



El tobillo con antecedentes de esguince ¿recupera su funcionalidad plena? Resultados preliminares de un estudio con personal de la Unidad Militar de Emergencia

Juan López Pascual¹, José Manuel Frías Bocanegra¹, Marta Inglés de la Torre², Nuria Sempere Rubio², J. David Garrido Jaén¹, Ignacio Bermejo Bosch¹, Xavier Andrade Celdrán¹

¹ Instituto de Biomecánica (IBV).
Universitat Politècnica de València.
Edificio 9C. Camino de Vera s/n.
(46022) Valencia. España

² UBIC, Departament de Fisioteràpia de
la Universitat de València

Los esguinces de tobillo tienen una incidencia elevada en personal militar. Una mala recuperación conduce habitualmente a una cronicidad de la lesión y a recidivas. El Instituto de Biomecánica (IBV) ha utilizado la aplicación de análisis de movimientos Kinemov/IBV para estudiar la funcionalidad del tobillo en militares de la Unidad Militar de Emergencia (UME) con antecedentes de esguinces. Al comparar la cinemática del tobillo lesionado con el sano en un salto monopodal se ha encontrado una limitación de la flexión plantar en la fase previa al apoyo. Este hallazgo indicaría la existencia de secuelas funcionales en tobillos teóricamente recuperados. Los resultados del estudio muestran que la información proporcionada por un estudio de movimientos podría ayudar a identificar alteraciones funcionales del tobillo y orientar una mejor recuperación y evitar problemas futuros.



INTRODUCCIÓN

La Unidad Militar de Emergencias (UME) se desplaza habitualmente por terrenos irregulares, lo que supone una elevada exigencia para las estructuras del tobillo y resulta en una incidencia de esguinces muy alta.

Aproximadamente entre un 10% y 30% de las personas que sufren un esguince de tobillo desarrollan inestabilidad crónica de la articulación, pudiendo elevar por 3.5 veces el riesgo de reincidencia. Por este motivo, es de gran importancia detectar y tratar los problemas de tobillo con el fin de recuperar la plena funcionalidad de la articulación y evitar que la lesión se cronifique y genere mayores problemas a futuro.

Las pruebas biomecánicas pueden utilizarse para identificar patrones anómalos que sean indicativos de una funcionalidad incompleta. En el caso del tobillo, trabajos de investigación previos han estudiado la fase de apoyo tras salto monopodal, observando cambios en la cinemática y en las

fuerzas de reacción del suelo en sujetos con lesión previa, comparados con un grupo control [1].

Sin embargo, la comparación con grupo control no siempre es una buena opción. Poblaciones como los deportistas o los militares, como consecuencia del entrenamiento asociado a su desempeño profesional, desarrollan unas características físicas y biomecánicas especiales que hacen que la comparación con un grupo control pueda ser poco efectiva. En estos casos sería más aconsejable comparar con el miembro contralateral sano.

No se han identificado trabajos científicos de relevancia que hayan estudiado las diferencias en salto monopodal entre el lado afecto y el contralateral sano, por ese motivo, este estudio cobra especial relevancia.

El **objetivo** principal del presente estudio es analizar si existen diferencias entre el hemicuerpo afectado y el sano en personas pertenecientes a la Unidad Militar de Emergencias (UME) con antecedentes de lesión de tobillo.



MATERIAL Y MÉTODOS

Participantes y descripción de la prueba

Un grupo de 66 sujetos provenientes del **Tercer Batallón Militar en Emergencias (BIEM III)** de la Unidad Militar de Emergencias (UME) participaron en un proyecto de valoración biomecánica de la inestabilidad de tobillo. De ellos, 35 presentaban antecedentes de patología ligamentosa de la articulación del tobillo. En el presente trabajo se presenta el análisis realizado de los datos recogidos de los 13 primeros participantes con antecedentes de lesión de tobillo. La finalidad de este estudio exploratorio es determinar el potencial de las variables descritas en bibliografía para valorar el tobillo afectado en comparación con el contralateral sano.

Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Movimientos Humanos del Instituto de Biomecánica (IBV). La experimentación fue realizada por personal del grupo de investigación UBIC, de la Facultat de Fisioteràpia de la Universitat de València. Tras una rutina de calentamiento, los participantes fueron instruidos para realizar una serie de tres saltos de caída libre monopodal (*single leg drop jump*). La prueba consistía en dejarse caer con una pierna desde un cajón de 40 cm de altura sobre una plataforma dinamométrica encastrada en el suelo y conseguir estabilizarse sin apoyar la otra pierna (Figura 1).

Figura 1

Ejemplo de ejecución de un salto monopodal con pierna derecha.





Configuración y captura de datos

El estudio fue grabado con el sistema de captura y análisis de movimientos humanos **C**, utilizando fotogrametría y plataformas dinamométricas. Se descartó el uso de electromiografía de superficie por no resultar de interés de acuerdo con los hallazgos bibliográficos.

Del conjunto de modelos cinemáticos predefinidos que presenta **Kinemov/IBV** se seleccionó el modelo Bilateral de Miembro Inferior. Este modelo calcula la cinemática articular de la cadera, rodilla y tobillo en los tres ejes anatómicos, de acuerdo con las recomendaciones de la Sociedad

Internacional de Biomecánica, permitiendo la obtención de las variables de interés definidas al principio del estudio.

En cada caso se siguieron los siguientes pasos: 1. instrumentación con marcadores reflectantes, siguiendo las instrucciones de localización anatómica de la aplicación; 2. Grabación de postura de referencia; 3. Grabación de 3 saltos con cada pie.

Una vez finalizada la grabación, el sistema calcula automáticamente y presenta las variables cinemáticas (ángulos articulares y velocidades) y dinámicas (fuerzas de reacción y momento rotacional) (Figura 2).

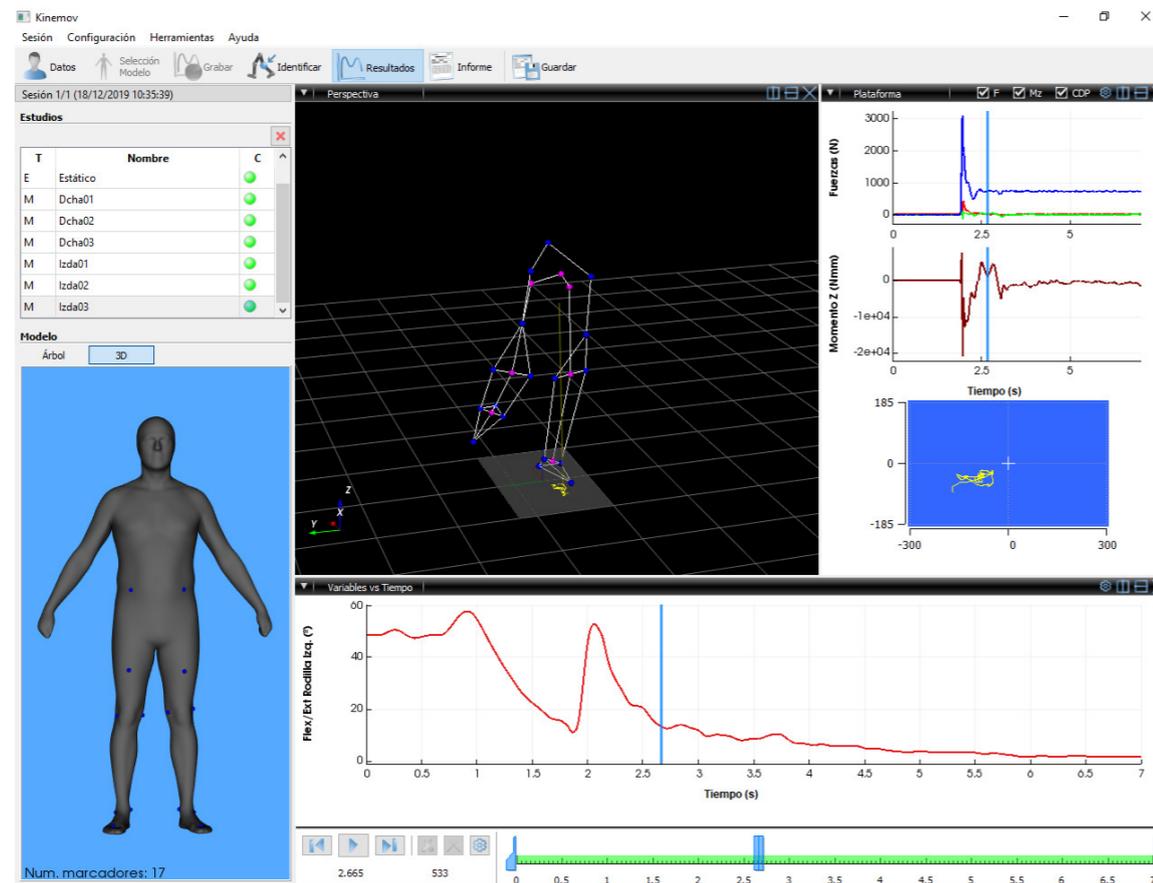


Figura 2

Ejemplo de resultados calculados por Kinemov/IBV tras la grabación de un salto monopodal.



Cálculo de variables de interés

Del análisis previo de la literatura se identificaron cuatro grupos principales de efectos biomecánicos en pacientes con lesión de tobillo asociados a esta prueba: 1. Alteración en las fuerzas de reacción máximas; 2. Cambios en los tiempos de estabilización; 3. Alteración de la cinemática de miembro inferior; 4. Aumento de la dispersión entre medidas (variabilidad).

En este estudio exploratorio se decidió analizar los resultados de la cinemática articular del tobillo, dejando para el estudio posterior completo la evaluación de los efectos en la cinemática de la cadera y la rodilla y el análisis dinámico.

Los estudios previos encontraron diferencias al comparar la cinemática del tobillo en personas con antecedentes de esguince frente a un grupo control, tanto en la fase previa

al apoyo como en la posterior. En particular, se reportaron cambios en los ángulos de flexión plantar y de inversión de tobillo antes del apoyo y en la flexión dorsal después del apoyo [2,3,4]. También se han encontrado diferencias en velocidad angular de flexión tras aterrizaje [4] y en variabilidad entre medidas [5].

Para calcular estas variables con Kinemov/IBV, el primer paso fue determinar el instante de contacto del pie con el suelo (t_c). Para ello, se tomaron de referencia las curvas de fuerza de reacción vertical de las tres repeticiones y se recortaron las escenas para hacer coincidir los instantes de inicio de las 3 curvas en un punto común (Figura 3). Una vez sincronizadas las curvas, se utilizó la barra de tiempos para determinar t_c , como el instante en el que la fuerza deja de ser cero.

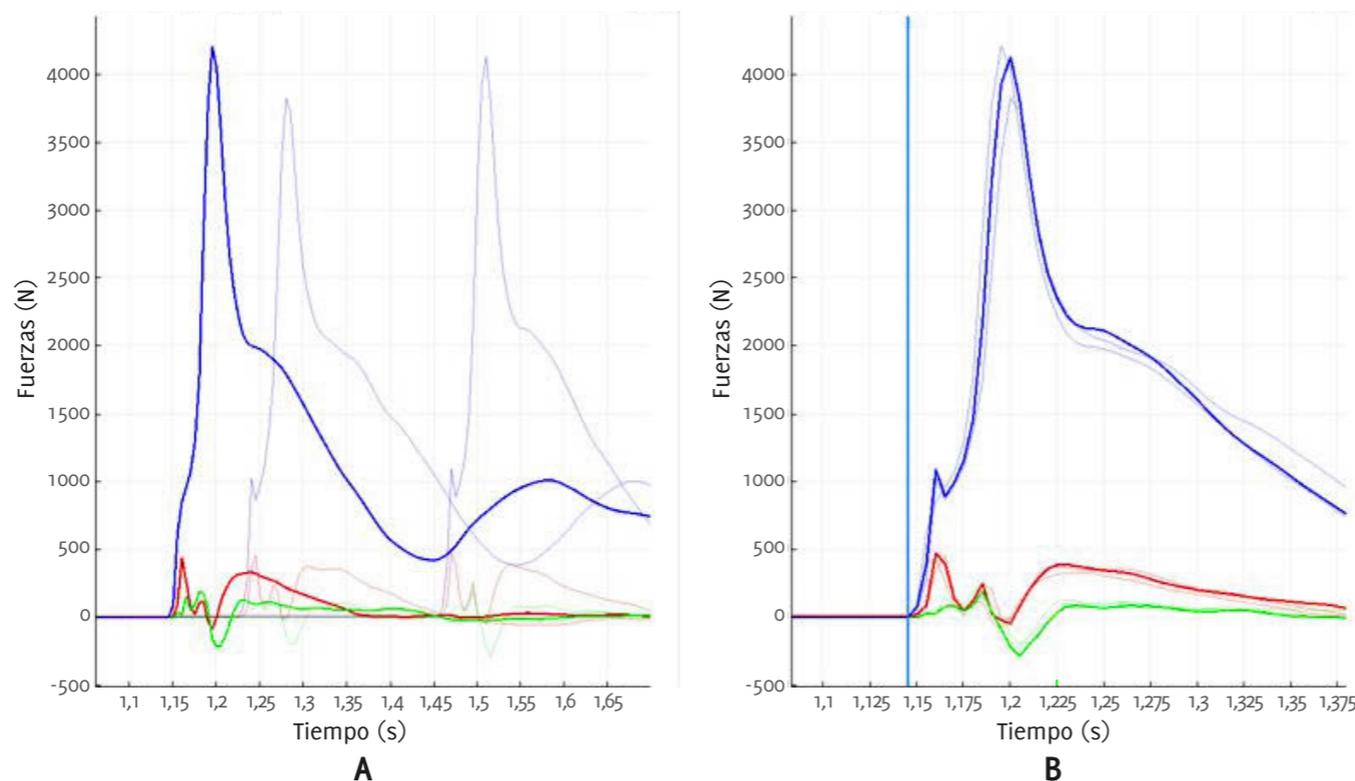


Figura 3

A: Curvas de fuerza originales; B: Sincronización de las tres repeticiones y determinación del instante de impacto en la plataforma.

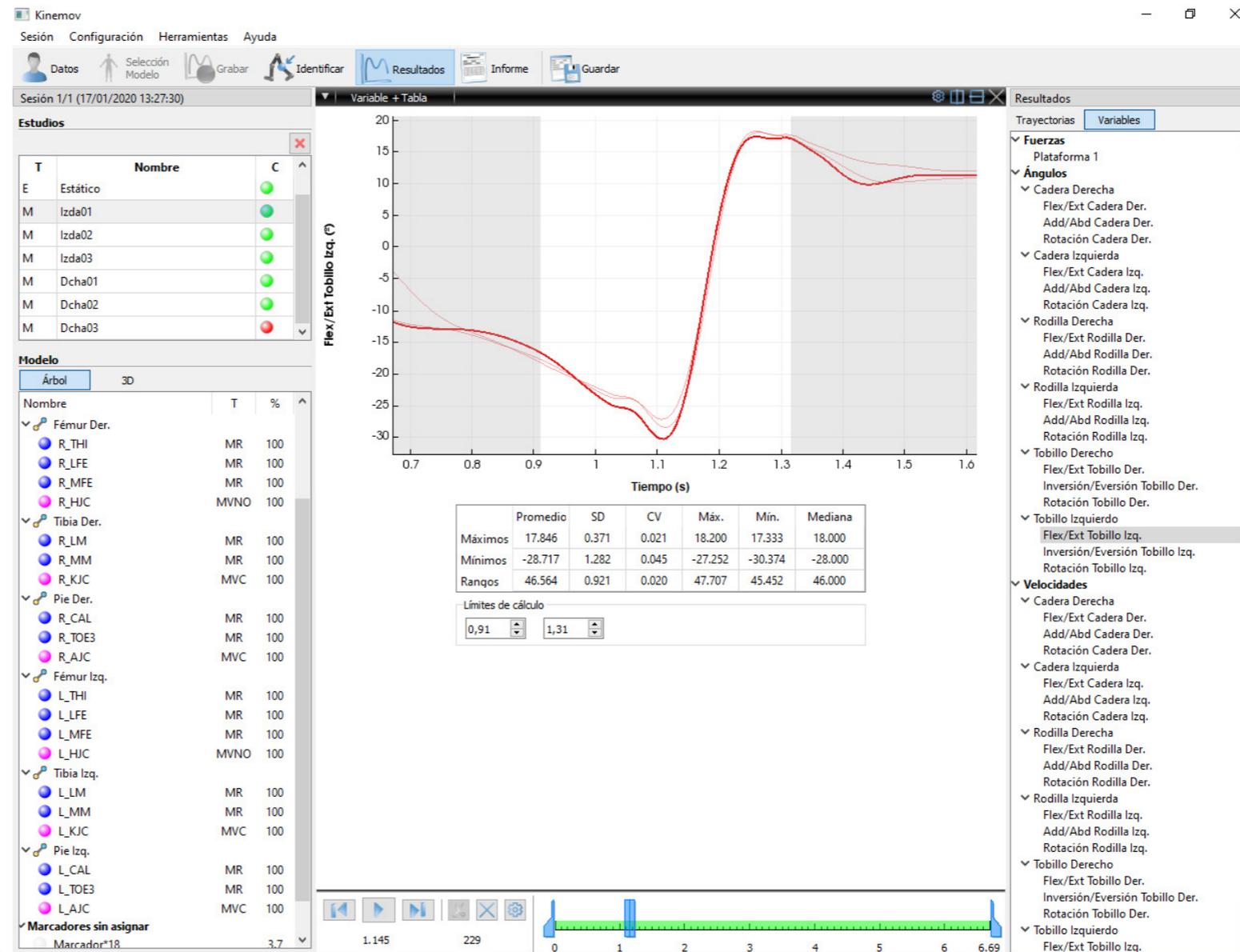


El tobillo con antecedentes de esguince ¿recupera su funcionalidad plena? Resultados preliminares de un estudio ...

Para el cálculo de las variables de interés se utilizó la opción de “Variable + Tabla”, que permite calcular valores característicos de las curvas para un intervalo de tiempo

dato. Para obtener las variables pre apoyo y post apoyo se definió el intervalo de tiempo $[t_c - 0,2; t_c + 0,2]$, basado en criterios de bibliografía (Figura 4).

Figura 4
Cálculo de variables de interés mediante la opción variable + tabla.





Al introducir los límites de cálculo, los valores de la tabla se actualizan aplicando los cálculos al rango de tiempos establecidos. Una vez construida la gráfica, se utilizó la opción de guardar para informe para salvar la configuración de la gráfica.

Este proceso se repitió para las curvas de flexión-extensión, inversión-eversión y velocidad angular de flexión-extensión de tobillo del pie de apoyo, tanto para el salto con pie derecho como con pie izquierdo.

A partir de las tablas calculadas por Kinemov/IBV se obtuvieron de forma directa las variables de interés de la siguiente manera:

- Máxima flexión plantar de tobillo antes del aterrizaje: promedio de los valores mínimos de flexión/ extensión.
- Máxima flexión dorsal de tobillo después del aterrizaje: promedio de los valores máximos de flexión/ extensión.
- Máxima inversión de tobillo antes del aterrizaje: promedio de los valores máximos de inversión/ eversión.

- Máxima velocidad angular de flexión de tobillo después del aterrizaje: promedio de los valores máximos de velocidad angular de flexión/ extensión.
- Variabilidad entre medidas de flexión tobillo: Coeficiente de variación (CV) de los valores máximos y CV de los valores mínimos de flexión/ extensión.

Proceso de análisis

Con el objetivo de automatizar el proceso de análisis, a través de Kinemov/IBV se generó una plantilla de informe. Se incluyeron en el informe las gráficas y tablas generadas para el cálculo de las variables de interés. De este modo, para las siguientes medidas el proceso de análisis se redujo a tres pasos: Importar plantilla de informe, identificar tc y definir límites de cálculo para la actualización de los valores en las tablas.

Los valores calculados para pierna sana y lesionada se trasladaron a una hoja de cálculo para realizar un análisis descriptivo de los resultados.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este estudio exploratorio tenía la finalidad de valorar la existencia de secuelas funcionales en personal de la UME con antecedentes de esguinces de tobillo. Con este fin, se ha analizado la cinemática articular entre el tobillo afecto y el contralateral sano en la ejecución de un salto monopodal. A partir de las medidas obtenidas se realizó prueba T de medidas relacionadas (Tabla 1).

El 85% de los participantes realizaron una menor flexión plantar en la fase pre apoyo con el pie con antecedentes de esguince, en comparación con el pie sin lesión previa. En este sentido, se ha demostrado que la rigidez suele estar aumentada en personas que han sufrido un esguince previo [6], lo que podría justificar la limitación observada en la flexión plantar. Otra explicación podría ser que los sujetos hayan desarrollado un mecanismo de protección, modificando la posición del pie con el fin de reducir la carga en los ligamentos del tobillo en el momento del impacto.

Sin embargo, esto no se puede determinar con exactitud, ya que no se hizo un análisis subjetivo de la percepción de control motor o estabilidad en los participantes.

El resto de variables estudiadas no mostraron cambios entre el lado afecto y el contralateral. La ausencia de diferencias en las variables post apoyo indicaría que las estructuras anatómicas del tobillo han recuperado la fuerza necesaria para soportar el peso del cuerpo tras la caída. En particular, la falta de diferencias en variabilidad y velocidad reflejaría una buena recuperación del control y de la estabilidad del tobillo.

Estos resultados deben tomarse con precaución debido a que se trata de un estudio exploratorio con una muestra reducida. Una vez finalizadas todas las medidas se realizará el análisis completo de las variables y el estudio estadístico que permitirá extraer conclusiones definitivas.

	Sano	Esguince	p
Flexión plantar pre apoyo	-34,39	-30,63	0,017*
Flexión dorsal post apoyo	19,80	21,01	0,525
Inversión pre apoyo	5,80	4,86	0,156
Velocidad post apoyo	584,09	574,02	0,768
CV Flexión plantar pre apoyo	3,55	4,62	0,574
CV Flexión dorsal post apoyo	7,65	8,15	0,583

*Nivel de significación 0,05

Tabla 1

Resumen de resultados del estudio estadístico.



CONCLUSIONES

El presente estudio ha permitido verificar que la valoración del salto monopodal y la comparación entre lado afecto y contralateral puede ser un abordaje adecuado en la evaluación de secuelas derivadas del esguince de tobillo en personal militar.

La realización del análisis exploratorio con Kinemov /IBV ha sido de gran utilidad para obtener resultados de forma ágil y sencilla. □

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración del BIEM III de la Unidad Militar de Emergencia por su apoyo y participación en el presente proyecto de investigación.

Actividad desarrollada en el marco del proyecto (IMAMCJ/2020/1), financiado por la Línea Nominativa S8021000 distribuida a favor de los centros tecnológicos de la Comunitat Valenciana, aprobada por la Ley de Presupuestos de la Generalitat para 2020.



Referencias

- [1] Simpson, J. D., Stewart, E. M., Macias, D. M., Chander, H., & Knight, A. C. (2019). Individuals with chronic ankle instability exhibit dynamic postural stability deficits and altered unilateral landing biomechanics: A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 37, 210-219.
- [2] Brown, C., Padua, D., Marshall, S. W., & Guskiewicz, K. (2008). Individuals with mechanical ankle instability exhibit different motion patterns than those with functional ankle instability and ankle sprain copers. *Clinical biomechanics*, 23(6), 822-831.
- [3] Caulfield, B. M., & Garrett, M. (2002). Functional instability of the ankle: differences in patterns of ankle and knee movement prior to and post landing in a single leg jump. *International journal of sports medicine*, 23(01), 64-68.
- [4] Delahunt, E., Monaghan, K., & Caulfield, B. (2006). Changes in lower limb kinematics, kinetics, and muscle activity in subjects with functional instability of the ankle joint during a single leg drop jump. *Journal of orthopaedic research*, 24(10), 1991-2000.
- [5] Kipp, K., & Palmieri-Smith, R. M. (2012). Principal component based analysis of biomechanical inter-trial variability in individuals with chronic ankle instability. *Clinical biomechanics*, 27(7), 706-710.
- [6] Lin, C.-Y., Shau, Y.-W., Wang, C.-L., Kang, J.-H. (2015). Modeling and analysis of the viscoelastic response of the ankle ligament complex in inversion ankle sprain. *Ann. Biomed. Eng.* 43, 2047-2055.