

Activación muscular y la fuerza de reacción vertical en diferentes saltos tras caída desde altura: un estudio preliminar

Muscle Activation and ground reaction forces in different landing jumps: a preliminary study

Osorio Ramírez, R.¹, Esteve Lanao, J.², Lerma Lara, S.³

¹ Universidad Autónoma de Yucatán, México

² Universidad Europea de Madrid, España

³ Hospital Pediátrico Universitario Niño Jesús, España

Osorio Ramírez, R., Esteve Lanao, J., Lerma Lara, S. (2013). Activación muscular y la fuerza de reacción vertical en diferentes saltos tras caída desde altura: un estudio preliminar. *Kronos XII*(2), 9-17.

Dirección de contacto: roy_osorio@hotmail.com

Rodrigo Osorio

Fecha de recepción: 7 de Noviembre 2012

Fecha de aceptación: 4 de Marzo de 2013

RESUMEN

El aterrizaje de saltos es un gesto que en varios deportes se produce con mucha frecuencia y cuya técnica a menudo no es dominada por los deportistas, siendo un mecanismo común de lesiones, de ahí la importancia de conocer las variables biomecánicas que intervienen en dicho gesto. Se evaluó en 16 sujetos, mediante plataforma dinamométrica y electromiografía de superficie (EMG), la fuerza de reacción vertical en múltiplos del peso corporal (BW) y la activación muscular en aterrizajes bipodales y monopodales de saltos en dirección frontal, de espalda y lateral. Los resultados obtenidos demostraron que: los ejercicios bipodales representan mayor BW que los monopodales; los ejercicios monopodales presentan mayor activación electromiográfica que los bipodales; el salto de frente y la caída lateral, muestran diferencias al comparar aterrizajes bipodales y monopodales; la caída de espalda y lateral, muestran diferencias al comparar aterrizajes bipodales. El presente trabajo permite aproximarnos a la especificidad del gesto deportivo y realiza aportaciones al conocimiento de la cinética del aterrizaje de saltos que permitan plantear estrategias de tratamiento, y recuperación de lesiones.

Palabras clave: electromiografía (EMG), fuerza de reacción vertical, prevención de lesiones.

ABSTRACT

Jumps landing is a frequent action in sports. Its technique is not always controlled by athletes, so it becomes a common injury cause. Thus, it is important to know the biomechanical variables involved in that movement. 16 athletes were tested in a force plate with surface electromyography (EMG), measuring ground reaction forces (GRF) in Body Weights (BW) and EMG activity in bilateral and single-leg jumps in 3 directions: forward, backward and lateral. Results found showed that: bilateral exercises produced higher BW than single-leg exercises; single-leg exercises produce higher EMG activity than bilateral; forward and lateral landings showed differences when comparing bilateral and single-leg jumps; and backward landing and lateral landing showed differences in bilateral comparisons. This study presents data to study movement specificity in sport and specific knowledge about jump landing kinetic in order to establish strategies for injury prevention and treatment in athletes.

Key words: electromyography (EMG), ground reaction force (GRF), injury prevention.

INTRODUCCIÓN

El aterrizaje de saltos es un gesto que en varios deportes se produce con mucha frecuencia y cuya técnica a menudo no es dominada por los deportistas (Abian, Alegre, Aguado & Lara, 2006). Un mal aterrizaje de un salto es un mecanismo que puede producir con frecuencia lesiones, principalmente de rodilla y específicamente del ligamento cruzado anterior (Chappell, Herman, Knight, Kirkendall, Garret & Yu, 2005).

Durante el aterrizaje de saltos tras caída, se presenta un ciclo estiramiento-acortamiento (CEA), es decir, trabajo excéntrico y concéntrico de la musculatura de las extremidades inferiores. Durante la fase excéntrica del gesto se presentan mayores niveles de activación muscular en comparación con la fase concéntrica, siendo esto importante para mantener el balance y la estabilidad del cuerpo durante el aterrizaje. Los aterrizajes de saltos con caída desde altura (conocidos como “drop” o “depht jump” según tengan continuación en una acción concéntrica o no) presentan mayor activación muscular y la fuerza máxima vertical de reacción se produce durante la fase excéntrica del gesto. El trabajo excéntrico de la musculatura es considerado como un componente importante en el mantenimiento del balance y estabilidad durante el aterrizaje, generando fuerzas mayores que en el trabajo concéntrico (Louw, Grimmer & Vaughan, 2006).

La biomecánica de este gesto se conoce gracias a sistemas de medición como las plataformas dina-

mométricas y la electromiografía de superficie entre otros. Una de las variables que nos permiten conocer las plataformas dinamométricas es la fuerza máxima de reacción vertical (FMRV), medida en BW (Body Weight), unidad que representa la fuerza generada al momento de la caída dividida por el peso del sujeto). Trabajos sobre la FMRV han descrito que en el voleibol se obtienen valores entre 3-6 BW, en el baloncesto 3-5 BW y en gestos específicos de caídas-saltos valores mínimos de 3 y máximos mayores de 10 BW (Abian, 2005; Blackburn, 2009; Schmidtbleicher, 2010).

La electromiografía de superficie permite conocer el grado de actividad de la musculatura durante una situación dinámica (Fauth et al., 2010). Dicha actividad, está modulada por los desplazamientos y velocidades angulares de las articulaciones. La contracción muscular parece ser el componente más importante para la estabilidad, principalmente de la rodilla, ya que aparte de estabilizarla actúa controlando la desaceleración de los segmentos corporales durante el aterrizaje (Louw, Grimmer & Vaughan, 2006). Los valores electromiográficos del cuádriceps durante el aterrizaje de un salto, sobrepasan los valores obtenidos durante una máxima contracción voluntaria (MCV) isométrica, como lo hallaron por Blackburn y Padua (2009) quienes encontraron una actividad electromiográfica del cuádriceps de un $216 \pm 197\%$ de la MCV.

El gesto de aterrizaje supone en primer lugar una activación de la musculatura del tobillo, seguida de

la musculatura de la rodilla y finalmente de la musculatura de la cadera (Mckinley & Pedotti, 1992). Así mismo, el tríceps sural es el que posee mayores valores de activación (Gruneberg, Nieuwenhuijzen & Duysens, 2003).

Se pueden encontrar dos formas diferentes de caer que han sido ampliamente estudiadas: variantes con un pie (Chaudhari et al., 2005; Hargrave et al., 2003; Zazulak et al., 2005) y con dos pies a la vez (Bauer et al., 2001; Chappell et al., 2005; Cowling et al., 2003; Hewett et al., 2005; Kernozek et al., 2005; Pflum et al., 2004; Self et al., 2001; Zhang et al., 2000).

En su estudio, Pappas et al. (2007), concluyen que en sujetos, independientemente del sexo, existen diferencias en la cinemática de la rodilla y en los valores EMG entre el aterrizaje monopodal en comparación con el bipodal, ya que encontraron incremento del valgo y disminución de la flexión de rodilla e incremento en los valores normalizados electromiográficos del recto femoral, isquiosurales y gastrocnemio medial.

Wikstrom et al. (2008), en su estudio para determinar diferencias en la estabilidad postural dinámica durante los aterrizajes de caídas frontales, diagonales y laterales con una pierna, encontraron que los ejes medio/lateral y vertical son los más afectados de acuerdo a la dirección del salto. El salto lateral y diagonal, produce incrementos en los índices de estabilidad media/lateral y el salto frontal produce incrementos en los índices de la estabilidad en el eje vertical.

La mayoría de los trabajos realizados en el campo de aterrizaje de saltos, se han hecho midiendo ejercicios en una sola dirección (caída de frente); sin embargo, los aterrizajes en el deporte suelen darse en diferentes direcciones, dependiendo del tipo de acción o de la existencia o no, de algún tipo de contacto y en la dirección de caída. Debido a esto, el presente trabajo tiene el objetivo de describir y comparar, mediante plataforma dinamométrica y electromiografía de superficie, la máxima fuerza de reacción vertical y la activación muscular en aterrizajes bipodales y monopodales de saltos en dirección frontal, de espalda y lateral.

MÉTODO

Muestra

Participaron en el estudio dieciséis sujetos, 12 hombres y 4 mujeres. Los criterios establecidos para su inclusión fueron: participación voluntaria, ser sujetos sanos, no sedentarios (más de tres días de actividad física a la semana) y sin antecedentes de lesión neu-

romusculoesquelética en los últimos 3 meses, como criterios de exclusión se consideraron que fueran sujetos sedentarios (menos de tres días de actividad física a la semana) y que hayan tenido alguna lesión neuromusculoesquelética en los últimos 3 meses. La tabla 1, resume los datos descriptivos de la muestra.

Tabla 1. Características de la muestra (n=16). Media, desviación estándar, mínimo y máximo

Sujetos	N	EDAD(años)				IMC			
		Media	Desv.	Mín	Máx	Media	Desv.	Mín	Máx
Masculino	12	32.1	±8.3	20	47	23.6	±1.5	21.1	26.6
Femenino	4	38.0	±1.8	36	40	19.1	±0.8	18.1	20.1
Total	16	33.5	±7.6	20	47	22.5	±2.4	18.1	26.1

Procedimiento

Se establecieron 8 ejercicios, cuatro gestos cada uno con variante de aterrizaje bipodal y monopodal (pierna dominante). Los gestos fueron: salto de frente, caída de frente, caída lateral y caída de espalda. La figura 1, detalla los ejercicios evaluados.



Figura 1. Ejercicios: gestos y modalidades de aterrizaje

Se utilizó una plataforma dinamométrica (Dinascan/IBV 800) y un electromiógrafo de superficie (BTS FreeEMG-300). Los ejercicios se realizaron con un cajón de madera de 40 cm de altura, y para cada sujeto, se estableció la distancia entre la plataforma y el cajón, como la mitad de la distancia entre el trocánter mayor del fémur y el maléolo externo de tobillo. Durante la ejecución de los ejercicios, se monitorizaron electromiográficamente 8 músculos de la extremidad inferior: recto anterior, vasto interno, vasto lateral, bíceps femoral, gastrocnemio medial, gastrocnemio lateral, tibial anterior y peroneo largo. La colocación de los electrodos se realizó siguiendo las recomendaciones europeas SENIAM.

Para comparar la activación electromiográfica durante los ejercicios y un test dinámico, se realizó un test progresivo de IRM siguiendo el protocolo de Naclerio (2008), monitorizando electromiográficamente los mismos músculos durante las repeticiones con máxima fuerza y potencia.

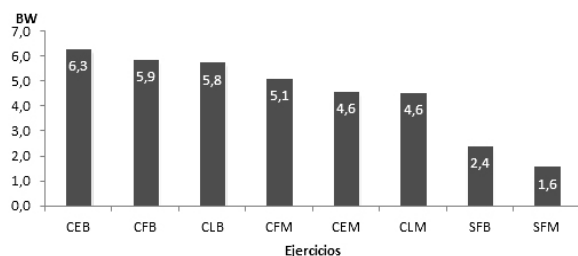
Se analizó la máxima fuerza vertical relativa medida en Body Weight (BW), y la amplitud de la señal electromiográfica obtenida con el algoritmo Root Mean Square (RMS). La señal electromiográfica, se normalizó en porcentaje de la máxima contracción voluntaria estática obtenida durante la ejecución de un test isométrico en posición press de sentadilla vertical con 90° de flexión de rodillas. Por cada ejercicio, se realizaron 3 repeticiones y se tomó la media de las variables obtenidas.

Análisis estadístico

Para comparar la actividad electromiográfica del mismo músculo y la fuerza de reacción vertical en los diferentes tipos de esfuerzos, se utilizaron pruebas T para muestras relacionadas. Para facilitar la interpretación de resultados, se comparó cada ejercicio bipodal con su variante monopodal, también con pruebas T para muestras relacionadas. Se estableció un nivel de significación estadística de $P < 0.05$.

RESULTADOS

La figura 2 muestra, de mayor a menor, las fuerzas de reacción vertical relativa al peso corporal (BW) en cada tipo de salto. Comparando los aterrizajes bipodales con los monopodales, se hallaron mayores niveles de activación en los bipodales en relación al mismo ejercicio en versión monopodal (Tabla 2).



BW = fuerza/peso sujeto. CEB = Caída espalda bipodal. CFB = Caída frente bipodal. CLB = Caída lateral bipodal. CFM = Caída frente monopodal. CEM = Caída espalda monopodal. CLM = Caída lateral monopodal. SFB = Salto frente bipodal. SFM = Salto frente monopodal.

Figura 2. Máxima fuerza de reacción vertical relativa (BW) por ejercicio

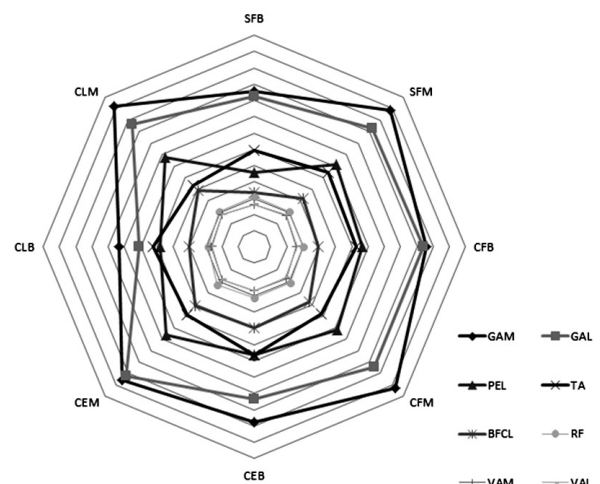
En la activación muscular, se obtuvieron valores mayores en la musculatura de la pierna (gastrocnemio medial y lateral, tibial y peroneo) respecto a la del muslo (bíceps femoral, recto anterior, vasto medial y lateral). Así mismo, se halló mayor activación en músculos posteriores de la extremidad (gastrocnemios y bíceps femoral) respecto a los anteriores (cuádriceps, tibial y peroneo) (Figura 3).

Tabla 2. Comparación de máxima fuerza de reacción relativa (BW) entre saltos y aterrizajes bipodales vs monopodales

Ejercicio	media	±DS	P
SFB	2.40	±1.02	0.003*
SFM	1.56	±0.22	
CFB	5.89	±1.15	0.007*
CFM	5.13	±1.06	
CEB	6.30	±1.09	0.000*
CEM	4.59	±0.74	
CLB	5.77	±1.83	0.000*
CLM	4.56	±1.15	

BW = fuerza/peso sujeto. DS = Desviación estándar. $P < 0.05$

Se observó que los ejercicios monopodales presentan mayor activación que sus homólogos bipodales en todos los músculos, exceptuando el tibial, que tiene mayor activación en los aterrizajes bipodales de caída de frente, lateral y de espalda (Figura 3).



GAM = gastrocnemio medial. GAL = gastrocnemio lateral. PEL = peroneo largo. TA = tibial anterior. BFCL = bíceps femoral. RF = recto femoral. VAM = vasto medial. VAL = vasto lateral. SFB = Salto frente bipodal. SFM = Salto frente monopodal. CFB = Caída frente bipodal. CFM = Caída frente monopodal. CEB = Caída espalda bipodal. CEM = Caída espalda monopodal. CLB = Caída lateral bipodal. CLM = Caída lateral monopodal.

Figura 3. Activación electromiográfica de cada músculo por ejercicio

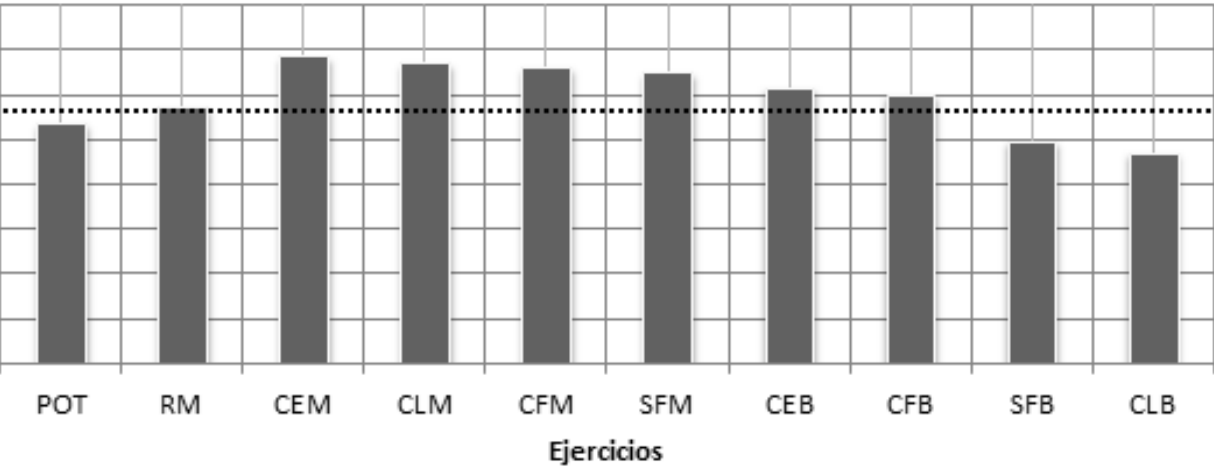
La tabla 3 muestra la comparación en activación muscular de los ejercicios con aterrizajes bipodales contra los monopodales.

La figura 4 describe la actividad electromiográfica máxima obtenida en el test dinámico de IRM res-

Tabla 3. Nivel de significación de cada músculo comparando aterrizajes bipodales y monopodales. *P<0.05

	RECTO FEMORAL			VASTO MEDIAL			VASTO LATERAL			BICEPS FEMORAL		
Ejercicio	media	±DS	P	media	±DS	P	media	±DS	P	media	±DS	P
SFB	110.14	±98.78	0.583	58.19	±20.19	0.001*	57.08	±25.6	0.075	134.96	±103.76	0.002*
SFM	106.55	±104.33		72.57	±25.25		80.86	±58.2		222.56	±140.92	
CFB	101.70	±77.45	0.748	58.86	±17.83	0.007*	61.37	±23.67	0.063	191.88	±238.77	0.278
CFM	108.20	±105.71		78.96	±37.07		71.17	±28.77		277.61	±263.47	
CEB	112.24	±112.4	0.178	68.68	±32.75	0.122	68.82	±27.19	0.100	296.17	±273.31	0.804
CEM	126.40	±136.51		81.32	±40.89		83.39	±31.2		315.31	±341.16	
CLB	87.54	±73.4	0.169	64.77	±24.83	0.000*	62.77	±20.76	0.045*	199.85	±206.85	0.031*
CLM	108.20	±109.64		78.21	±29.06		78.36	±27.7		290.64	±254.17	
	GASTROCNEMIO MEDIAL			GASTROCNEMIO LATERAL			TIBIAL ANTERIOR			PERONEO LARGO		
Ejercicio	media	±DS	P	media	±DS	P	media	±DS	P	media	±DS	P
SFB	756.67	±827.11	0.120	723.99	±928.36	0.05*	391.14	±485.18	0.018*	256.48	±183.47	0.004*
SFM	986.64	±746.99		826.22	±859.889		444.77	±548.73		515.80	±383.38	
CFB	857.23	±725.16	0.275	839.05	±900.709	0.949	427.93	±535.21	0.139	466.82	±620.1	0.453
CFM	1024.16	±772.22		845.26	±906.27		384.60	±488.37		521.24	±413.48	
CEB	877.77	±671.74	0.714	732.42	±789.26	0.161	462.29	±540.64	0.349	465.88	±675.45	0.213
CEM	952.47	±709.93		919.75	±1016.9		387.39	±316.79		566.29	±504.89	
CLB	630.05	±513.45	0.01*	512.29	±554.1	0.000*	421.39	±506.86	0.236	377.44	±439.51	0.007*
CLM	1022.81	±752.02		864.21	±785.8		332.98	±279.24		580.98	±590.01	

SFB = Salto frente bipodal. SFM = Salto frente monopodal. CFB = Caída frente bipodal. CFM = Caída frente monopodal. CEB = Caída espalda bipodal. CEM = Caída espalda monopodal. CLB = Caída lateral bipodal. CLM = Caída lateral monopodal



POT = repetición máxima potencia (test dinámico); RM = repetición máxima fuerza (test dinámico); CEM = Caída espalda monopodal; CLM = Caída lateral monopodal.; CFM = Caída frente monopodal.; SFM = Salto frente monopodal; CEB = Caída espalda bipodal; CFB = Caída frente bipodal; SFB = Salto frente bipodal; CLB = Caída lateral bipodal

Figura 4.Activación muscular pico por ejercicio respecto al nivel de 1RM

pecto a la activación durante la ejecución de cada uno de los ejercicios.

DISCUSIÓN

El aterrizaje de los saltos, además de ser un gesto común y frecuente en la práctica deportiva, es

considerado como un importante factor extrínseco de lesiones (Abian,Alegre,Aguado & Lara, 2006). Los resultados hallados en este estudio nos muestran que, independientemente de la dirección del salto, de frente, de espalda o lateral, los ejercicios con aterrizaje bipodal generan mayores valores de

máxima fuerza vertical relativa que sus homólogos unipodales.

Los valores obtenidos son mayores a los reportados por Blackburn y Padua (2009), ya que se encontraron máximos de 6.3 BW en los ejercicios de caída con aterrizajes bipodales y 5.1 BW en los de caída con aterrizaje monopodal. Así mismo, considerando la acción de la fuerza de gravedad, los aterrizajes desde caída generan mayores valores de BW que los aterrizajes desde salto, siendo estos hasta un 60% (bipodales) y 68% (monopodales) menores que los aterrizajes desde caída.

Nuestros resultados confirman lo descrito por Mckinley y Pedoti (1992) en relación a que, en primer lugar, el gesto del aterrizaje supone una activación de la musculatura del tobillo (gastrocnemios, tibial y peroneo), seguido de la musculatura de la rodilla (bíceps femoral, recto anterior, vasto medial y lateral). Este patrón se presenta independientemente de la dirección del salto o si el aterrizaje es bipodal o monopodal.

Al igual que lo descrito por Gruneberg (2003), los gastrocnemios (medial y lateral) son los músculos con mayores valores de activación durante el aterrizaje de saltos, independientemente del tipo de apoyo o la dirección del salto.

También observamos que los aterrizajes monopodales presentan mayor activación electromiográfica de los músculos de la extremidad inferior en relación con aterrizajes bipodales. Esto corrobora lo descrito por Louw (2006), en relación a que la contracción muscular parece ser el componente más importante para la estabilidad, pudiendo afirmar que los aterrizajes monopodales son más inestables, ya que demandan mayor activación muscular para controlar la cinemática articular durante el aterrizaje.

Nuestros resultados se suman y complementan lo descrito por Blackburn (2009) y Pappas (2007), ya que se obtuvo que los valores electromiográficos durante un aterrizaje de salto, no solo sobrepasan, a nivel de cuádriceps, los valores obtenidos durante una máxima contracción voluntaria (MCV) isométrica, sino también en el resto de los músculos monitorizados.

Comparando aterrizajes bipodales y monopodales, el salto de frente y la caída lateral son los ejercicios que muestran diferencias significativas para los músculos monitorizados (vasto medial y lateral, bíceps femoral, gastrocnemio medial y lateral, tibial anterior y peroneo largo). El recto anterior de cuádriceps fue el único músculo que no mostró diferencias de acuerdo a la dirección del salto.

Wikstrom (2008) sugieren que la dirección de saltos no afecta las características electromiográficas de la extremidad inferior, lo que difiere con nuestros resultados ya que comparando aterrizajes bipodales, el bíceps femoral, ambos gastrocnemios y el tibial, presentan diferencias estadísticamente significativas entre caer de frente y lateral ($P < 0.05$).

El aterrizaje de salto es un gesto que compromete de forma importante la actividad muscular, ya que la activación total durante el aterrizaje de los ejercicios fue mayor o muy cercana a la activación electromiográfica durante la repetición IRM del test dinámico, entendiendo esta, como la mayor fuerza al movilizar el mayor peso. Para nuestro conocimiento, este es el primer estudio con EMG que compara tantos tipos de salto diferentes con un test de fuerza máxima (IRM) y potencia máxima.

Actualmente, los ejercicios que involucran saltos se utilizan principalmente para la mejora del rendimiento, incremento de la potencia o en las últimas fases de la recuperación de lesiones. Un mejor conocimiento de las variables involucradas durante el aterrizaje de saltos podría permitir ampliar su uso a estrategias destinadas a la prevención, a través de la enseñanza de la habilidad de la caída, generando en el deportista la automatización del patrón permitiéndole realizar amortiguaciones adecuadas y sin riesgo, que incidan en la disminución del número de lesiones relacionadas con la caída y el aterrizaje.

Como profesionales del deporte, las acciones dinámicas adquieren mayor interés dentro de nuestro trabajo, pues se acercan más a la realidad del deportista. Dada la mayor dificultad y variabilidad que tienen en su medida, hemos de incidir aún más en su estudio para llegar a conseguir datos que nos permitan plantear estrategias de tratamiento, entrenamiento o recuperación más eficientes. Se precisan nuevas medidas y estudios que permitan aproximarnos a la especificidad del gesto deportivo y conocer las variables involucradas en el aterrizaje.

Sin embargo, el presente estudio contribuye al conocimiento de la cinética de ejercicios de salto con variantes en el tipo de apoyo durante la caída. Pese a ser un estudio preliminar, permite conocer, en las acciones principales, en qué orden seleccionar ejercicios para rehabilitadores o preparadores físicos en relación tanto a las fuerzas de reacción vertical como de la musculatura a involucrar. De este modo, podrán establecer progresiones basadas en datos objetivos.

Futuras investigaciones en este campo deben contemplar incrementar el número de sujetos de la

muestra y podrían centrarse en determinar posibles diferencias de acuerdo al sexo, a grupos de edad, a sujetos entrenados y desentrenados, e incluir gestos dinámicos específicos por disciplina deportiva.

Todo ello para lograr un mejor entendimiento de la biomecánica de la técnica del salto y aterrizaje que proporcione avances en la prevención de lesiones deportivas.

REFERENCIAS

- Abian, J., Alegre, L., Aguado, X. & Lara, A. (2006). Diferencias de sexo durante la amortiguación de caídas en test de saltos. *Archivos de Medicina del Deporte*, 23(116), 441-449.
- Abian, J., Alegre, L., Lara, A., Sordo, S. & Aguado, X. (2005). La capacidad del deportista de amortiguar los impactos contra el suelo. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 19(3), 13-19.
- Abian, J., Alegre, L., Sordo, S., Aguado, X. & Lara, A. (2005). Capacidad de amortiguación en aterrizajes después de ejercicios intenso. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 19(3), 5-11.
- Avalos, A. & Berrio, V. (2007). Evidencia del trabajo propioceptivo utilizado en la prevención de lesiones deportivas. *Monografía para optar por el Título de Especialista en educación física*. Colombia: Universidad de Antioquía.
- Baur JJ, F.R. (2001). Quantifying force magnitude and loading rate from drop landings that induce osteogenesis. *Journal of Applied Biomechanics*, 17(2), 142-152.
- Blackburn, T. & Padua, D. (2009). Sagittal-Plane trunk position, landing forces and quadriceps electromyographic activity. *Journal of Athletic Training*, 44(2), 174-179.
- BP, S. & D. P. (2001). Ankle biomechanics during four landing techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(8), 1338-1344.
- Caufield, B., Crammond, T., O'Sullivan, A., Reynolds, S. & Ward, T. (2004). Altered ankle-muscle activation during jump landing in participants with functional instability of the ankle joint. *Journal of Sport Rehabilitation*, 13(3).
- Chappell, J., Herman, D., Knight, B., Kirkendall, D., Garret, W. & Yu, B. (2005). Effect of fatigue on knee kinetics and kinematics in stop-jump tasks. *American Journal of Sports Medicine*, 33, 1022-1029.
- Chaudhari, A., Hearn, B. & Andriacchi, T. (2005). Sport-dependent variations in arm position during single-limb landing influence knee loading. *American Journal of Sports Medicine*, 33, 824-830.
- Colby, S., Francisco, A., Yu, B., Kirkendall, M., Finch, M. & Garrett, W. (2000). Electromyographic and kinematic analysis of cutting maneuvers. Implications for anterior cruciate ligament injury. *American Journal of Sports Medicine*, 28, 234-240.
- Cowling, E., Steele, J. & McNair, P. (2003). Effect of verbal instructions on muscle activity and risk of injury to the anterior cruciate ligament during landing. *British Journal of Sport Medicine*, 37, 126-130.
- Decker, M., Torry, M., Wyland, D., Sterett, W. & Steadman, J. (2003). Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing. *Clinical Biomechanics*, 18, 662-669.
- Devan, M., Pescatello, S., Faghri, P. & Anderson, J. (2004). A prospective study of overuse knee injuries among female athletes with muscle imbalances and structural abnormalities. *Journal of Athletic Training*, 263-267.

- Fauth, M., Petushek, E., Feldmann, C., Hsu, B., Garceau, L., Lutsch, B. et al. (2010). Reability of surface electromyography during maximal voluntary isometric contractions, jump landings and cutting. *J Strength Cond Res*, 24(4), 113-117.
- Fort, A., Romero, D., Costa, L., Bagur, C., Lloret, M., & Montañola, A. (2009). *Diferencias en la estabilidad postural estática y dinámica según sexo y pierna dominante*, 162, 74-81.
- Gerberich, S., Luhmann, S., Finke, C., Priest, J., & Beard, B. (1987). Analysis of severe injuries associated with volleyball activities. *Physician and Sports Medicine*, 15(8), 75-79.
- Gray, J., Taunton, J., McKenzie, D., Clement, D., & McConkey, J. (1985). A survey of injuries to the anterior cruciate ligament of the knee in female basketball players international. *Journal of Sports Medicine*, 6, 314-316.
- Gruneberg, C., Nieuwenhuijzen, J. & Duysens, J. (2003). Reflex responses in the lower leg following landing impact on an inverting and non-inverting platform. *Journal of Physiology*, 550(3), 985-993.
- Hargrave, M., Carcia, C., Gansneder, B. & Schultz, S. (2003). Subtalar pronation does not influence forces or rate of loading during a single leg landing. *Journal of Athletic Training*, 38, 18-23.
- Hewett, T., Myer, G., Ford, K., Heidt, R., Colosimo, A., Mclean, S. et al. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. *American Journal of Sport Medicine*, 33(4), 492-501.
- Jacobs, C., Uhl, T., Mattacola, C., Shapiro, R. & Rayens, W. (2007). Hip abductor function and lower extremity landing kinematics: sex differences. *J Athl Train*, 42, 76-83.
- Kain, C., McCarthy, J. & Arms, S. (1998). An in vivo analysis of the effect of transcutaneous electrical stimulation of the quadriceps and hamstrings on anterior cruciate ligament deformation. *American Journal of Sports Medicine*, 16, 147-152.
- Kernozek, T., Torry, M., Heather, V., Cowley, H. & Tanner, S. (2005). Gender differences in frontal and sagittal plane biomechanics during drop landings. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 1003-1012.
- Lephart, S., Ferris, C., Riemann, B., Myers, J. & Fu, F. (2002). Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing. *Clin Orthop Relat Res*, 401, 162-169.
- Louw, Q., Grimmer, K. & Vaughan, C. (2006). Knee movement patterns of injured and uninjured adolescent basketball players when landing from a jump: a case-control study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 7, 22.
- Madigan, M. & Pidgeon, P. (2003). Changes in landing biomechanics during a fatiguing landing activity. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13, 491-498.
- Malinzak, R., Colby, S., Kirkendall, D. & Garrett, W. (2001). A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic task. *Clinical Biomechanics*, 16, 438-445.
- Masso, N., Rey, F. & Romero, D. (2010). Aplicaciones de la electromiografía de superficie en el deporte. *Apunts Med Esport*, 45(165), 127-136.
- McKinley, P. & Pedotti, A. (1992). Motor strategies in landing from a jump: the role of skill in task execution. *P Brain Res*, 90(2), 427-440.
- Murphy, D., Connolly, D. & Beynon, B. (2003). Risk factor for lower extremity injury: a review of the literature. *Br J Sports Med*, 37, 13-29.
- Naclerio, F. (2008). *Entrenamiento de fuerza en la práctica deportiva: zonas de entrenamiento y ejercicios de prevención*. Recuperado el Abril de 2011, de www.sobreentrenamiento.com.
- Onate, J., Guskiewicz, E. & Sullivan, R. (2001). Augmented feedback reduces jump landing forces. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 31(9), 511-517.

- Pappas, E., Hagins, M., Sheikhzadeh, A., Nordin, M. & Rose D. (2009). Peak biomechanical variables during bilateral drop landings: comparisons between sex (female/male) and fatigue (pre-fatigue/post-fatigue). *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 4(2).
- Pappas, E., Hagins, M., Sheikhzadeh, A., Nordin, M. & Rose, D. (2007). Biomechanical differences between unilateral and bilateral landings from a jump: gender differences. *Clin J Sportmed*, 17(4), 263-268.
- Pflum, M., Shelburne, K., Torry, M., Decker, M. & Pandey, M. (2004). Model prediction of anterior cruciate ligament force during drop landings. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1949-1958.
- Richie, D., Celso, S. & Bellucci, P. (1985). Aerobic dance injuries: a retrospective study of instructors and participants. *Physician and Sports Medicine*, 13(2), 130-140.
- Rubio, A., Abian, J., Alegre, L., Lara, A., Miranda, A. & Aguado, X. (2007). Capacidad de salto y amortiguación en escolares de primaria. *Archivos de Medicina del Deporte*, 24(120), 235-244.
- Santello, M. (2005). Review of motor control mechanisms underlying impact absorption from falls. *Gait and Posture*, 21, 85-94.
- Scase, E., Cook, J., Makdissi, M., Gabbe, B. & Shuck, L. (2006). Teaching landing skills in elite junior Australian football: evaluation of an injury prevention strategy. *Br J Sports Med*, 40, 834-838.
- Schmidtbleicher, D. (2000). Ciclo estiramiento-acortamiento del sistema neuromuscular: desde la investigación hasta la práctica del entrenamiento. *Resúmenes del Ier. Simposio internacional de fuerza y potencia relacionadas con los deportes, la actividad física, el fitness y la rehabilitación*, 47-53.
- Self BP, P. D. (2001.). Ankle biomechanics during four landing techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercises*, 33(8), 1338-1344.
- Tillman, M., Hass, C., Brunt, D. & Bennett, G. (2004). Jumping and landing techniques in elite women's volleyball. *Journal of Sport Science and Medicine*, 3, 30-36.
- Urabe, Y., Kobayashi, R., Sumida, S., Tanaka, K., Yoshida, N., Nishiwakia, G. et al. (2005). Electromyographic analysis of the knee during jump landing in male and female athletes. *Elsevier*, 12(2), 129-134.
- Wikstrom, E., Tillman, M., Schenker, S. & Borsa, P. (2008). Jump-landing direction influences dynamic postural stability scores. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11(2), 106-111.
- Wikstrom, E., Tillman, M., Kline, K. & Borsa, P. (2006). Gender and limb differences in dynamic postural stability during landing. *Clin J Sport Med*, 16, 311-315.
- Wikstrom, E., Tillman, M., Schenker, S. & Borsa, P. (2008). Failed jump landing trials: deficits in neuromuscular control. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(1), 55-61.
- Yu, B. & Garret, W. (2002). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: anatomy, physiology and motor control. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 10, 58-68.
- Yu, B., Kirdendall, D., Taft, T. & Garret, W. (2002). Lower extremity motor control related and other risk factors for non-contact anterior cruciate ligament injuries. *Instructional Course Lectures*, 51, 315-324.
- Zazulak, B., Ponce, P., Straub, S., Michael, J., Avedisian, L. & Hewett, T. (2005). Gender comparison of hip muscle activity during single leg landing. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 35, 292-299.
- Zelisko, J., Noble, H. & Porter, M. (1982). Comparison of men's and women's professional basketball injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 10(5), 297-299.