

EVOLUCIÓN Y RELACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SALTO Y AMORTIGUACIÓN EN GIMNASTAS DE RÍTMICA DE ALTO NIVEL

Ignacio Grande Rodríguez *, Javier Sampedro Molinuelo*, Jesús Rivilla-García*, Ana Bofill
Ródenas**, Mónica Hontoria Galán***

Universidad Politécnica de Madrid*, INEFC-Barcelona**, Universidad Alfonso X El Sabio***

RESUMEN

La capacidad de salto (Di Cagno et al., 2008; Ferro, 1998; Ferro et al., 1999; Grande et al., 2009; Hutchinson et al., 1998; Kums et al., 2005; Miletic, Sekulic & Wolf-Cvitak, 2004; Pérez-Gómez et al., 2006; Yi & Kwon, 2005). y amortiguación (Sabick et al., 2006; Mills et al., 2008; Mills et al., 2009) ha sido evaluada en gimnastas. Todas las gimnastas del equipo nacional senior de GR (n=8) fueron evaluadas en dos ocasiones durante el proceso de preparación del campeonato del Mundo de 2009. Se utilizó para la evaluación una plataforma piezoeléctrica Kistler a una frecuencia de 1000Hz. Los test de salto fueron el *Squat Jump* (SJ) y el *Counter Movement Jump* (CMJ), siguiendo los protocolos descritos por Bosco et al. (1994). Se valoraron las fuerzas de reacción del suelo en la amortiguación tras estos tests de salto y se realizó un test específico de amortiguación o *Landing Test* (LT) que consistía en la caída vertical libre desde una altura inicial de 0.45 m.

Se manifestó una mejora de la capacidad de salto de las gimnastas reflejada en el incremento de la altura de salto (SJ: 11.41%; CMJ: 9.15%) y la potencia máxima relativa previa al salto (SJ: 4.15%; CMJ: 9.67%). Estos incrementos son mayores que los registrados en la preparación del campeonato del mundo 2007 (Grande et al., 2009). La aplicación inicial del LT sirvió para detectar a las gimnastas con peor patrón de amortiguación e iniciar una fase de intervención. La intervención se realizó mediante la introducción de estímulos excéntricos y propioceptivos en la preparación física. Tras esta intervención el segundo pico de fuerza vertical (F2) característico de las amortiguaciones descendió en todos los test aplicados (SJ: 5.50%, CMJ: 10.75%; LT: 67.06%). Los resultados del LT deben ser mediatizados por el proceso de aprendizaje y concienciación de las gimnastas en este periodo de intervención.

PALABRAS CLAVE

Gimnasia Rítmica, salto, amortiguación.

EVALUATION AND RELATION BETWEEN JUMP AND LANDING CAPACITY OF HIGH LEVEL RHYTHMIC GYMNASTS.

ABSTRACT

Jump capacity (Di Cagno et al., 2008; Ferro, 1998; Ferro et al., 1999; Grande et al., 2009; Hutchinson et al., 1998; Kums et al., 2005; Miletic, Sekulic & Wolf-Cvitak, 2004; Pérez-Gómez et al., 2006; Yi & Kwon, 2005) and landing capacity (Sabick et al., 2006; Mills et al., 2008; Mills et

al., 2009) of gymnasts has been previously measured. The Spanish national rhythmic gymnastics team (n=8) have been evaluated for two times during the 2009 World Championship Preparation Period. The tests were performed on a Kistler piezoelectric force platform (1000 Hz). Gymnasts performed the squat jump test (SJ) and the counter-movement jump test (CMJ) attending Bosco et al (1994) protocols. Ground reaction forces during landing of jump test were measured and also an specific landing test (LT) were performed. The LT consist in a vertical falling down from a height of 45 cm without jump.

It was shown an improvement of the jump height (SJ: 11.41%; CMJ: 9.15%) and the Peak Power (SJ: 4.15%; CMJ: 9.67%) from the jump test results. These improvements were greater than those achieved during the 2007 World Championship Preparation Period (Grande et al., 2009). The LT initial evaluation was useful to identify gymnasts with problems in their landing pattern and, after that, to begin with the intervention phase. Eccentric and proprioceptive exercises were included in the physical preparation during the intervention phase. After that the second peak vertical force value (F2) characteristic of landing movements has decreased in all the applied tests (SJ: 5.50%, CMJ: 10.75%; LT: 67.06%). To explain the F2 decrease of the LT it must be taken into account the learning process of the test protocol and the awareness process develop with gymnasts.

KEY WORDS

Rhythmic gymnastics, jump, landing.

Nota del autor:

Este trabajo fue financiado por el Consejo Superior de Deporte en convenio con la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF). Universidad Politécnica de Madrid.

INTRODUCCION.

La capacidad de amortiguación en gimnastas ha sido analizada por diferentes autores (Sabick et al., 2006; Mills et al., 2008; Mills et al., 2009) debido a su posible relación con la aparición de lesiones. La mayoría de las lesiones registradas en gimnastas de rítmica son producidas por la constante repetición de patrones de movimientos provocando lo que se denominan lesiones por sobrecarga, fatiga o estrés (Danowski & Chanussot, 1992). Uno de los movimientos técnico más repetido dentro de las sesiones de entrenamiento y en el que se pueden alcanzan valores elevados de impacto contra el suelo es la recepción tras los saltos. Un aspecto diferenciador de esta especialidad gimnástica es la poca utilización de componentes amortiguadores pasivos (colchonetas) en el entrenamiento, por lo que la absorción de las fuerzas de reacción del suelo en el aterrizaje depende únicamente del componente activo de las gimnastas (trabajo excéntrico de la cadena extensora del miembro inferior). Una mala técnica de amortiguación provocará que la gimnasta incremente el riesgo de padecer una lesión por sobrecarga. En gimnasia, existen lesiones que suelen estar relacionadas con las elevadas y repetidas fuerzas de impacto, como por ejemplo las fracturas de estrés localizadas en los metatarsianos y hueso navicular (Krahl & Riemel, 1985) y la periostitis localizada en los huesos de la pierna.

Los principales objetivos del presente estudio fueron:

- Realizar el seguimiento de la capacidad de salto de las gimnastas del equipo nacional sénior de gimnasia rítmica (conjunto), mediante la valoración dinámica, durante el proceso de preparación del campeonato del mundo 2009.
- Analizar las fuerzas de reacción del suelo tras los saltos como medio de detectar gimnastas que presentaran un patrón de amortiguación incorrecto.

- Intervenir en el entrenamiento específico de la capacidad de salto y amortiguación comprobando, tras una fase de intervención, la influencia del entrenamiento sobre estas capacidades.

Como objetivos secundarios se establecieron:

- Aplicar un protocolo de test de amortiguación para analizar los patrones de amortiguación de las gimnastas.
- Estudiar la relación entre la capacidad de salto y la capacidad de amortiguación en esta fase del entrenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el estudio participaron 8 gimnastas componentes del equipo nacional sénior que participaron como conjunto en el Campeonato del Mundo de gimnasia rítmica que se celebró en Mie (Japón) en septiembre de 2009. Indicar con respecto al tamaño de la muestra que en el estudio se incluyeron todas las gimnastas senior del conjunto que prepararon el campeonato del mundo. Reflejo del nivel competitivo de las gimnastas objeto de estudio indicar que lograron la clasificación para las finales en los dos ejercicios de competición y lograron la 6ª posición en la final de 5 aros y la 7ª posición en la final de cintas y cuerdas.

Las gimnastas realizaron los test de salto: Squat Jump (SJ) y Counter Movement Jump (CMJ) siguiendo los protocolos establecido por Bosco (1994) y se añadió una propuesta de test de amortiguación: Landing Test (LT). Los tests se realizaron sobre una plataforma piezoeléctrica Kistler que está instalada de forma permanente bajo el tapiz utilizado por las gimnastas en la instalación habitual de entrenamiento en el Centro de Alto Rendimiento de Madrid. La frecuencia de muestreo fue de 1000 Hz. Para la realización de los tests las gimnastas utilizaban su calzado específico de gimnasia rítmica. Los test se realizaron tras una fase de adaptación de 10 minutos tras los cuales se realizaron 3 repeticiones de cada test con un periodo de descanso de 30 s entre cada ejecución.

En el SJ se controló el ángulo de las rodillas para mantener la flexión a 90° durante 4 s. La flexión de rodillas en el CMJ se dejó libre. En el SJ y el CMJ se trató de mantener el tronco lo mas vertical posible, la realización de una ejecución máxima y las manos fijadas en las caderas para impedir la intervención de las extremidades superiores en los saltos. Las variables analizadas en los test de salto fueron: h : Altura de salto (m); F_{max} : Fuerza máxima previa al despegue del salto (BW, veces el peso corporal), V_{max} : Velocidad máxima previa al despegue ($m \cdot s^{-1}$) y Pr_{max} : Potencia relativa máxima previa al despegue del salto ($W \cdot Kg^{-1}$).

El LT consistió en una caída vertical libre desde una altura de 0.45 m sobre la plataforma. Desde la altura establecida se pide a la gimnasta que de un paso al frente a juntar pies, sin saltar, y caer verticalmente sobre la plataforma con los dos pies a la vez intentando amortiguar la caída. En los movimientos de amortiguación registrados con plataforma de fuerzas se definen dos picos de impacto principales: F1 (contacto de la cabeza de metatarsianos) y F2 (pico más importante, toma de contacto del talón). La variable analizada en nuestro estudio fue F2 (BW) (Abian et al, 2008).

Se establecieron dos momentos para la realización de los test de salto y amortiguación.: mayo (09/05/09) y agosto (05/08/09); previamente a la participación de las gimnastas en el campeonato del mundo en septiembre (7-13/09/09). En el periodo transcurrido entre la primera y segunda evaluación se realizó el bloque específico de entrenamiento enfocado a la mejora de la capacidad de salto utilizando para ello como contenidos la pliometría y métodos combinados de contrastes, método búlgaro, alternando cargas de alta intensidad (70-80% RM) con estímulos de saltos pliométricos.

Como medio de intervención sobre la capacidad de amortiguación en la planificación de la preparación física se introdujeron estímulos enfocados al entrenamiento excéntrico. Este

entrenamiento excéntrico se realizó mediante amortiguaciones de saltos desde diferentes alturas y con ayuda externa, realizándose de forma complementaria, trabajos de propiocepción sobre superficies inestables (bosu).

Se calcularon los estadísticos descriptivos de los conjuntos de datos: Media (M) y Desviación Estándar (SD). Debido al reducido tamaño de la muestra ($n=8$) se calculó el test no paramétrico U de Mann Whitney para comprobar la existencia de diferencias entre las diferentes variables de los test de salto y amortiguación en los dos momentos evaluados. De igual modo se calculó el test de correlación no paramétrico de Spearman para comprobar la existencia o no de relación entre las diferentes variables. El criterio para considerar la significación estadística se estableció siempre que $p>0.05$.

RESULTADOS

Se observa en el caso de los resultados del SJ un aumento de la altura del salto desde un valor inicial de 21.06 ± 3.61 m hasta los 23.78 ± 3.79 m. Este aumento supone un aumento de un 11.41 % en la altura alcanzada en el SJ. La Pr_{\max} aumento desde un 20.55 ± 4.60 W·Kg⁻¹ hasta 21.44 ± 3.64 W·Kg⁻¹ suponiendo un incremento de un 4.15% (Tabla 1).

Tabla 1.- Resultados obtenidos en el SJ.

	h (m)	F _{max} (BW)	V _{max} (m · s ⁻¹)	Pr _{max} (W · Kg ⁻¹)		h (cm)	F _{max} (BW)	V _{max} (m · s ⁻¹)	Pr _{max} (W · Kg ⁻¹)
MAYO 2009									
M	0.21	1.28	2.18	20.55	M	0.25	1.54	2.33	21.66
SD	3.61	0.20	0.17	4.60	SD	3.64	0.25	0.18	4.09
AGOSTO 2009									
M	0.24	1.19	2.33	21.44	M	0.27	1.55	2.45	23.98
SD	3.79	0.14	0.18	3.64	SD	5.71	0.24	0.23	4.48
TOTAL	0.03	-0.09	0.14	0.89	TOTAL	0.02	0.01	0.13	2.32
%	11.41%	-7.68%	6.14%	4.15%	%	9.15%	0.67%	5.17%	9.67%

En el caso de los resultados del CMJ se registró un aumento de la altura del salto desde un valor inicial de 24.55 ± 3.64 m hasta los 27.02 ± 5.71 m (9.15 % de incremento). La Pr_{\max} igualmente aumento desde un 21.66 ± 4.09 W·Kg⁻¹ hasta 23.98 ± 4.48 W·Kg⁻¹ suponiendo un importante incremento de un 9.67% (Tabla 1). Es destacable el incremento manifestado en ambos casos tanto de la altura del salto (SJ: 11.41%; CMJ: 9.15%) y la potencia del salto (SJ: 4.15%; CMJ: 9.67%)

Los resultados recogidos en el LT ponen de manifiesto un descenso en los valores del $F_{2\max}$ tanto en las fuerzas de reacción recogidas en el SJ, CMJ y en el LT (Tabla 2). Los descensos relativos fueron de un 5.55% (SJ), 10.75% (CMJ) y un descenso muy acusado en el LT (67.06%) (Tabla 2).

En el análisis de las diferencias entre los datos de las dos evaluaciones realizadas se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p<0.05$) entre los resultados del LT. Mientras que el cálculo de correlaciones entre las variables analizadas de la capacidad de salto y amortiguación no mostraron ninguna relación significativa.

Tabla 2.- Resultados obtenidos en el LT.

MEDICIONES DE AMORTIGUACIÓN						
F _{2max} (BW)	SJ (Mayo)	SJ (Agosto)	CMJ (Mayo)	CMJ (Agosto)	LT (Mayo)	LT (Agosto)
Gimnasta 1	2.41	1.43	1.89	3.10	4.17*	1.97
Gimnasta 2	1.72	2.73	2.82	1.91	3.41	2.51
Gimnasta 3	2.30	2.42	2.47	3.23	4.33	2.52
Gimnasta 4	2.74	1.46	1.20	1.51	2.98	3.13
Gimnasta 5	2.13	2.21	2.48	2.47	3.52	1.49
Gimnasta 6	3.10	-	4.11*	-	5.80*	-
Gimnasta 7	4.67*	5.37*	5.46*	3.01	5.62*	2.84
Gimnasta 8	2.90	-	2.07	-	2.41	-
M	2.75	2.60 (-5.5%)	2.81	2.53 (-10.75%)	4.03	2.41 (-67.06%)
SD	0.89	1.45	1.36	0.70	1.20	0.59

DISCUSION

Destaca en este periodo precompetitivo el incremento de las variables más representativas de la capacidad de salto. Tanto la h como la Pr_{max} incrementan su valor en este periodo en los resultados del test SJ como en el CMJ. Si nos centramos en la h se manifiesta un incremento de un 11.41% (SJ) y un 9.15% (CMJ). Estas mejoras son mayores que las registradas en las gimnastas sénior del equipo nacional de España que prepararon el campeonato del mundo del 2007 en las que las mejoras registradas en estos test fueron de un 6.38% (SJ) y de un 2.65% (CMJ) (Grande et al., 2009). Este incremento es menor que el registrado por Hutchinson et al. (1998) que registran en un periodo de 4 semanas de entrenamiento específico de esta capacidad, con gimnastas de rítmica, un incremento del 16%. Aunque el autor no determina exactamente el test usado para la medición realizándose éste sobre una plataforma de fuerzas. Éste incremento de la altura de salto manifiesta un adecuado entrenamiento de esta capacidad en el proceso de preparación de las gimnastas por encima de otros casos anteriores. Por medio de estos análisis su intenta optimizar la selección de los estímulos de entrenamiento más adecuados en la preparación de competiciones de alto nivel. Esta información es de gran utilidad para el preparador físico, ya que con la información detallada de su planificación y con el control específico de los resultados obtenidos en cada caso, puede optimizar la preparación de esta capacidad para futuras competiciones.

La Pr_{max} es una variable muy destacada y de gran importancia para comprobar el estado de forma de las gimnastas. Se observa un incremento de la misma de un 4.15% (SJ) y un 9.67% (CMJ). En el caso de la preparación del campeonato del mundo de 2007 se alcanzaron unas mejoras de un 4.89% (SJ) y un 1.47% (CMJ). Teniendo en cuenta los datos de mejora de la h y la Pr_{max} podemos indicar que se ha optimizado la preparación de las gimnastas y que el entrenamiento de esta capacidad ha sido más adecuado y con mejores resultados en este periodo preparatorio previo a un campeonato del mundo.

La evaluación inicial de la capacidad de amortiguación de las gimnastas ha manifestado diferencias en el patrón técnico de caída tras salto en las gimnastas analizadas. En la primera evaluación en la que se aplicó el LT se detectaron 4 gimnastas que, en al menos uno de los test analizados, superaron 4 veces su peso corporal en F2. Este primer dato nos sirvió para realizar una primera intervención sobre el grupo informando a las gimnastas de los resultados e

intentando concienciar, al grupo en general y a las gimnastas con mayores F2 en particular, del objetivo secundario que se iba a tratar de conseguir: mejorar su capacidad de amortiguación como medio de prevenir sobrecargas y futuras lesiones.

Tras el periodo de intervención realizado en la preparación física de las gimnastas los resultados de los test muestran un descenso generalizado del valor de F2 en los test de salto (SJ y CMJ) y en el LT. En el caso del LT la mejora es muy elevada llegando a alcanzar una reducción de un 67.06%. Este resultado debemos tomarlo como positivo pero analizar las circunstancias que pueden haber afectado a un resultado tan elevado. Sin restar la importancia que tiene alcanzar una reducción tan positiva hay dos aspectos que condicionan lo elevado de la misma. Por un lado el efecto de aprendizaje del test. El LT es una nueva propuesta de test que incorporamos a la evaluación periódica que realizamos con las gimnastas. De la primera aplicación de un test a la segunda se manifiesta un efecto de aprendizaje que puede condicionar una cierta medida los resultados de una segunda toma. Por otro lado el trabajo de concienciación que se realizó sobre este contenido del entrenamiento provocó el mayor cuidado de las gimnastas por realizar una amortiguación óptima. Por ello la información más importante que nos ofreció el LT fue en la primera administración del mismo cuando las gimnastas no tenían ningún aprendizaje previo y pudimos detectar gimnastas con unos elevados picos de impacto.

En el caso del análisis de la capacidad de amortiguación destacar los datos referidos al análisis de las fuerzas de reacción en la amortiguación en los tests SJ y CMJ. En ambos casos se manifestó un descenso del F_{2max} del 5.50% (SJ) y del 10.75% (CMJ). En el caso de los test utilizados para la evaluación de la capacidad de salto no se informó a las gimnastas que se iba a evaluar también la amortiguación. El objetivo principal de estos test es alcanzar el salto máximo. Bajo esta premisa, es importante destacar que se analizaron igualmente el F_{2max} y que reflejaron en ambos casos un descenso.

Mediante el trabajo de concienciación de la gimnasta, el contenido excéntrico y propioceptivo incluido en la preparación física de las gimnastas solo detectamos un caso en el que el pico de amortiguación fue elevado. Podemos indicar que la habilidad de la gimnasta para disipar las fuerzas de reacción tras el impacto se optimizó mediante este proceso de intervención.

Estos resultados nos llevan a coincidir con los estudios que soportan que la capacidad de amortiguación sea una capacidad entrenable. Las intervenciones preventivas han empezado a estudiarse por autores como McNair et al. (2000), Onate et al. (2001), Prapavessis et al. (2003) y McKay et al. (2005). Onate et al. (2001) encontraron que el grupo al que le aportaban feedback ($n=63$) reducía los picos de fuerza vertical de una forma significativa. Prapavessis et al. (2003), en una investigación realizada con 61 niños (con una edad media de 9 años), que caían desde una altura de 0.3 m, encontraron reducción del pico de fuerza vertical en el grupo que recibía instrucciones ($p<0.05$). En nuestro caso las diferencias encontradas calculadas por medio del LT son también significativas ($p<0.05$) no así las encontradas al analizar las amortiguaciones tras el SJ y el CMJ.

El análisis de las posibles correlaciones entre las variables analizadas no muestra relación entre la mejora de la capacidad de salto y la optimización de la capacidad de amortiguación de las gimnastas. Si encontramos correlaciones entre las variables específicas de la evaluación de la capacidad de salto pero en ningún caso entre las diferentes calculadas en los test de salto (SJ y CMJ) y los valores de F2 (LT). Por ello no podemos afirmar que exista relación entre estos dos componentes de la evaluación global del salto en este grupo de gimnastas y en esta situación.

CONCLUSIONES

Se ha logrado la mejora de la capacidad de salto de un grupo de gimnastas de alto nivel en el proceso de preparación de un campeonato internacional de máximo nivel. La planificación

del entrenamiento de esta capacidad de salto ha sido mejor que las logradas en anteriores ocasiones con un grupo de gimnastas similares (Grande et al., 2009). Tanto la h como la Pr_{max} han reflejado mejoras en los dos test aplicados SJ (h: 11.41%; Pr_{max} : 4.15%) y CMJ (h: 9.15%; Pr_{max} : 9.67%).

Esta información es de una gran utilidad para optimizar los procesos de preparación física en el alto nivel. Conociendo de forma precisa los resultados del entrenamiento en casos similares se pueden mejorar los procesos de entrenamiento de esta capacidad trascendente para el rendimiento en esta especialidad gimnástica.

La evaluación de la capacidad de amortiguación de las gimnastas puede ser un método de control de los continuos impactos que soportan en el proceso diario de entrenamiento. Mediante la aplicación de un test de caída (LT) se detectaron las gimnastas con peores patrones de amortiguación. Tras un proceso de concienciación e intervención sobre las gimnastas en las que se introdujeron estímulos excéntricos y propioceptivos en la preparación física, se lograron reducir las fuerzas de reacción registradas tanto en el LT (67.06%) como en el SJ (5.50%) y CMJ (10.75%). Los datos de mejora en el LT son respuesta de la propia mejora de esta capacidad, del efecto mejora de la realización del test y de la interiorización de la importancia de la óptima amortiguación para la prevención de sobrecargar y lesiones que se realizó con las gimnastas. Es necesario repetir de forma permanente este test para comprobar la reproducibilidad y validez del mismo.

Entre las dos evaluaciones realizadas únicamente se encuentra una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de F2 ($p < 0.05$). El no encontrar diferencias significativas no deben en estos casos reducir la importancia de los cambios y mejoras producidos por el entrenamiento. Debemos tener presente el grupo de deportistas de máximo nivel con el que se ha contado, la dificultad de optimizar las capacidades físicas de deportistas de alto nivel, y el reducido número de deportistas con los que se puede realizar los estudios.

Del estudio de correlación realizado no se encuentra ninguna relación entre las variables características de los test de salto (SJ y CMJ) y el valor de F2 (LT). Así no es posible relacionar las mejoras expuestas en las variables características de los test de salto con las mejoras en el patrón de amortiguación de las gimnastas manifestado en el descenso acusado de las fuerzas de reacción del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Abian, J.; Alegre, L.M.; Lara, J.; Rubio, J.A. y Aguado, X. (2008) "Landing differences between men and women in a maximal vertical jump aptitude test" *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 48, 305-310.
- Bosco, C. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Colección Deporte y Entrenamiento. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Canalda, A. (1998). *Gimnasia Rítmica Deportiva. Teoría y práctica*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Danowski, R. y Chanussot, J.C. (1992). *Traumatología del deporte*. Barcelona: Masson.
- Di Cagno, A.; Baldari, C.; Battaglia, C.; Brasili, P.; Merni, F.; Piazza, M.; Toselli, S.; Ventrella, A.R. y Guidetti, L. (2008). "Leaping ability and body composition in rhythmic gymnasts for talent identification". *The Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 48 (3), 341-346.
- Ferro, A. (1998). "Apoyo Biomecánico a la Gimnasia Rítmico-Deportiva". *Biomecánica. Cuadernos de información*, 19, 30-36.
- Ferro, A., Rivera, A. y Pagola, I. (1999) "Metodología para el análisis cinético de saltos específicos de gimnasia rítmico-deportiva". *Serie ICd, Consejo Superior de Deporte*, 21, 87-107.
- Hägele, K; Klein, D; Petersen, W y Rosenbaum, D (2006) "Differences of 2-d knee joint kinematics during jump landings in different female athletic populations". *Proc. 52nd Annual*

- Meeting of the Orthopaedic Research Society, March 19-22, The Lakeside Center, McCormick Place, Chicago, IL.
- Hewett, T.E.; Myer, G.D.; Ford, K.R.; Heidt, R.S.; Colosimo, A.J.; Mclean, S.G.; van de Bogert, A.J.; Paterno, M.V. y Succop, P. (2005). "Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athlete". *American Journal of Sport Medicine*, 33, 492-501.
- Grande, I.; Figueroa, J.; Hontoria, M. y Bautista, A. (2009). "Evolución y comparación de la capacidad de salto de los equipos nacionales de gimnasia artística femenina y rítmica durante la preparación del Campeonato del Mundo 2007". *Kronos*, 8(15), 91-95.
- Hutchinson, M.R.; Tremain, L.; Christiansen, J. y Beitzel, J. (1998) "Improving leaping ability in elite rhythmic gymnasts". *Medicine Science in Sport Exercise*, 30 (10), 1543-1547.
- Kums, T.; Erelina, H.; Gapayeva, H. y Pääsuke, M. (2005). "Vertical jump performance in young rhythmic gymnasts". *Biology of sport*, 22(3), 237-247.
- Lébre, E. & Sousa, F. (1997) "Étude Biomécanique du saut «enjambé» en GRS" en *GRD: le sens d'une évolution*. Paris, France: Ed. Institut National du Sport et de L'éducation Physique (INSEP).
- McNair, P.J.; Prapavessis, H. y Callender, K. (2000). "Decreasing landing forces: effect of instruction". *British Journal of Sports Medicine*, 34, 293-296.
- McKay, H.; Tsang, G.; Heinonen, A.; Mackelvie, K.; Sanderson, D. y Khan, K.M. (2005). "Ground reaction forces associated with an effective elementary school based jumping intervention". *British Journal of Sports Medicine*, 39, 10-14.
- Miletic, D.; Sekulic, D. y Wolf-Cvitak, J. (2004). "The leaping performance of 7-year-old novice rhythmic gymnasts is highly influenced by the condition of their motor abilities". *Kinesiology*, 36(1), 35-43.
- Mills, C.; Pain, M. y Yeadon, F. (2005). "Modeling the gymnast-mat interaction during vault landings". *Proc. ISB XXth Congress - ASB 29th Annual Meeting, July 31 - August 5, Cleveland, Ohio*.
- Mills, C.; Pain, M. y Yeadon, M.R. (2008) "Modifying landing mat material properties to reduce injuries in gymnastics landings" *Abstracts from the North American Congress on Biomechanics*. Ann Arbor, Michigan.
- Mills, C.; Pain, M. y Yeadon, M.R. (2009) "Reducing ground reaction forces in gymnastics' landings may increase internal loading" *Journal of Biomechanics*, 42(6), 671-678.
- Onate, J.A.; Guskiewicz, E.M. y Sullivan, R.J. (2001). "Augmented feedback reduces jump landing forces". *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 31 (9), 511-517.
- Pérez-Gomez, J.; Vicente-Rodriguez, G.; Ara, I.; Arteaga, R.; Calbet, J.A.L. y Dorado, C. (2006) "Capacidad de salto en niñas prepúberes que practican gimnasia rítmica". *Motricidad, Journal of Human Movement*, 15, 273-286.
- Prapavessis, H.; McNair, P.J.; Anderson, K. Y Hohepa, M. (2003). "Decreasing landing forces in children: the effect of instructions". *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 33 (4), 204-207.
- Seegmiller, J.G. y McCaw, S.T. (2003). "Ground Reaction Forces Among Gymnasts and Recreational Athletes in Drop Landings". *Journal of Athletic Training*; 38(4), 311-314.
- Sabick, M.B.; Goetz, R.K.; Kuhlman, S.M. y Pfeiffer, R.P. (2006) "Symmetry in landing mechanics of gymnasts and non-gymnasts" *Abstracts from the 2006 Annual Meeting of the American Society of Biomechanics*. Virginia Tech, Blacksburg.
- Yi, K. y Kwon, B. (2005). "Differences in vertical ground reaction force and lower limb angle according to the use of insoles for vertical jumps in Rhythmic Gymnastics". *Proc. of the 7th Symp. on Footwear Biomechanics, 2005, Cleveland, OH, USA*.