa (AP)	Pág. 28
Fig.6 Imagen sagital del pie del paciente (AP)	Pág. 28
Fig.7 Imagen posterior de la espalda (AP)	Pág. 29
Fig. 8 Presiones en bipedestación (estática) (AP)	Pág.30
Fig.9 Tratamiento realizado (AP)	Pág. 31
Fig. 10 Primer registro sin tratamiento (AP)	Pág. 32
Fig.11 Segundo registro sin tratamiento (AP)	Pág. 33
Fig.12 Tercer registro sin tratamiento (AP)	Pág. 33
Fig.13 Primer registro con tratamiento (AP)	Pág. 34
Fig.14 Segundo registro con tratamiento (AP)	Pág. 35
Fig. 15. Tercer registro con tratamiento (AP)	Pág. 35

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Este trabajo trata principalmente sobre la comprobación de un tratamiento para un tipo de patología (concretamente el esguince de tobillo de repetición) usando como herramienta para la comprobación un sistema basado en la acelerometría. Para ello este trabajo hace un caso clínico en el que, previa exploración a un paciente con esguince de tobillo de repetición se le aplica un tratamiento que se cree mas conveniente y se hace un estudio de la marcha pre y post-tratamiento con el sistema BIOVAL® para hacer la comprobación de la efectividad del tratamiento.

Palabras clave: efectividad tratamiento, Sistema BIOVAL®, acelerómetro, acelerometría, esguince de tobillo.

This project is about checking a treatment for a specific pathology (in this case the repeat ankle sprain) using as a tool for checking accelerometry-based system. Hence, this study makes a clinic illustration in which after scanning a patient with an ankle sprain recurrence applies a treatment that is believed more convenient and then, making a study of the pre-up and post-treatment with the BIOVAL system for checking the effectiveness of the treatment.

Keywords: treatment effectiveness, BIOVAL® system, accelerometer, accelerometry, ankle sprain.

2. INTRODUCCIÓN:

Los distintos tipos de análisis de la marcha siempre han sido un tema de interés en el ámbito podológico ya que numerosos aparatos y distintas tecnologías permiten el estudio de la marcha para saber si esta es patológica o normal. Hasta hace relativamente poco los análisis de marcha cuantitativos se basan principalmente en la cinética (como por ejemplo el centro de presiones) que se basa en la cuantificación de la presión que ejerce una fuerza aplicada sobre una superficie y no tiene en cuenta el movimiento ni la velocidad del movimiento. La creciente disponibilidad de la tecnología con sensores de bajo coste (como por ejemplo con sensores basados en la acelerometría o también conocidos como acelerómetros) han llevado cada vez más a realizar estudios de la marcha con este tipo de sensores que se basan en la cinemática y cuantifica la velocidad de los movimientos. Debido a la simplicidad de los sensores que utilizan acelerómetros sujetos al calzado o usando sensores a lo largo de toda la extremidad esto puede ofrecer la oportunidad de poder obtener un análisis más parametrizado de la marcha.

Este estudio no se basa principalmente en el estudio de la marcha patológica utilizando las nuevas tecnologías como los acelerómetros o giroscopios, sino que este trabajo principalmente pretende saber si un tratamiento específico para un tipo de patología (en este caso el esguince de tobillo en una fase final) es efectivo o no, es decir, mirar si se han realizado los cambios que se pretendía en la marcha utilizando un nuevo sistema de análisis de marcha, como es el sistema BIOVAL®, basado en la acelerometría como análisis de marcha.

Hasta el día de hoy en los estudios realizados con acelerómetros por otros autores principalmente se basaban en hacer un estudio para cuantificar la actividad física ⁽¹⁾ y en ningún momento habla de hacer un estudio de la marcha. El resto de estudios que se han encontrado sobre los acelerómetros, es para estudios de la marcha, lo que únicamente son usados para realizar estudios sobre la cuantificación y parámetros de la marcha normal en el adulto⁽²⁾. La idea de este estudio se obtuvo después de leer un estudio en el

que se comparaba la marcha de un individuo, en el que compara la marcha con y sin patología (fingían la condición de tobillo rígido) ⁽³⁾.

Lo que se ha podido observar en toda la búsqueda bibliográfica que se ha realizado, es que no se han realizado estudios con sistemas que utilicen la acelerometría.

En este estudio se propone comprobar un tipo de tratamiento de una patología concreta (el esguince de tobillo) utilizando un sistema de acelerometría como método de comprobación, que se ha podido observar que no existen muchos estudios sobre efectividad de tratamiento con sistemas de estudios de la marcha.

También se ha buscado información sobre el esguince de tobillo, aunque en menor importancia, ya que el grosor del estudio es sobre el sistema de acelerometría y tanto la patología (esguince de tobillo) como el tipo de tratamiento a utilizar es secundario, a pesar de ellos se explicara lo que es el esguince de tobillo para saber a qué tipo de patología es la que queremos comprobar y para saber qué tipo de tratamiento se usara.

Además también se hará una explicación sobre el sistema que se usará para hacer la comprobación del tratamiento y de cómo funciona este sistema. A continuación se explicará la exploración y el mecanismo lesional del paciente seleccionado para el caso clínico y el tipo de tratamiento que se empleará en este caso. Por último se explicara la manera en la que se usará el sistema BIOVAL® y los parámetros usados para comprobar si el tratamiento es efectivo.

3. HIPOTESIS Y OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es la comprobación de un tratamiento (en este caso para un esguince de tobillo repetitivo) utilizando como herramienta el sistema BIOVAL®. Al ser repetitivo primer se tiene que conocer el mecanismo por el cual se ha hecho tantos esguinces este paciente y así escoger el tratamiento más indicado para este tipo de patología. En ningún momento este estudio pretende demostrar la capacidad del sistema BIOVAL® como sistema para analizar la marcha, sino que únicamente comprobar si el tratamiento efectuado en un caso clínico es efectivo y esa efectividad se podría comprobar a corto plazo con un sistema novedoso como es el sistema de acelerometría.

La hipótesis principal de este trabajo es que el sistema BIOVAL® es un sistema que si detecta la efectividad de una especie de tratamiento en el esguince de tobillo.

4. CONTEXTUALIZACIÓN

4.1 EL ESGUINCE DE TOBILLO:

El esguince de tobillo es una de las lesiones más comunes del aparato locomotor, concretamente es la lesión más frecuente en el tobillo. Del 10% al 30% de todas las lesiones que afectan a este sistema implican al tobillo. Se estima que se produce un esguince en inversión al día por cada 10.000 personas. Esto significa que aproximadamente se producirían unos 4.085 nuevos casos al día en nuestro país.

Este tipo de lesión tiene una mayor incidencia en la población joven, por debajo de los 35 años de edad, en relación, posiblemente a una mayor práctica deportiva. La palabra esguince designa lesiones ligamentosas que van desde la simple distensión a la rotura completa de una o más ligamentos. El esguince más común es el que afecta a los ligamentos externos, como ya se explicara con posterioridad. El mecanismo de lesión es el movimiento de inversión forzada del pie. Para entender un poco la lesión antes de explicar la biomecánica de la lesión, se explicara la anatomía esencial que puede darse en esta patología.

4.1.1 Anatomía del tobillo:

El tobillo está compuesto de distintas articulaciones

- Articulación tibio-peroneo astragalina: Tiene forma de “mortaja” en su porción peroneo-tibial, presenta un segmento rígido (maléolo tibial) y uno móvil (maléolo peroneal). Entre los dos maléolos se encaja la superficie articular convexa del astrágalo, más ancha en su cara anterior que en la posterior.

Esta articulación troclear, presenta movimientos de flexo-extensión alrededor de un eje que va del maléolo tibial al peroneal, con una desviación de unos 20°-25° con respecto al plano frontal y una inclinación lateral de 10°. ⁽⁴⁾

Durante el movimiento de flexión dorsal, el maléolo peroneal realiza una separación y deslizamiento postero-superior con respecto al tibial, para permitir a la porción anterior del astrágalo encajarse en la mortaja, aportando estabilidad a la articulación. En el movimiento de flexión plantar, el maléolo peroneal realizará una aproximación y deslizamiento antero-inferior conduciendo al complejo tibio-peroneo astragalino a una situación de menor estabilidad articular.

- Articulación tibio-peronea distal: Es una sindesmosis fibrosa de escasa movilidad, formada por la carilla convexa del maléolo peroneal y la superficie cóncava de la tibia, entre las que se intercala un tejido celulo-graso. A este nivel se localiza una de las secuelas del esguince de tobillo de más difícil diagnóstico: el "impigement" de partes blandas peroneo-tibial, en el que el engrosamiento de la sinovial, desencadenará sinovitis reactivas, con presencia de dolor en la cara antero-lateral del tobillo, acentuado en la flexión dorsal, y en ocasiones, sensación de inestabilidad (inestabilidad funcional) ⁽⁵⁾

El plano articular vendrá determinado por la orientación de ambos maléolos en el espacio. Así, el tibial se sitúa en plano sagital puro, y el peroneal en uno oblicuo hacia delante y hacia fuera. En cuanto a la mecánica, además de los movimientos del maléolo peroneal de ascenso-separación durante la flexión dorsal y descenso-aproximación en la flexión plantar se sumará una rotación interna del mismo en la flexión dorsal y una externa en la plantar.

- Articulación subtalar: Doble artrodia, con un compartimento articular postero-externo y uno antero-interno. A nivel postero-externo encontramos una superficie articular convexa por la parte del calcáneo, y una cóncava correspondiente al astrágalo (capsula articular propia) En el compartimento antero-interno, el calcáneo aporta 2 superficies articulares cóncavas, que se articularan con la porción inferior del cuello y cabeza del astrágalo, ambas convexas.

Presenta un eje que atraviesa la articulación de delante a atrás con una inclinación de 42° aproximadamente con respecto a la horizontal, y de dentro a fuera con una desviación de unos 16° , tomando como referencia la línea media del pie.

Este eje, descrito por Henke, tras penetrar por la parte supero-interna del cuello del astrágalo, atraviesa el seno del tarso y sale por la tuberosidad postero-externa del calcáneo. Condiciona toda la movilidad de lo que se denomina el “retropié”. A través del mismo se realizan movimientos en los 3 planos del espacio: pronó-abducción y supino-aducción combinados con flexión dorsal o plantar.

Estas son las articulaciones más influyentes en el tobillo y concretamente en el esguince de tobillo. A continuación se explicara las diferentes estructuras capsulo-ligamentosas más importantes en el tobillo y que más comúnmente se lesionan en esta patología.

Podemos distinguirlos según su localización, así que los dividiremos en:

- Articulación TPA: (que a su vez se divide en 3 subgrupos):
 - o Complejo ligamentario externo: Este complejo se encuentra en la parte externa del pie, es decir en el lado perineal o fabular. Esta formado por 3 haces o fascículos ligamentarios:
 - Ligamento talo-fibular anterior
 - Ligamento calcáneo-fibular
 - Ligamento talo-fibular posterior

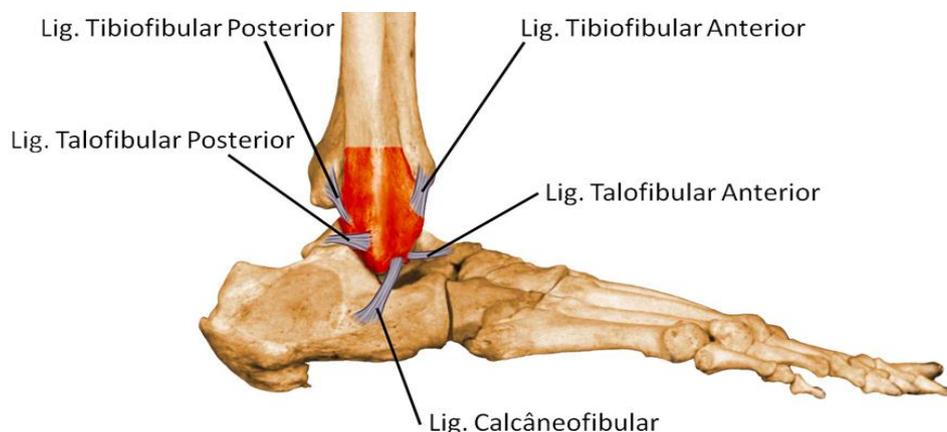


Fig.1 Localización de los ligamentos del complejo ligamentario externo.

El Ligamento talo-fibular anterior está compuesto por 2 bandas, que confluyen en la porción anterior de la fina cápsula articular que rodea al tobillo. Se origina en la cara antero-lateral del maléolo peroneal y se insertan sobre la faceta articular anterior del astrágalo, en la unión entre la cabeza y el cuello. Este ligamento tiene un espesor de 2mm, 6-8mm de anchura y de 15 a 20 mm de longitud. El papel principal de este ligamento en la articulación del tobillo es la de estabilizar pasivamente al pie en situaciones de flexión plantar e inversión y en posición neutra contribuye a limitar la rotación interna y la traslación anterior del astrágalo. Este ligamento es el más débil de los 3 fascículos del complejo ligamentario externo y es el que se suele lesionar más frecuentemente y con más facilidad.

Otro de los ligamentos de este complejo ligamentario externo es el calcáneo-fibular que se origina en el maléolo externo, distal y posterior al ligamento talo-fibular anterior, se dirige posteriormente hasta insertarse a nivel del tubérculo peroneal del calcáneo, cruzando la interlinea de la articulación subastragalina. Al igual que el ligamento talo-fibular anterior se continúa con la cápsula articular del tobillo, aunque se distingue de la misma. Este ligamento suele tener un espesor de 3 a 5mm, una anchura de 4-8mm y una longitud de unos 2-3cm y forma un ángulo de unos 105° con el ligamento talo-fibular anterior. Este ligamento debido a su posición y orientación, en posición neutra se encuentra en estado de tensión, la cual aumentará a medida que el pie se flexione dorsalmente⁽⁶⁾

El último ligamento y el fascículo más potente y fuerte del complejo ligamentario externo es el ligamento talo-fibular posterior que se le considera un engrosamiento posterior de la cápsula del tobillo. Se origina en la superficie postero-medial del maléolo peroneal, dirigiéndose horizontalmente para insertarse en la porción posterior del astrágalo. La función principal de este ligamento es controlar los grados finales de la dorsiflexión, cuando se lesiona el ligamento talo-fibular anterior, este ligamento contribuye a limitar la rotación interna del astrágalo. Al ser el ligamento más potente es el que se lesiona con menos frecuencia, y su lesión conlleva grados altos de lesión y recuperación.

- Complejo ligamentario interno: Este complejo se encuentra en la parte interna del pie y en este trabajo se hablara de una forma escueta ya que raramente se lesiona esta zona del pie. Este complejo está formado por 2 porciones diferenciadas:
 - Una fina y superficial
 - Una gruesa y profunda

Ambas porciones ayudan a estabilizar al pie cuando hay una eversión forzada.

La porción superficial se origina en la porción anterior del maléolo tibial insertándose a través de múltiples expansiones, de las cuales podemos destacar la que llega al sustentaculum tali y el ligamento calcáneo-navicular.

La porción profunda se sitúa intra-articularmente y está cubierto de sinovial, su origen es la cresta y parte posterior del maléolo tibial, insertándose en la porción medial no articular del astrágalo. Posee una relación directa con la capsula articular y se considera el principal estabilizador medial pasivo del tobillo. Contribuye a estabilizar anterior y lateralmente el astrágalo, cuando el complejo ligamentario externo está dañado ⁽⁷⁾.

Además el complejo ligamentario interno está compuesto por los siguientes ligamentos:

- Lig. Colateral medial o Deltoideo:
- Tibioastragalino posterior
- Tibio calcáneo
- Tibio astragalino anterior
- Tibio navicular

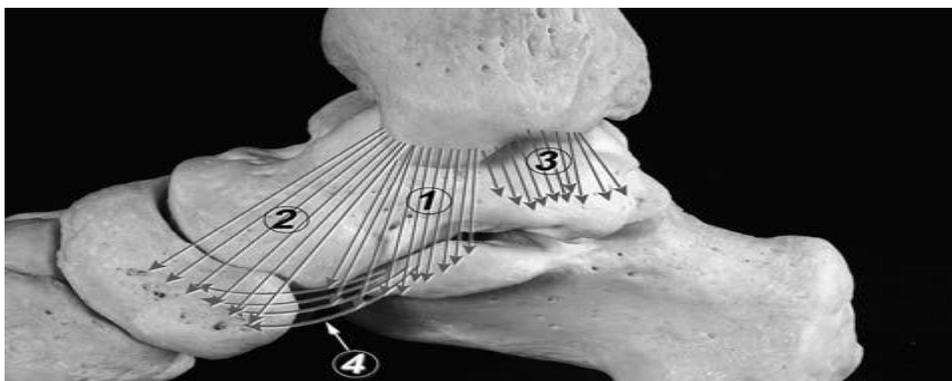


Fig.2 Localización de los ligamentos del complejo ligamentario interno.

- Complejo ligamentario sindesmótico: (Que a su vez se divide en 3 fascículos)
 - Ligamento tibio-fibular antero-inferior
 - Ligamento tibio-fibular postero-inferior
 - Ligamento interóseo

Este complejo actúa manteniendo la relación tibio-fibular a lo largo del arco de movilidad del tobillo. Cuando el complejo ligamentario externo está roto, contribuye a limitar la rotación externa del peroné en la dorsiflexión.

El ligamento tibio-fibular antero-inferior es la estructura más frecuentemente dañada de este complejo (que no es la más dañada en los esguinces) y va desde el tubérculo antero-lateral de la tibia hasta la punta del maléolo peroneal, formando un ángulo de unos 45° con la horizontal.

El ligamento tibio-fibular postero-inferior está formado por fascículos superficiales y profundos y el ligamento en sí se dirige oblicuamente desde el tubérculo postero-lateral de la tibia a la cara posterior del peroné. Su principal cometido es el de hacer más profunda la articulación del tobillo y así intentar evitar el síndrome de atrapamiento o “impingment”⁽⁸⁾

El ligamento interóseo es una gruesa membrana que une íntimamente la tibia y el peroné. Se extiende de 1 a 2 cm superiormente a la mortaja tibial y cranealmente confluye con la porción más caudal de la membrana interósea.

Estas son las estructuras ligamentosas y capsulares que más importancia tienen en la articulación TPA, a continuación se explicara las estructuras que se encuentran en la articulación subastragalina, que a pesar que no se lesione con frecuencia a causa del esguince tiene un papel importante en la recuperación de la funcionalidad del pie.

- Articulación subtalar:

Esta articulación básicamente se compone del complejo ligamentario subastragalino, que contiene las siguientes estructuras:

- Ligamento talo-calcáneo interóseo: (que está formado por dos fascículos)
 - Anterior: Parte de la superficie articular anterior del calcáneo y se dirige oblicuamente hacia arriba, adelante y hacia dentro, fijándose en la cara inferior del cuello del astrágalo.
 - Posterior: Se inserta por detrás del precedente, y se dirige hacia arriba, atrás y hacia fuera, hasta anclarse en el techo del seno del tarso.

La integridad de este ligamento es esencial en la estática y la dinámica del pie ya que puede verse alterado este ligamento tras una inversión máxima.

- Ligamento talo-calcáneo externo: Desde la apófisis externa del astrágalo, sigue una dirección oblicua caudal y posteriormente, hasta la cara externa del calcáneo, paralelo al fascículo medio del ligamento lateral externo.
- Ligamento talo-calcáneo posterior: Es una fina lámina que discurre desde el tubérculo postero-externo del astrágalo hasta la cara superior del calcáneo.

4.1.2 Biomecánica de la lesión:

Para que haya un esguince de tobillo tienen que suceder diversas situaciones, primeramente tiene que haber un movimiento forzado en inversión, ya que como hemos dicho es la forma de lesión más común, y a causa de esto habría primero una lesión del ligamento talo-fibular anterior y seguidamente los ligamentos mencionados con anterioridad. Pero la importancia de la estabilidad del tobillo sobretodo se da por la musculatura, principalmente el peroneo lateral largo que garantiza la estabilidad externa del tobillo y produce un retroceso y ascenso del arco longitudinal interno mediante una tracción directa, facilitando la eversión. También es importante el tibial posterior que garantiza la estabilidad interna. Si falla alguno de estos músculos es más probable que se produzca un esguince ⁽⁹⁾.

4.1.3 Clasificación del esguince de tobillo:

Siguiendo un criterio clínico podemos clasificar los esguinces de tobillo en 3 grados, según su severidad:

- Grado I:

Este grado supone un estiramiento ligamentos sin desgarro macroscópico, con leve inflamación y sensibilidad dolorosa, sin o con mínima pérdida de funcionalidad. Se trata de una lesión microscópica donde no existe inestabilidad mecánica ⁽¹⁰⁾.

- Grado II:

Este estado consiste en una rotura parcial ligamentosa, con presencia de desgarro macroscópico, dolor leve a moderado, edema sobre las estructuras afectadas y equimosis local. Se suele acompañar de pérdida de la movilidad articular y una ligera inestabilidad.

- Grado III:

También conocido como severo, se trata de una lesión completa con pérdida de integridad ligamentosa, importante edema y equimosis. Se suele acompañar de moderada a severa inestabilidad mecánica, con una marcada pérdida de la funcionalidad y movilidad articular.

Es importante tanto conocer los grados de gravedad de la lesión como los procesos que ocurren en el organismo para combatir la lesión, ya que si los conocemos podremos hacer un tratamiento correcto para ayudar a estos. Por lo tanto, a continuación se explicara los procesos de regeneración en un esguince.

Desde el momento en que se produce la lesión de solución de continuidad en una cápsula o ligamento, se pone en marcha el proceso inflamatorio de reparación. Éste sucederá en el tiempo a lo largo de 3 fases diferenciadas:

- Fase inflamatoria
- Fase de proliferación o fibroblástica
- Fase de maduración o remodelación

Se podría decir que en la fase inflamatoria únicamente el foco de lesión se llena de eritrocitos, leucocitos y linfocitos y se produce una acumulación de fluido seroso en la zona. Esto sería en las primeras 24-48h, por lo tanto en esta fase nuestra pauta de tratamiento sería ayudar a disminuir la inflamación y inmovilizar el tobillo para evitar el dolor.

La fase de proliferación existe un gran número de fibrocitos y macrófagos. Se observan fibras de colágeno dispuestas al azar y gran cantidad de sustancia fundamental, además de un frágil tejido de granulación vascularizado. Los fibroblastos sintetizan matriz extracelular. Proliferan neocapilares que tratan de restablecer la homeostasis vascular. Va reduciéndose la inflamación y parece la elastina. Esta fase va desde la semana 1 hasta la semana 6.

Por último, la fase de maduración, se estabiliza la concentración de tejido colágeno y se lleva a cabo la sustitución del tipo III por el tipo I. Los enlaces inter-cadenas proliferan en número. La cápsula y/o ligamento comienza a ser normal. Esta fase dura desde la fase anterior hasta aproximadamente 40 semanas.

4.1.4 Tratamiento del esguince de tobillo:

El esguince de tobillo es una patología muy diversa de tratar, tanto desde el punto de vista de los fisioterapeutas como de los podólogos. En dependencia del grado del esguince, de la edad del paciente y de la actividad que realice este mismo, se le realizara un tipo de tratamiento u otro. A continuación no se explicara la totalidad de los tratamientos que existen, ya que como se ha dicho anteriormente hay una gran variedad, pero se explicara la finalidad y el objetivo que tienen que tener estos en dependencia de la fase que se encuentre la lesión y de la evolución de la misma.

Clasificaremos los distintos objetivos según el grado que tenga la lesión, ya que durara más o menos días la duración del tratamiento, así que primeramente se explicara el objetivo y la duración en dependencia del grado de la lesión y seguidamente el cómo se podría realizar.

En todos los grados hay 4 fases de recuperación de la lesión.

- Reorientación del colágeno
- Recuperación funcional
- Readaptación al gesto
- Competición

Que en dependencia del grado de la lesión cada fase durara más o menos, si es un grado III por ejemplo cada fase perdurara más y el tratamiento a realizar se tendrá que mantener más en el tiempo. El tratamiento del esguince de tobillo es muy variado, en dependencia del estadio en el que se encuentres se realizara un tipo de tratamiento u otro. Así es que si se encuentra en etapas iniciales que se acaba de hacer la lesión se optara por inmovilizar la articulación con algún vendaje funcional con contención rígida. Otro tipo de tratamiento además del vendaje rígido, es la aplicación de RICE (Reposo, hielo, Compresión y elevación) las primera 48-72h después de realizarse la lesión⁽¹¹⁾.

También existen los vendajes neuromusculares para ayudar a la propiocepción del tobillo y ayudar a fortalecer o relajar la musculatura que se desee. Además de los ejercicios fisioterapéuticos para recuperar la estabilidad del tobillo en fases finales (como ese en el caso de este estudio) se puede ayudar a dar estabilidad a la articulación mediante un soporte plantar, que ayude a evitar el mecanismo de la lesión dando una marcha más estable.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar el estudio se necesitara el siguiente material:

- Sistema BIOVAL® (con el software instalado en un ordenador para poder visualizar e interpretar los resultados, además de los sensores que incluye este sistema y las cintas de velcro para poder colocarlos en el paciente)
- Material necesario para confeccionar el tratamiento:
 - o Resina flex (1,9) flux (1,2) y una cobertura de 3mm para la realización del soporte plantar para el tratamiento.
 - o Vacum (para poder hacer el soporte)
 - o Pulidora

Para la realización del estudio de este trabajo primero se le hizo la exploración completa al paciente para poder realizar el tratamiento más adecuado en este caso para el esguince de repetición que ha sufrido el paciente.

Seguidamente para realizar el estudio hay que tener bien claro los parámetros que se quieren estudiar para saber si el tratamiento es efectivo o no, en este caso como se vio en la exploración el parámetro que se escogió para realizar el estudio ya que se creyó que ese era el sistema lesional de este paciente. El parámetro escogido fue observar el movimiento de prono-supinación (es decir en el plano frontal del punto de vista del pie) que hace desde el choque de talón hasta el contacto total del pie, ya que este paciente en esta fase hace un periodo de supinación que puede provocar el esguince, y no se quiso utilizar otro parámetro ya que sino podría falsearnos los resultados al haber multitud de factores y el cambio de uno a otro no dependiera únicamente de la aplicación o no de un tratamiento.

Para detectar este movimiento se colocará un sensor del sistema BIOVAL® encima de la bamba del paciente con una cinta de velcro y bien fijada para que no se mueva y pueda falsear los resultados, seguidamente se le hará caminar al paciente durante unos 10-15 metros y se le hará una media de los pasos realizados y de la prono-supinación realizada en la fase anteriormente descrita.



Fig. 3 Colocación del sensor en el calzado del paciente.

Por último se volverá a repetir el procedimiento pero con los soportes plantares puestos en el calzado y se observará si hay cambios en los análisis captados por el sistema BIOVAL® y si se ha conseguido lo que se quería con el tratamiento realizado.

De todos los datos recogidos por el sensor se cogerá la velocidad de caída en “°/seg” desde el primer contacto de talón hasta el contacto total del pie, en el que se medirá la velocidad de caída del pie y el tiempo que tarda en estabilizarse. Es decir que contra mayor sea la velocidad mejor será la efectividad del tratamiento ya que contra mayor sea la velocidad de la caída menos tiempo tardara en estabilizarse.

5.1 SISTEMA BIOVAL®

El sistema BIOVAL® es un innovador sistema de análisis de movimiento de cualquier articulación (en dependencia donde se coloquen los sensores), además es un método para visualizar los movimientos y variaciones angulares en los trastornos de la marcha. Básicamente se utiliza para hacer un estudio de la marcha, que esta evaluación nos ayudaría a una mejor toma de decisiones terapéuticas para estimar la eficacia de los tratamientos, que es el objetivo de este estudio. Esta tecnología se basa en sensores de movimientos.

El sistema BIOVAL® presenta en tan solo unos clics los protocolos predefinidos en los que puedes observar claramente el perfil de la marcha, en la que aparecerá en la pantalla una gráfica cuantitativa y cualitativa de las capacidades de los pacientes. Este sistema permite analizar simultáneamente todas las articulaciones de la extremidad inferior mediante el aislamiento de cada uno de ellos. En dependencia de que articulación queramos analizar colocaremos los sensores en una estructura anatómica u otra, ya que mediante la colocación de 4 sensores en la extremidad inferior el sistema inmediatamente indica el movimiento en 3 dimensiones de todas las articulaciones implicadas al caminar.



Fig. 4 Sensor utilizado en el estudio

Los sensores miden los movimientos angulares de la cadera, la rodilla y el tobillo, que mide los movimientos de:

- Flexión/extensión
- Aducción/abducción
- Rotación interna/externa

Este sistema también permite los análisis comparativos, tanto permitir comparar el movimiento normal de la articulación del aspecto patológico. Los resultados también son comparables a partir de una condición de prueba a otra, como por ejemplo en el caso de este estudio comparar la marcha con tratamiento y sin tratamiento, para ver si este es efectivo. Todos los análisis dedicados a la andadura del sistema BIOVAL®, permiten comparar el impacto de las condiciones de la marcha: descalzo, calzado y con corrección.

Los sensores BIOVAL® tienen el tamaño de una esfera de reloj. Se ajustan fácilmente al paciente mediante fijaciones con parches autoadhesivos o cintas del velcro. Transmite por bluetooth toda la información lo que permite transmitir inalámbricamente las mediciones totalmente fiables y precisas de la progresión articular en los tres planos anatómicos del cuerpo.

Cada sensor contiene tres acelerómetros, tres giroscopios y tres magnetómetros, que a continuación se explicara brevemente cada una de las tecnologías que usa cada uno de los aparatos usados en cada sensor.

5.1.1 Acelerometría

La acelerometría, conocida como tal, es la ciencia que se encarga de medir la aceleración de cualquier movimiento. El aparato que se utiliza en esta ciencia se denomina acelerómetro que es cualquier instrumento destinado a medir aceleraciones.

En el caso del sistema que se ha utilizado para la realización del trabajo, se trata de acelerómetros tri-axiales que te dan información de los 3 ejes de movimiento (x,y,z) en conjunto y además por separado.

Esta es la principal tecnología que utiliza el sistema BIOVAL®, pero además como ya hemos dicho con anterioridad el BIOVAL® se compone de giroscopios y magnetómetros, así que a continuación se explicara brevemente en que consiste cada dispositivo.

5.1.2 Giroscopio

El giróscopo o giroscopio es un dispositivo mecánico que sirve para medir, mantener o cambiar la orientación en el espacio de algún aparato o vehículo.

Está formado esencialmente por un cuerpo con simetría de rotación que gira alrededor del eje de dicha simetría. Cuando el giróscopo se somete a un momento de fuerza que tiende a cambiar la orientación de su eje de rotación, tiene un comportamiento aparentemente paradójico, ya que cambia de orientación girando respecto de un tercer eje.

5.1.3 Magnetómetro:

Los magnetómetros, son los dispositivos que sirven para cuantificar en fuerza o dirección la señal magnética de una muestra. En nuestro caso el magnetómetro es útil en cuanto para medir el peso y la fuerza de la gravedad que puede ejercer el paciente sobre un determinado movimiento, de esta forma se tienen en cuenta todos los factores que pueden afectar a un movimiento, tanto la velocidad, la orientación de este y el peso y la fuerza magnética que ejerce, y se puede obtener un resultado más ajustado a la realidad del movimiento en sí.

5.2 EXPLORACIÓN:

Este apartado es importante ya que en gracias a la exploración encontraremos el mecanismo de acción por el cual se hace el esguince de tobillo de este paciente y se podrá planificar mejor el tratamiento para posteriormente saber si es efectivo y si el sistema detecta esta efectividad.

Se realizó una exploración completa y se dividirá en:

- Exploración del pie
- Exploración de la rodilla
- Exploración de cadera
- Exploración en bipedestación
- Exploración en dinámica.

5.1.1 Exploración del pie:

Primero se empezó por la palpación la cual no presentaba puntos de dolor ni en la zona posterior del talón ni dolor en fascia ni en ninguna otra parte de la planta, así como en zona metatarsal ni en los dedos. Seguidamente se pasó a la exploración articular, en esta se observó que el rango articular de la articulación subtalar está limitada al hacer el movimiento de eversión, y tiene un rango de movilidad aumentado en inversión, esto se puede observar en sedestación en decúbito prono su posición relajada es de una inversión aumentada (mecanismo por el cual se ha hecho tantos esguinces de tobillo) bilateral.

La posición neutra del retropié en descarga es neutra con un cierto grado de varismo muy leve. La articulación mediotarsiana tiene un movimiento correcto tanto en inversión como en eversión. La articulación de tobillo se observa una leve limitación de la flexión dorsal al estar la rodilla en extensión, pero alcanza los grados de normalidad al flexionar la rodilla.

La relación antepie-retropie es neutro, pero tiene un primer radio plantar flexionado flexible bilateral, con test de hallux limitus negativo (tiene buena movilidad al poner carga en el radio). La morfología del pie es un pie cavo anterior bilateral.

En la exploración muscular no se observa ninguna debilidad en ningún grupo muscular, únicamente se ha observado una retracción de tríceps sural.

5.1.2 Exploración de la rodilla

En la exploración de la rodilla se observa que en sedestación el paciente se coloca con las rotulas divergentes y cuando se hace rotación interna máxima de la extremidad la rótula se coloca en la línea media de la extremidad sin sobrepasarla, lo que nos hace sospechar de una posible torsión femoral, además presenta un genu valgo en sedestación cuando se coloca al paciente en decúbito supino. En cuanto a la torsión tibial se observa una leve desviación en varo de la tibia, pero difícilmente apreciable.

A la palpación no presenta dolor ni por la cara anterior, posterior, lateral ni medial. En cuanto a las pruebas meniscales como a las de ligamentos, ambas pruebas dan negativo ya que no presenta dolor a ninguna maniobra.

A la exploración muscular tiene una buena musculatura extensora y flexora, y en cuanto a los rangos articulares de flexión y extensión son buenos y están dentro de la normalidad.

5.1.3 Exploración de cadera:

En la exploración de la cadera en sedestación se observa que los movimientos articulares de extensión es correcta, la de flexión con la extremidad totalmente extendida cuesta un poco llegar a los rangos de normalidad, pero una vez flexiona la rodilla alcanza los rangos de normalidad de flexión de rodilla, con signo de Thomas negativo. Los rangos articulares tanto en abducción como aducción son correctas. En las rotaciones se observa una gran limitación de rotación interna bilateral y sobretodo un gran aumento de la rotación externa bilateral (como se puede observar en las imágenes adjuntas, tanto la rotación interna como rotación externa).



Fig. 5 Rango de movimiento de rotación interna y externa

En cuanto a la exploración muscular no se observa ninguna debilidad ni acortamiento de ningún grupo muscular, únicamente se observó un acortamiento de la musculatura posterior a la hora de hacer la extensión de cadera con toda la extremidad extendida.

5.1.4 Exploración en bipedestación:

En la exploración en bipedestación se observan todos los planos. En el plano sagital se observa una antepulsión de la cabeza. Además el paciente presenta una anteversión de cadera fisiológica (de 1,2cm), cifosis dorsal levemente aumentada. Se puede observar un genu hiperextensus bilateral.

Además se observa en el plano sagital del pie que en carga se disminuye ligeramente el cavo en carga, a pesar de ello se observa que se trata de un pie cavo.



Fig.6 Imagen sagital del pie del paciente

En el plano frontal se observa una basculación escapular, en el que el hombro derecho se encuentra más alto que el izquierdo (como se puede observar en la imagen). Además hay una pequeña curva escoliótica dorsal para compensar la basculación escapular ya que basculación pélvica no se observa que la tenga.



Fig.7 Imagen posterior de la espalda

En el plano frontal en la extremidad inferior se puede observar que hay un genu valgo reductible, con las rotulas divergentes y se puede observar que las tibias son neutras (corrigiendo el ligero varo que se observaban en sedestación). Desde una vista posterior se puede observar como la línea de Helbing es ligeramente valgo a pesar de que la articulación subtalar tiene tendencia a la inversión.

En cuanto a la imagen de la huella plantar en carga se observa una huella bastante normal en la que el pie derecho recibe más carga que el izquierdo y el pie derecho carga más por la zona externa (que el pie derecho es el que acostumbra a lesionarse más frecuentemente) y en el izquierdo se observa una imagen en pronación.

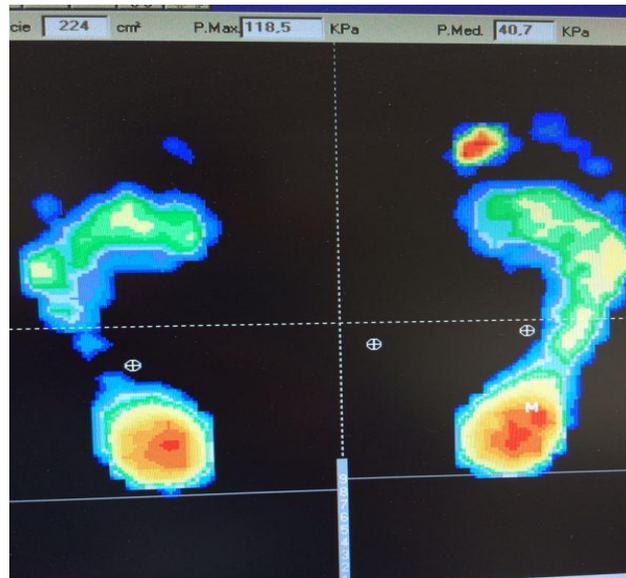


Fig. 8 Presiones en bipedestación (estática)

5.1.5 Exploración en dinámica:

En la exploración en dinámica se observa un patrón parecido en el pie derecho y en el izquierdo por lo que la descripción de un paso será idéntica en un caso como en el otro.

El paso del paciente de forma general podríamos decir que es una dinámica en supinación, el contacto inicial o choque de talón lo hace por el borde postero-externo y continua por la zona externa hasta contactar la zona del ante pie (es decir mantiene una supinación desde el contacto inicial hasta el contacto total lo que es un factor que creemos que puede ser lo que puede provocar los esguinces de repetición) , en el momento del contacto total hace una gran pronación de la articulación mediotarsiana, por último en el momento del despegue ocurre el fenómeno llamado “abductory twist”

5.3 TRATAMIENTO

Como ya se ha dicho en apartados anteriores, el tratamiento del esguince de tobillo es muy variable, en dependencia del grado de la lesión del tiempo que hace que se ha ocasionado la lesión y el sistema lesional que se haya provocado el esguince. Dicho lo cual el tratamiento escogido es único y solamente valido para este paciente y solo se mirara un parámetro que como se ha dicho antes será la variabilidad de movimiento de prono-supinación desde el contacto de talón hasta el apoyo total con y sin el tratamiento.

En vista de toda la exploración realizada al paciente y observando los signos patológicos observados se decide hacer unos soportes plantares con resinas. Se le hizo al paciente moldes de yeso en descarga manteniendo el arco medial y lateral y con una correcta alineación pie-pierna. Seguidamente se realizó el soporte plantar con resina flex (1,9) y flux (1,2) y una cobertura total de 2 mm, seguidamente para reforzar la parte externa del soporte para evitar el mecanismo de acción que tiene el paciente para hacer el esguince se le ha puesto



Fig.9 Tratamiento realizado

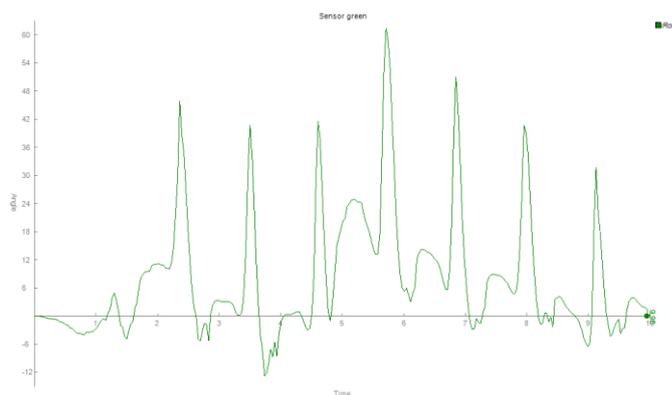
6. RESULTADOS

Se realizaron un total de 6 registros con el sensor (de los cuales 3 fueron sin el tratamiento y las otras 3 fueron con el tratamiento) en el cual el paciente camina durante 10-15 metros y en cada registro se pudo analizar la velocidad del parámetro escogido en unos 5-6 pasos por cada registro aproximadamente y de cada paso se obtuvo la velocidad de caída que es el parámetro escogido ya que se ha creído que era el sistema lesional. A continuación se pondrán los resultados de cada uno de los registros y el estudio estadístico del conjunto tanto con tratamiento como sin él.

En estas 3 primeras graficas se observan la velocidad de movimiento de cada paso (del parámetro que hemos decidido estudiar) sin el tratamiento y de cada movimiento se obtiene el parámetro escogido y se hace una tabla con cada análisis de la marcha. La velocidad es tomada por $^{\circ}$ /segundo y en las gráficas que se mostraran a continuación tanto los 2 primeros pasos como los 2 últimos se desecharon (ya que no son fiables porque para el estudio y se obtuvo 5 pasos de cada registro).

6.1 REGISTROS SIN TRATAMIENTO:

6.1.1 Registro 1



Paso 1. 120 $^{\circ}$ /seg
Paso 2. 156 $^{\circ}$ /seg
Paso 3. 174 $^{\circ}$ /seg
Paso 4. 140 $^{\circ}$ /seg
Paso 5. 140 $^{\circ}$ /seg

Fig. 10 Primer registro sin tratamiento

Tabla1. Datos primer registro

6.1.2 Registro 2

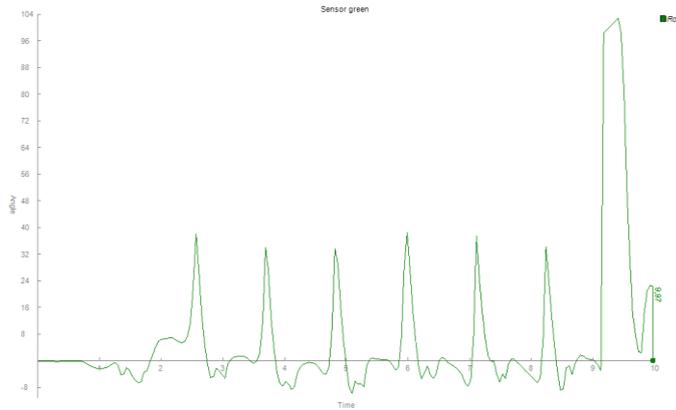


Fig.11 Segundo registro sin tratamiento

Paso 1. 153°/seg
Paso 2. 90°/seg
Paso 3. 160°/seg
Paso 4.188°/seg
Paso 5. 120°/seg

Tabla 2. Datos segundo registro

6.1.3 Registro 3:

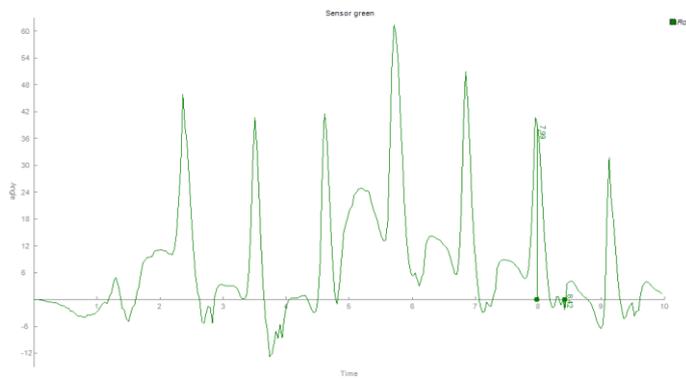


Fig.12 Tercer registro sin tratamiento

Paso 1. 154°/seg
Paso 2. 190°/seg
Paso 3. 175°/seg
Paso 4. 140°/seg
Paso 5.200°/seg

Tabla 3. Datos tercer registro

A continuación se hará un estudio estadístico para reagrupar todos los datos obtenidos y así poder hacer una mejor comparación de los datos entre los registros con tratamiento y sin tratamiento.

Tabla 4. Datos estadísticos de los registros sin tratamiento

Cantidad de datos	15
Media aritmética	153,33333333°/seg
Desviación típica poblacional	28,79737642
Desviación típica muestra	29,8081165
Suma de los "n" datos	2300
Valor mínimo de los datos	90°/seg
Máxima	200°/seg

Estos son todos los datos de los análisis realizados sin tratamiento, a continuación se expondrán las tablas y graficas obtenidas de los registros con el tratamiento.

6.2 REGISTROS CON TRATAMIENTO:

6.2.1 Registro 1



Paso 1. 68°/seg
Paso 2. 110°/seg
Paso 3. 105°/seg
Paso 4. 93°/seg
Paso 5. 50°/seg

Fig.13 Primer registro con tratamiento

Tabla 5. Datos cuarto registro

6.2.2 Registro 2

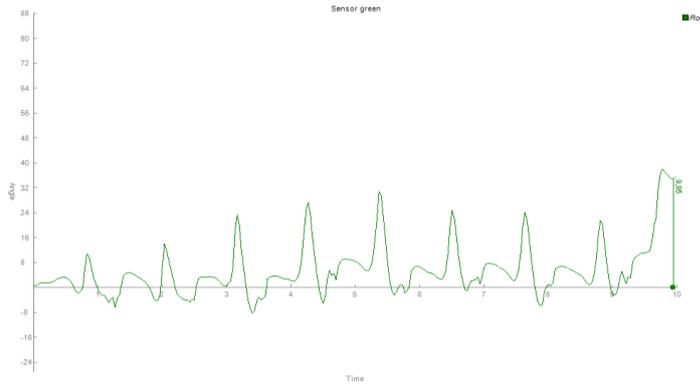


Fig.14 Segundo registro con tratamiento

Paso 1. 112 ^o /seg
Paso 2. 109 ^o /seg
Paso 3. 110 ^o /seg
Paso 4. 121 ^o /seg
Paso 5. 133 ^o /seg

Tabla 6. Datos quinto registro

6.2.3 Registro 3

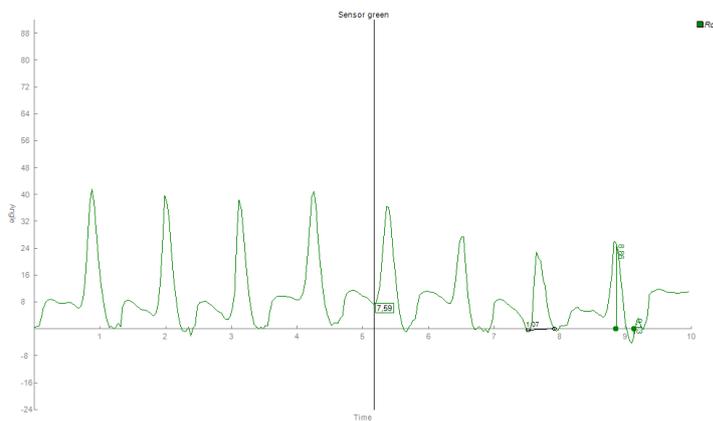


Fig. 15. Tercer registro con tratamiento

Paso 1. 94 ^o /seg
Paso 2. 77 ^o /seg
Paso 3. 115 ^o /seg
Paso 4. 100 ^o /seg
Paso 5. 116 ^o /seg

Tabla 7. Datos sexto registro

A continuación como en el caso anterior se hará un estudio estadístico de todos los datos reagrupados para así también poder hacer una mejor comparación con los registros sin el tratamiento.

Tabla 8. Datos estadísticos de los datos con tratamiento

Cantidad de datos	15
Media aritmética	100,866667 ^o /seg
Desviación típica poblacional	20,9566749
Desviación típica muestra	21,6922194
Suma de los "n" datos	1513
Valor mínimo de los datos	50 ^o /seg
Máxima	133 ^o /seg

Estos son todos los datos recogidos en los análisis realizados con el sistema BIOVAL® que tiene un sistema bluetooth que nos ha facilitado la exportación de datos para su posterior estudio, junto a este sistema el software instalado en el ordenador también ha sido fácil de utilizar.

7. DISCUSIÓN

El principal hallazgo de este estudio ha sido la dificultad para valorar si realmente el sistema basado en la acelerometría es efectivo como sistema de comprobación de tratamiento, este estudio no tiene la intención de centrarse en un tipo de patología o un tipo de tratamiento en concreto (que en este caso se ha escogido el esguince de tobillo y un soporte plantar como se podría haber escogido otro tratamiento y otra patología) el estudio quería basarse en la comprobación de un tratamiento con un sistema basado en la acelerometría.

Como se ha dicho en apartados anteriores el trabajo no pretende centrarse en el estudio del esguince de tobillo ni en que tratamiento es más efectivo para el tratamiento de tobillo, sino que un tipo de tratamiento (el que se ha creído más adecuado para este tipo de paciente) y si el sistema podía detectar el cambio en el patrón de marcha.

Alejándose de si la hipótesis propuesta al inicio del trabajo ,es cierta o no que eso ya se dirá en el apartado de conclusión, este trabajo no pretendía ser un estudio concluyente de si el sistema BIOVAL® es un sistema de comprobación de tratamientos, únicamente pretendía saber si es capaz de detectar cambios en la marcha al colocar un soporte para saber si en potencia podría ser un método de comprobación, pero para ello se debería de hacer estudios más exhaustivos con más muestra de gente y con otro tipo de parámetros, este trabajo únicamente es un pequeño inicio de investigación de este sistema, que se trata solamente de un caso o a propósito de un caso para saber los posibles usos que puede tener, animando a investigaciones futuras a seguir por esta línea.

Otra cosa a tener en cuenta es la dificultad para establecer parámetros, ya que estos tienen que ser personificados , ya que si no pretendes hacer un estudio predeterminado por un programa predeterminado por el software del sistema BIOVAL® es bastante complicado establecer un parámetro claro (como el de “alabeo” o prono-supinación desde el momento del contacto inicial hasta el contacto total, que ha sido el parámetro de este estudio) y únicamente se ha querido trabajar con un parámetro concreto, porque sino nos hubiera sido imposible el delimitar si el cambio de datos ha sido por el cambio de

tratamiento o únicamente por abarcar muchos parámetros y no conocer con certeza el cambio de los datos.

En las tablas del apartado anterior se puede observar que efectivamente se ha disminuido la velocidad desde el contacto de talón hasta el contacto total, también es necesario decir que esto ha sido gracias a todo el trabajo anterior realizado antes de poner en marcha el aparato, como indicar el parámetro a estudiar, saber la manera idónea de colocar el aparato y como no tener tantas variables que nos puedan falsear los resultados, como por ejemplo el no retirar el aparato al hacer el cambio del análisis sin tratamiento al análisis con tratamiento.

Por último decir, que como se observa y se explicara con posterioridad en las conclusiones, por los resultados obtenidos el sistema BIOVAL® determina que el tratamiento no cumple los objetivos, ya que disminuye el tiempo de pronación desde el contacto inicial hasta el apoyo total por lo que tarda más tiempo en estabilizarse el pie y hay más riesgo de ocasionarse el esguince.

Estos resultados pueden ser debidos a que o bien no se ha escogido bien el parámetro a estudiar y para comprobar esto se debería de hacer otro estudio para comprobar si realmente cambiando de parámetro cambiaría los resultados, o también puede ser debido a que realmente el tratamiento no sea el adecuado y no sea efectivo o también por ultimo podría ser que el sistema de acelerometría no haya sido utilizado correctamente y no se ha podido valorar bien el tratamiento y que a causa de esto no sea eficaz para valorar la efectividad del tratamiento, pero en cualquiera de estos 2 últimos casos se debería dejar actuar al tratamiento y ver realmente si se provocan más esguinces y realmente el tratamiento es ineficaz, o si mejora y es el sistema el que no es eficaz, cosa que no se ha podido realizar a causa de la falta de tiempo y que la extensión del trabajo es limitada. A pesar de ello se anima a seguir con la investigación en estudios posteriores.

8. CONCLUSIÓN

Como se ha podido observar en los resultados y se ha dicho anteriormente en el apartado de la discusión, el sistema de acelerometría o bien no es un sistema efectivo para la comprobación o bien los parámetros estudiados no son los correctos, en cualquier caso, en este estudio en concreto ya que la media aritmética de los grados del parámetro escogido tiene una disminución de los $^{\circ}/\text{seg}$, concretamente $50^{\circ}/\text{seg}$, es decir que por el tratamiento el sistema de acelerometría ha notado una disminución en la velocidad de pronación desde el contacto inicial hasta el apoyo completo, por lo que tarda más en estabilizarse y hay más riesgo de sufrir otro esguince.

Además como se observa en el apartado de resultados se ha logrado que el paso con más cantidad y velocidad de movimiento pase de ser de $200^{\circ}/\text{seg}$ a $133^{\circ}/\text{seg}$.

Por último decir que el objetivo del trabajo desde mi punto de vista se ha cumplido, ya que se ha podido comprobar si es un sistema efectivo o no y además de eso se puede continuar el estudio para conocer la causa del fallo de este estudio, y que la hipótesis es incierta ya que este sistema con este estudio en concreto no es efectivo para valorar la efectividad de un tratamiento.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Iave P. Cuantificación de la actividad física current trends of accelerometry to assess. 2012;1(1):24–32.
2. Hu J-S, Sun K-C, Cheng C-Y. A kinematic human-walking model for the normal-gait-speed estimation using tri-axial acceleration signals at waist location. IEEE Trans Biomed Eng [Internet]. 2013 Aug;60(8):2271–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23529073>
3. Patterson M, Caulfield B. Using a shoe mounted tri-axial accelerometer to detect kinematic changes during stiff ankle walking. Proc Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc EMBS. 2011;3492–5.
4. Paris DL, Kokkaliaris J, Vardaxis V. Ankle ranges of motion during extended activity periods while taped and braced. J Athl Train [Internet]. 1995 Sep;30(3):223–8. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1317866&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
5. Vega J, Marimón J, Golanó P, Pérez-Carro L, Salmerón J, Aguilera JM. True submalleolar accessory ossicles causing impingement of the ankle. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc [Internet]. 2010 Feb [cited 2014 Jun 6];18(2):254–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19784633>
6. Patterson M, Caulfield B. Using a shoe mounted tri-axial accelerometer to detect kinematic changes during stiff ankle walking. Proc Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc EMBS. 2011;3492–5.
7. Golanó P, Vega J, de Leeuw P a J, Malagelada F, Manzanares MC, Götzens V, et al. Anatomy of the ankle ligaments: a pictorial essay. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc [Internet]. 2010 May [cited 2014 Jun 6];18(5):557–69. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2855022&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
8. Bartoníček J. Anatomy of the tibiofibular syndesmosis and its clinical relevance. Surg Radiol Anat 2003;25:379-86.

9. Menadue C, Raymond J, Kilbreath SL, Refshauge KM, Adams R. Reliability of two goniometric methods of measuring active inversion and eversion range of motion at the ankle. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2006 Jan [cited 2014 Jun 6];7:60. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1550229&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
10. Garrick JG. The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of ankle sprains. *Am J Sports Med*. 1977;5:241-242.
11. Firer P. Effectiveness of taping for the prevention of ankle ligament sprains. *Med Sci Sports Exerc*. 1990;24:47-50.

10. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a mi familia ya que ha sido un pilar fundamental para que a día de hoy este realizando este trabajo ya que gracias a ellos he podido llegar donde estoy y he podido realizar este trabajo.

Tambien agradecer a mis compañeros de grado por hacerme interesar aun mas por esta profesión y en especial por este trabajo, con una especial mención a Albert Giralt por toda la bibliografía y la ayuda recibida para realizar este trabajo, a Eric Delgado, Josep Farradellas y Enric Rodriguez por resolverme dudas y ayudarme a la realización del trabajo.

Sobretudo dar las gracias a mi tutor Sergio Sacristan por la paciencia y todos los consejos que he ido recibiendo para la realización de este trabajo y por enseñarme la correcta realización de un estudio.

También agradecer a Xavier Garcia Salvador por los servicios prestados para este trabajo y la dedicación y la ayuda recibida por su parte, ya que sin el no se podria haver realizado este trabajo.

Por último agradecer a mi equipo de waterpolo por su comprensión y, a su modo, ayuda para realizar este trabajo, en concreto a Nestor Arquero y Joaquin Bermudez.

