

# Diferencias de género en la estabilización de rodilla en aterrizajes de salto

## Gender differences in knee stabilization in landings

Adrián Feria Madueño\*, Moises De Hoyo Lora\*\*, Kevin Fernandez Roldan\*\*, Sergio Romero Boza\*\*, Jesús Mateo Cortés\*\*, Borja Sañudo Corrales\*\*

\*Colegio Santa Joaquina de Vedruna, \*\*Universidad de Sevilla

**Resumen:** Los aterrizajes monopodales representan situaciones de riesgo de lesión de rodilla. Entre los factores para su determinación, se encuentran la flexión de rodilla y el tiempo de estabilización, los cuales parecen jugar un papel fundamental en el desencadenamiento de alguna lesión. Nuestro objetivo fue determinar las diferencias de género sobre la estabilización de rodilla tras el aterrizaje de saltos en sujetos físicamente activos. La muestra estuvo constituida por cuarenta sujetos (M=20; H=20;  $24.16 \pm 2.6$  años; altura =  $1.76 \pm 0.08$  m; peso =  $73.42 \pm 11.74$  kg; IMC =  $23.86 \pm 2.78$  kg·m<sup>-2</sup>). Ambos grupos realizaron 3 aterrizajes monopodales desde una altura de 30 cm, con 1 minuto de diferencia para cada intento. Se analizó el tiempo de estabilización sobre una plataforma de fuerza. La flexión de rodilla en el primer contacto y la máxima flexión también fueron analizadas, a través de fotogrametría. Las mujeres mostraron una mayor extensión de rodilla en los intentos 1 y 2 ( $p < 0.05$ ) en el contacto inicial. En el tercer intento, el tiempo de estabilización fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ( $p < 0.05$ ), y la extensión de rodilla mayor en mujeres aunque no significativa. No se mostraron diferencias significativas en cuanto a la flexión máxima en el aterrizaje en ninguno de los intentos ( $p > 0.05$ ). Según nuestros resultados, las mujeres manifiestan una extensión mayor en el contacto inicial de los aterrizajes, lo cual está relacionado con un incremento del riesgo de lesión de rodilla.

**Palabras clave:** aterrizajes monopodales, lesiones de rodilla, estabilización.

**Abstract:** Monopodal landings presents risk situations in knee injuries, and factors in determining are extremely clear. Among other factors, knee flexion and stabilization time are crucial factors in knee injury risk. The aim of this study was to find gender differences in knee stabilization in physically active people. The sample was constituted by forty physically active people (M=20; F=20;  $24.16 \pm 2.6$  years; height =  $1.76 \pm 0.08$  m; weight =  $73.42 \pm 11.74$  kg; BMI =  $23.86 \pm 2.78$  kg·m<sup>-2</sup>). Both groups realised three monopodal landings from a height of 30 cm, pausing for one minute between three attempts. Time stabilization was analyzed on a force platform. Knee flexion at first contact and maximal flexion was analyzed by photogrammetry. Women showed more knee extension in 1 and 2 attempts ( $p < 0.05$ ) at first contact. On the third attempt, time stabilization was significantly greater in men than women ( $p < 0.05$ ), and knee extension was greater in women, although not significantly. Maximal flexion in landings didn't show significantly results in any of attempts ( $p > 0.05$ ). Based on our results, women show a greater knee extension at first contact in landings, and this is related to increase of knee injury risk.

**Key words:** monopodal landings, knee injuries, stabilization.

### Introducción

El estudio de lesiones en el deporte ha cobrado bastante relevancia en los últimos años debido al incremento de la práctica de actividad física bien como deporte reglado, o bien como práctica saludable y vía de mejora de la calidad de vida (Sytema et al., 2010). En este sentido, las lesiones en los miembros inferiores (MMII) siguen siendo las que cobran un mayor porcentaje de sujetos lesionados, representadas en su máximo exponente por las lesiones de rodilla. En su estudio, la literatura refleja que el ligamento cruzado anterior (LCA) juega un papel trascendental en la estabilización de la articulación (Tagesson et al., 2008), y que es en este análisis dinámico donde se describen los momentos lesivos de rodilla. Autores como Pappas et al., 2007 señalan que los aterrizajes de saltos son determinantes en la lesión del LCA, pudiendo destacar varias variables biomecánicas y cinemáticas que parecen relacionarse con las lesiones de rodilla durante los aterrizajes. La flexión-extensión manifestada durante el aterrizaje y el tiempo que tarda la rodilla en estabilizarse parecen responder a estas variables.

Por otro lado, la literatura refleja que las mujeres manifiestan un mayor porcentaje predictor de lesiones que los hombres. Varios estudios reflejan que el género femenino genera una mayor carga en abducción durante el aterrizaje de saltos respecto a los hombres (Hewett, 2006), siendo factor de riesgo importante en las lesiones del LCA. Por su parte, Chapell et al. (2007) también reflejaron un aumento en la extensión de rodilla de las mujeres durante el

aterrizaje. Parece estar claro que tanto el tiempo de duración que el sujeto soporta las fuerzas de aterrizaje (tiempo de estabilización) como el ángulo de extensión con el que se inicia el contacto con el suelo son factores a tener en cuenta en las lesiones de rodilla. A pesar de ello, son pocos los estudios que hayan analizado estos factores comparándolos

con el género, factor que también es tomado como diferenciador. Por ello, nuestro objetivo fue determinar la relación que tiene el género en la estabilización de rodilla durante el aterrizaje de un salto.

### Metodología

#### Participantes

La muestra estuvo constituida por cuarenta sujetos físicamente activos (Tabla 1). Para ser considerados de esta condición, los sujetos debían realizar actividad física mínimamente 3 veces en semana durante al menos 30 minutos al día. Para cuantificar la actividad física, se utilizó el Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ). Previo a ello, los sujetos firmaron un consentimiento informado donde afirmaban de manera voluntaria su voluntad por pertenecer al estudio.

#### Instrumentos

Para obtener los datos de tiempo de estabilización, se utilizó una plataforma de fuerza triaxial (Kistler 9260 AA6, Winterthur, Suiza). Para la obtención de los datos de fotogrametría, se utilizó una cámara de video Sony Handycam HDR-CX130, además de marcadores reflectantes en trocánter mayor del fémur, cóndilo femoral y maleolo externo del pie sobre el que se realizó el aterrizaje.

#### Propiedades psicométricas

Las propiedades psicométricas y demás datos descriptivos de la muestra se encuentran recogidos en la (Tabla 1)

#### Procedimiento

Los sujetos llevaron a cabo 3 aterrizajes desde una altura de 30 cm de altura sobre la plataforma de fuerza, con 1 minuto de descanso entre cada intento. Para contabilizar como intento válido, los participantes debían mantener los brazos apoyados en la cadera y la mirada al frente, con la apertura de pies idéntica a la de caderas y hombros. La única información recibida era que debían aterrizar con su pie dominante dejándose caer hacia delante (Imagen 1). Para familiarizarse con la prueba, los sujetos llevaron a cabo intentos previos. El tiempo de estabiliza-

ción fue medido a través de la variación de la gráfica en el eje Z, duración que comenzaba desde el momento inicial del primer contacto con la plataforma hasta que se estabilizaba el gráfico.

Para el análisis goniométrico, se colocaron 3 marcadores reflectantes sobre el maléolo lateral, cóndilo lateral y trocánter mayor de su miembro dominante. Además, se utilizó la filmación de cada intento con una cámara digital HD, colocada a 2 m de cada sujeto, ajustada a la altura de su rodilla previamente, y totalmente perpendicular a ésta. Posteriormente, se utilizó un software de digitalización de las imágenes para el estudio por fotogrametría (Quintic 4®, Quinetic Consultancy Ltd., Reino Unido)

### Análisis estadístico de los datos

Los datos representan las medias y las desviaciones estándar (SD). Las posibles diferencias entre los grupos fueron analizadas con ANOVA de medidas repetidas (grupo x tiempo de medición). El nivel de significación se fijó en  $p < 0.05$ . Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico software SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EEUU).

### Resultados

Tanto el tiempo de estabilización como la flexión inicial y máxima de cada intento fueron registrados y analizados (Tabla 2). En este sentido, el intento 1 y el intento 2 no representaron diferencias significativas entre hombres y mujeres en el tiempo de estabilización ( $p > 0.05$ ), no siendo así en el intento 3. En este último intento, los hombres tardaron más tiempo en estabilizar la articulación en el aterrizaje ( $p < 0.05$ ).

Por otro lado, en los ángulos de flexión de rodilla máximos no se hallaron diferencias significativas en cuanto al género, no ocurriendo lo mismo en los ángulos de contacto inicial. En este caso, las mujeres manifestaron una mayor extensión en el inicio del aterrizaje que los hombres, tanto en el intento 1 como en el 2 ( $p < 0.05$ ). En el intento 3, aunque no significativa, la tendencia indicaba también esa mayor extensión en mujeres.

Tabla 1. Propiedades psicométricas de la muestra

	N = 40	Media	DT
Hombres	20		
Mujeres	20		
Edad (años)		24.16	2.6
Masa (Kg)		73.42	11.74
Altura (m)		1.76	0.08
IMC (kg·m <sup>-2</sup> )		23.86	2.78

Tabla 2. Resultados del tiempo de estabilización y flexión de rodilla en aterrizaje

	Tiempo de contacto			Ángulo de contacto inicial			Ángulo extensión máxima		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Hombres	1.37 (±0.45)	1.44 (±0.25)	1.57* (±0.44)	144.5 (±7.31)	141.2 (±6.01)	144.5 (±5.78)	117.2 (±10.15)	115.85 (±9.51)	113.15 (±11.8)
Mujeres	1.34 (±0.29)	1.58 (±0.54)	1.34 (±0.37)	148* (±7.07)	147.2* (±9.16)	146.5 (±7.59)	117.4 (±10.01)	112.9 (±8.63)	113.15 (8.91)

### Discusión

El objetivo de nuestro estudio fue establecer diferencias de género en relación a la estabilización de la rodilla. Para ello, se evaluaron dos parámetros que parecen haber dado respuesta a este incremento del riesgo de lesión de rodilla, como son el tiempo de

estabilización y el ángulo de flexión-extensión de rodilla durante el aterrizaje de saltos. La literatura refleja datos importantes referentes a las diferencias biomecánicas en los MMII entre hombres y mujeres durante los aterrizajes (Decker et al., 2003; Ford et al., 2005; Pappas et al., 2007). Debido a estas diferencias, Hewett et al. (1999) afirman que se producen mayor número de lesiones del LCA en mujeres que en hombres durante aterrizajes.

Nuestros resultados apoyan lo descrito por Decker et al. (2003), quienes describen una mayor extensión en aterrizajes en mujeres respecto a los hombres. Además, autores como Hewett et al. (2004) y Kernozek et al. (2005) sostienen que las estrategias tomadas en las recepciones de saltos son fundamentales para la óptima absorción de las fuerzas de impacto contra el suelo por parte de la articulación. Nuestros datos hablan de una ligera diferencia entre hombres y mujeres para los intentos 1 y 2, siendo significativa esta diferencia en el intento 3 a favor

del género masculino. En el primero, los hombres tardan de media 2.18% más que las mujeres en estabilizar la articulación, pero tiene un ángulo de extensión de contacto inicial significativamente menor que las mujeres. En el intento dos, las mujeres son las que manifiestan un tiempo de estabilización mayor, aunque no significativo, del 8.86% por encima que los hombres. Este dato va de la mano del ángulo de extensión inicial de rodilla, que sigue siendo significativamente mayor en mujeres que en hombres. Para el intento 3, no existen diferencias significativas en el ángulo de extensión inicial, aunque hallamos una tendencia del 1.36% por encima en el valor de las mujeres. En este intento, son los hombres quienes manifiestan un tiempo de estabilización significativamente mayor que las mujeres. Esto puede ser debido a la acumulación de fatiga en MMII (Melnyck et al., 2009). En ninguno de los intentos hubo diferencias significativas con los ángulos de extensión máxima de rodilla.

### Conclusiones

En el presente estudio fueron observadas las diferencias en las estrategias tomadas por hombres y mujeres ante aterrizajes de saltos. Se ha obtenido datos significativos que anuncian un mayor riesgo para mujeres que hombres en función de la flexión de rodilla y el tiempo de estabilización de la articulación. Además, para el último de los intentos, estos parámetros se han modificado, generando un incremento en el tiempo de estabilización en hombres. Estas modificaciones pueden ser debido a la fatiga muscular, aspecto no controlado en el estudio. Las próximas investigaciones podrían ir en este camino, detallando cuál es el papel de la fatiga muscular en la estabilización de la rodilla y cómo se relaciona ésta con el ángulo de flexión de rodilla y el tiempo de estabilización en aterrizajes de saltos y cuáles son las diferencias entre hombres y mujeres.

### Agradecimientos

Agradecer a los participantes que formaron parte de la muestra del estudio. A todos los que en algún momento mostraron su ayuda. Sin todos ellos, esto sería imposible.

### Referencias

- Chappell, J.D., Creighton, R.A., Giuliani, C., Yu, B., Garrett, W.E. (2007). Kinematics and electromyography of landing preparation in vertical stop-jump: risks for noncontact anterior cruciate ligament injury. *American Journal of Sport Medicine*, 35(2): 235-41.
- Decker, M.J., Torry, M.R., Wyland, D.J., Sterett, W.I., & RichardSteadman, J. (2003). Gender differences in lower extremitykinematics, kinetics and energy absorption during landing. *Clinical Biomechanics* (Bristol, Avon), 18(7), 662-669.
- Ford, K.R., Myer, G.D., Toms, H.E., Hewett, T.E. (2005). Gender differences in the kinematics of unanticipated cutting in young athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(1):124-9.
- Hewett, T.E., Ford, K.R., Myer, G.D., Wanstrath, K., & Schepers, M. (2006). Gender differences in hip adduction motionand torque during a single-leg agility maneuver. *Journal of Orthopaedic Research*, 24(3), 416-421.
- Hewett, T.E., Myer, G.D., & Ford, K.R. (2004). Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, American, 86(8), 1601-1608.
- Hewett, T.E., Riccobene, J.V., Lindenfeld, T.N., Noyes, F.R. (1999). The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes: a prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 27:699-706
- Kernozek, T.W., Torry, M.R., Van Hoof, H., Cowley, H. & Tanner, S. (2005). Gender differences in frontal and sagittal plane biomechanics during drop landings. *Medicineand Science in Sports and Exercise*, 37(6), 1003-1012.discussion 1013.
- Melnyk, M., Kofler, B., Faist, M., Hodapp, M., Gollhofer, A. (2008). Effect of a whole-body vibration session on knee stability. *International Journal Sports Medicine*, 29(10): 839-44.
- Pappas, E., Hagins, M., Sheikhzadeh, A., Nordin, M., & Rose, D. (2007). Biomechanical differences between unilateraland bilateral landings from a jump: gender differences. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 17(4), 263-268.
- Sytema, R., Dekker, R., Dijkstra, P., Duis H., Van der Sluis, C. (2010). Upper extremity sport injuries: risk factors in comparasion to lower extremity injury in more than 25000 cases. *Clinical Journal Sport Medicine*, 20(4): 256-263.
- Tagesson, S., Oberg, B., Good, L., & Kvist, J. (2008). A comprehensive rehabilitation program with quadriceps strengthening in closed versus open kinetic chain exercise in patients with anterior cruciate ligament deficiency: a randomized clinical trial evaluating dynamic tibial translation and muscle function. *Am J Sports Med*, 36(2), 298-307.