

## **Relación entre test físicos específicos y rendimiento en gimnastas de elite**

### **Relationships between specific physical test and performance in elite gymnasts**

**Juan Antonio León-Prados**  
Universidad Pablo de Olavide  
**Pedro Tomás Gómez-Píriz**  
Universidad de Sevilla  
**Juan José González-Badillo**  
Universidad Pablo de Olavide

#### **Resumen**

Se analizó la relación entre test físicos y rendimiento en Barras Paralelas (BP), Barra Fija (BF) y Caballo con Arcos (CA) en diez gimnastas varones de alto nivel. Se estimó la potencia media relativa al trepar 5m una cuerda (T5), la fuerza relativa al realizar máximas repeticiones de olímpicos desde escuadra (MRO), la flexibilidad activa (A) y pasiva (P) de flexión cadera (2A y 2P), y su abducción desde flexión a 90° (3A y 3P) y el rendimiento competitivo mediante el promedio de las notas finales (NF) en dos competiciones consecutivas. Existen relaciones significativas entre MRO con BP ( $r = 0,825$ ;  $p < 0.05$ ) y BF ( $r = 0,678$ ;  $p < 0.05$ ), entre 2A con la NF en BP ( $r = -0,842$ ) y BF ( $r = -0,696$ ), entre 3A y la NF en BP ( $r = 0,629$ ) y entre 3P y la NF en CA ( $r = 0,652$ ) y BF ( $r = 0,815$ ). En estos gimnastas se relacionó la capacidad manifestada en test de fuerza y flexibilidad con el rendimiento manifestado en CA, BP y BF.

**Palabras clave:** gimnasia artística; preparación física; rendimiento.

#### **Abstract**

We analyzed the relationship between physical-test with the performance in Parallel Bar (BP), High Bar (BF) and Pommel Horse (CA) in ten elite gymnasts. The average power expressed on rope climbing 5m (T5) and the relative strength when performing maximum repetitions of L-support pike press to handstand (MRO) was estimated, the active (A) and passive (P) hip flexibility (2A and 2P), and his abduction from 90° hip-flexion (3A and 3P) and the competitive performance by averaging Final Score (NF) in two consecutive competitions. Significant relationships show between MRO with BP ( $r = 0.825$ ;  $p < 0.05$ ) and BF ( $r = 0.678$ ;  $p < 0.05$ ), between NF 2A with BP ( $r = -0.842$ ) and BF ( $r = -0.696$ ), 3A and NF BP ( $r = 0.629$ ) and between the NF 3P and CA ( $r = 0.652$ ) and BF ( $r = 0.815$ ). In these gymnasts significant relationships were found between the competitive performance in CA, BP and BF and the strength and flexibility physical-test.

**Key words:** gymnastics; physical preparation; competitive performance.

Correspondencia/correspondence: Juan Antonio León-Prados  
Facultad del Deporte. Departamento de Deporte e Informática.  
Universidad Pablo de Olavide. Carretera de Utrera Km.1 C.P. 41013 Sevilla. España.  
e-mail: jaleopra@upo.es

## Introducción

Conocer las variables más relevantes para el rendimiento deportivo en cada momento permite definir mejor la carga de entrenamiento y facilita el análisis de la relación entre los ejercicios realizados y el rendimiento en diferentes niveles competitivos, siendo ambos aspectos claves para optimizar el entrenamiento gimnástico. Todos los ejercicios realizados a diario en un entrenamiento de gimnasia artística (GA) deberían tener como objetivo final obtener el mayor efecto positivo sobre el rendimiento específico en competición, sin embargo o no todos lo consiguen en la misma magnitud o ni siquiera se ha cuantificado dicho efecto.

En gimnasia artística masculina (GAM) los principales ejercicios de preparación física deben contribuir a incrementar o mantener el potencial de rendimiento del deportista, adquiriendo con ello un carácter relevante durante el entrenamiento respecto a otros que no tengan tanta influencia sobre el mismo. Esta correspondencia entre ejercicio realizado y rendimiento competitivo se ha manifestado en diferentes investigaciones al analizar la capacidad predictiva de numerosos tests físicos sobre la actuación competitiva en talentos deportivos en GA de diferentes categorías y niveles competitivos (Bale y Goodway, 1990; Grabiner y McKelvain, 1987; Jankarik y Salmela, 1987; Régnier y Salmela, 1987; Sands, 1994, 2000, 2003), predominando especialmente tests que evaluaban componentes relacionados principalmente con la fuerza y la flexibilidad.

Conjuntamente con el nivel técnico, la fuerza máxima, la potencia y la resistencia a altas demandas de fuerza relativa resultan muy importantes en todo gimnasta, tanto en manifestaciones estáticas como en dinámicas, siendo componentes muy importantes para la realización exitosa de múltiples habilidades o elementos gimnásticos (Beaudin, 1978; Jemni, Sands, Friemel, Stone, y Cooke, 2006; Sands, 2003; Singh, Rana, y Walia, 1987; Stark, 1989). Por otra parte, la capacidad para alcanzar de manera activa y pasiva grandes rangos de movimiento en sus articulaciones también resulta uno de los aspectos más significativos en esta modalidad deportiva (Arampatzis y Brüggemann, 1998; Beaudin, 1978; Irwin y Kerwin, 2007; McNeal y Sands, 2006; Sands, 2003; Sands y McNeal, 2000; Singh et al., 1987).

Otro estudio con diferentes grupos de edades y niveles de rendimiento comprobaron que la nota final en el ejercicio de suelo se relacionaba fuertemente con la potencia y flexibilidad a medida que los gimnastas elevaban su nivel competitivo, lo que indicaba que las mejoras en las habilidades gimnásticas estaban bastante condicionadas por cambios en los valores de potencia y flexibilidad de los gimnastas (Stark, 1989), pero dicha relación era moderada y débil en el resto de aparatos.

Parece lógico que a medida que aumenta el rendimiento, el número de ejercicios idóneos para incrementar el rendimiento competitivo se reduce, aumentando la especificidad mecánica del mismo respecto a los demandados por la competición, pero ¿conocemos hasta qué momento determinados ejercicios pueden ser útiles? ¿Existen determinados ejercicios donde una mayor capacidad en ellos permitan expresar un mejor rendimiento?.

En los escasos estudios que han investigado de algún modo las relaciones entre la aptitud manifestada en diferentes ejercicios utilizados en la preparación física de gimnastas y la actuación competitiva en los diferentes aparatos ocurre que frecuentemente es difícil comparar los resultados, debido a la utilización de diferentes test físicos o ejercicios para estimar la capacidad del gimnasta en las variables consideradas como relevantes para el rendimiento, por la utilización de diferentes instrumentos de evaluación de un mismo ejercicio, por la evaluación de gimnastas de diferentes sexos y por el uso predominante de gimnastas jóvenes y de nivel competitivo medio o bajo.

Este estudio propone analizar la relación existente entre la capacidad alcanzada en seis test físicos de fuerza y flexibilidad, algunos de ellos con probada capacidad predictiva en niveles de rendimiento inferior (Bajin, 1987; Jankarik y Salmela, 1987; Sands, 1988, 1994; Sands y McNeal, 2000; Sol, 1987) y el rendimiento competitivo en gimnastas de la selección nacional sénior, con el fin de *valorar su idoneidad como ejercicios adecuados* de preparación física en este nivel competitivo.

## Método

### Participantes

Participaron en el estudio voluntariamente once gimnastas del equipo sénior nacional. Todos fueron hombres, con al menos dos años de experiencia en competiciones internacionales y en un momento de alta forma deportiva (Tabla 1 y Tabla 2). Fueron informados de la naturaleza y posibles inconvenientes asociados al estudio antes de participar en el estudio, firmando para ello un consentimiento informado. Estos gimnastas realizaban 11 sesiones de entrenamiento semanales, a razón de dos diarias excepto el sábado, descansando habitualmente el domingo. El promedio del sumatorio de sus notas finales en el concurso general entre ambas competiciones oscilaba entre 48 y 53 puntos sobre 60. La nota final (NF) resultó de restar a la nota de partida (nota de dificultad) las décimas de penalización de la ejecución técnica de cada rutina competitiva (código de puntuación 2001-2004, FIG).

Tabla 1. Características de la muestra.

	Media $\pm$ SD	CV (%)	Rango
Edad (años)	21,5 $\pm$ 3,5	18,8	19 - 24
Años en Alto Rendimiento	3,5 $\pm$ 1,4	41,7	2 - 6
Peso (kg)	63,85 $\pm$ 3,89	6,09	59,2 - 71,5
Altura (m)	1,67 $\pm$ 0,04	2,4	1,62 - 1,76
LMS (m)	0,63 $\pm$ 0,03	4,76	0,57 - 0,69
LMI (m)	0,77 $\pm$ 0,04	5,19	0,7 - 0,85
Per_M (m)	0,5 $\pm$ 0,03	6	0,46 - 0,58
PM (%)	57,98 $\pm$ 2,18	3,76	52,3 - 60,27
PG <sup>b</sup> (%)	9,66 $\pm$ 0,75	7,76	8,7 - 11,4

LMI: Longitud de los miembros inferiores; LMS: Longitud de los miembros superiores; Per.M: Perímetro del muslo; PM: Porcentaje muscular, estimada por el modelo tetracompartimental de Matiegka (1921); PG: Porcentaje graso, estimado mediante la fórmula de Faulkner (1968).

Tabla 2. Descriptivos del nivel competitivo mostrado por aparato y concurso general de la muestra en las dos competiciones.

Aparatos	Nota Final (NF)	CV (%)	Rango
Caballo con Arcos	8,45 $\pm$ 0,53	6,27	7,5 - 9,175
Barras Paralelas	8,51 $\pm$ 0,34	4,2	8,125 - 9,15
Barra Fija	8,28 $\pm$ 0,72	8,7	7,3 - 9,55

Mediante un diseño descriptivo-transversal aplicado a un grupo de sujetos, se realizaron los tests (variables independientes) en la semana comprendida entre dos competiciones consecutivas en las que participaron los gimnastas, consideradas por el seleccionador nacional como importantes dentro de su periodo de afinamiento para competiciones importantes. De entre los tests físicos que presentaban mejor relación con el rendimiento competitivo en jóvenes talentos en gimnasia (Bajin, 1987; Jankarik y Salmela, 1987; Sands, 1988, 1994; Sands y McNeal, 2000; Sol, 1987) se eligieron aquellos con mejor capacidad predictiva en GAM. La inexistencia de ejercicios obligatorios en el programa gimnástico actual y la imposibilidad de realizar en ese momento un mismo ejercicio en cada aparato para todos los gimnastas, fueron condicionantes para elegir como variable explicada o criterio la NF del ejercicio realizado sólo en tres aparatos; barras paralelas (BP), barra fija (BF) y caballo con arcos (CA), ya que sus ejercicios en los mismos mantenían un 78, 76 y 70 % de elementos técnicos comunes respectivamente. Estas NF se calcularon mediante el promedio de las notas finales alcanzadas en cada aparato en dos competiciones importantes consecutivas y separadas una semana entre sí (Competición Nacional e Internacional) debiendo tener en ellas una tolerancia máxima de 0,3 puntos para ser aceptadas como variable criterio. Este requisito generó el descarte de un gimnasta, siendo finalmente diez gimnastas los que conformaron los datos analizados en el estudio.

En la semana comprendida entre las dos competiciones, los gimnastas realizaban un trabajo específico en cada aparato, realizando en general pocas repeticiones de sus rutinas parcial o completamente ejecutadas, con recuperaciones completas entre ellas. Los test de fuerza se realizaron tras el calentamiento general y los de flexibilidad al final de la parte principal de la sesión y se realizaron en la sesión de tarde para favorecer la recuperación, ya que de las dos sesiones, la de mayor carga se realizaba por la tarde (Tabla 3).

Tabla 3. Temporalización y distribución de los tests durante la semana comprendida entre dos competiciones importantes.

Día y sesión de entrenamiento	Día 1 Sábado	Día 3 Lunes	Día 5 Miércoles	Día 7 Viernes	Día 9 Domingo
Mañana		2A y 2P	3P	3A	
Tarde	Competición 1	T5 y MRO	T5 y MRO	T5 y MRO	Competición 2
El día 2 fue de descanso. Los días 4 y 6 son días de entrenamiento convencional dentro del periodo (intensidad de competición y volumen bajo) y el día 8 fue de volumen muy reducido.					

### *Materiales*

Se utilizó una báscula SECA (SECA, Hamburg, Germany), con precisión de  $\pm 100$  gramos para estimar la masa corporal, anotándose el valor resultante tras mantenerse el gimnasta en ropa interior 5 segundos en posición estática sobre la báscula. Todos los test se filmaron con una cámara de vídeo digital (Samsung VP-D371WI/MEA, Japón) a una frecuencia de 50 campos por segundo. Ésta se situó fija y perpendicular al plano del movimiento en los test de flexibilidad. Para obtener el rango de movimiento articular, se digitalizaron el punto anatómico trocánter mayor del fémur, la zona media de la articulación de la rodilla y la zona comprendida en la intersección de los músculos redondo mayor, tríceps y deltoides, utilizando el programa Análisis de la Técnica Deportiva (ATD) (Arellano y García, 2000). Se utilizó un pequeño marco de cinta adhesiva o marca de rotulador para localizar y delimitar el punto a digitalizar en el gimnasta.

### *Procedimiento*

El protocolo de los tests realizados fue el siguiente:

*Test de estimación de la potencia media de los miembros superiores al Trepas 5m (T5)* (Figura 1). La potencia media se valoraba por el tiempo que tardaba el sujeto en ascender por una cuerda utilizando solamente los miembros superiores hasta tocar una marca situada a 5m de altura. En este test, el gimnasta comenzaba desde una posición de sentado junto a la cuerda. Cuando estaba preparado, el sujeto agarraba la cuerda, separaba los muslos y extendía las rodillas y tobillos. El tiempo se medía desde el momento en el que el gimnasta comenzaba a flexionar el codo del miembro que traccionaba de la cuerda desde una posición más alta y terminaba cuando el gimnasta tocaba una señal situada en la cuerda a 5m de altura respecto al suelo. En su desplazamiento, el gimnasta debía mantener un ángulo de al menos 90° de flexión en sus caderas y mantener extendidas las rodillas y los tobillos. El gimnasta realizaba el test con un pantalón corto y podía aplicar magnesita en sus manos. No se contabilizaba la ejecución del test si se cometía uno de estos errores: no mantener las caderas flexionadas 90°, flexionar las rodillas ligeramente, usar las extremidades inferiores para generar impulso vertical o no alcanzar a tocar la marca de 5m de la cuerda.

El resultado final del test se obtuvo realizando el promedio de 3 intentos, con un día de descanso entre cada uno de ellos. Este test se registró mediante una videocámara digital, de 50 campos por segundo, de manera que se pudo calcular con exactitud el tiempo invertido por cada gimnasta en su desplazamiento por la cuerda una vez se detecta el fotograma que marca el inicio y el final del test. Su resultado se da en centésimas de segundo. Se calculó la potencia media multiplicando la masa del gimnasta por la velocidad media invertida.



Figura 1. Test Trepas de cuerda durante 5m (T5).

*Fuerza relativa realizando Máximas Repeticiones de Olímpicos desde escuadra en barras paralelas (MRO)* (Figura 2). La capacidad físico-técnica del sujeto se estimó dividiendo el total de repeticiones realizadas de este elemento gimnástico por la masa corporal. En este test, cada repetición se contabilizaba desde que el gimnasta pasaba desde escuadra mediante un movimiento controlado hasta la posición de apoyo invertido extendido, manteniendo la posición al menos 1 segundo. Posteriormente, y de manera controlada, volvía a la posición inicial manteniendo en todo momento los codos y rodillas extendidas y piernas juntas, completando tras todo ello la repetición. El test consistía en realizar el máximo número de repeticiones posibles. Se filmaron tres medidas de este test en días separados, y no se contabilizaba la ejecución del test si se cometía uno de estos errores: flexionar codos o rodillas, desplazar las manos en equilibrio para estabilizar la posición y no alcanzar o mantener 1 segundo la posición de equilibrio invertido. El índice de fuerza relativa se obtuvo tras multiplicar por 100 el cociente resultante de dividir el número de repeticiones realizadas por la masa del gimnasta.

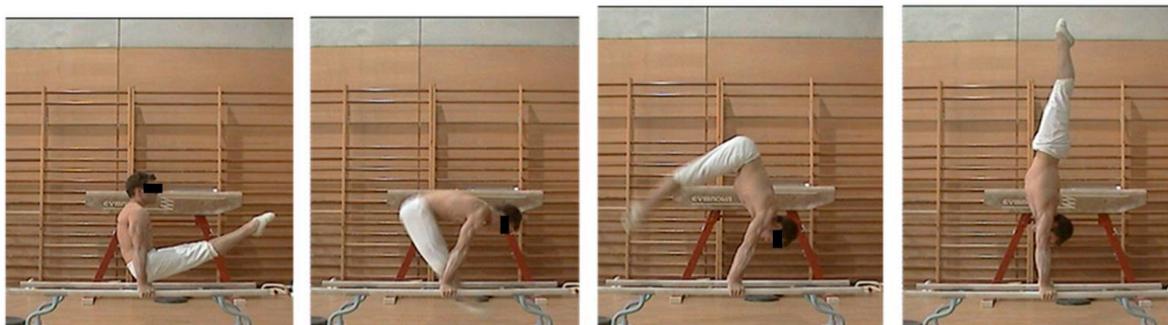


Figura 2. Test de Máximas Repeticiones de Olímpicos (MRO).

*Tests de Flexibilidad de la cadera.* Utilizados para valorar el rango de movimientos que puede realizar el gimnasta de manera activa y pasiva con la cadera en un plano sagital (Figura 3) y en un plano frontal con previa flexión de 90° de la cadera (Figura 4). La amplitud de movimientos se valoró a través del ángulo medido en la posición final en cada test, una vez filmada y calculada mediante el programa informático Análisis de la Técnica Deportiva (Arellano y García, 2000). Los tests realizados fueron:

*Test de Flexibilidad activa de la cadera en el plano sagital (2A).* La flexibilidad se estimaba mediante el ángulo tronco-muslo. El gimnasta, en suspensión y con agarre prono en cada banda de las BP, con pies juntos y rodillas y tobillos juntos y juntos y extendidos, trató de seguir las siguientes directrices; "... debes acercar las rodillas al pecho lentamente, sin flexionar las rodillas ni cerrar el ángulo entre el brazo y el tronco, para mantener al menos durante un segundo la posición final alcanzada...". El gimnasta sólo podía llevar sus muslos como máximo hasta la vertical, pudiendo disminuir más el ángulo sólo si era capaz de acercar más el pecho a las rodillas.

Para el cálculo del ángulo tronco-muslo se usaban dos rectas, la primera trazada desde el centro articular de la rodilla vista lateralmente hasta el trocánter mayor del fémur y la segunda desde el punto resultante de la intersección de los músculos redondo mayor, tríceps y deltoides al trocánter mayor del fémur. No se contabilizaba la ejecución del test si se cometía uno de estos errores; no mantener al menos 1 segundo la posición alcanzada por el sujeto, disminuir por debajo de 130° el ángulo tronco-brazo, flexionar las rodilla, y superar la vertical con las extremidades inferiores al intentar acercar las rodillas al pecho.

*Test de Flexibilidad pasiva de la cadera en el plano sagital (2P).* La flexibilidad se estimaba mediante el ángulo tronco-muslo. El gimnasta de pie, con piernas juntas y rodillas extendidas, tuvo que "...flexionar el tronco lentamente hasta tratar de unir el pecho con las rodillas, manteniendo la posición final alcanzada al menos un segundo...". Para el cálculo del ángulo y la evaluación de los aspectos de adecuada ejecución se utilizaron los criterios definidos en el test 2A.

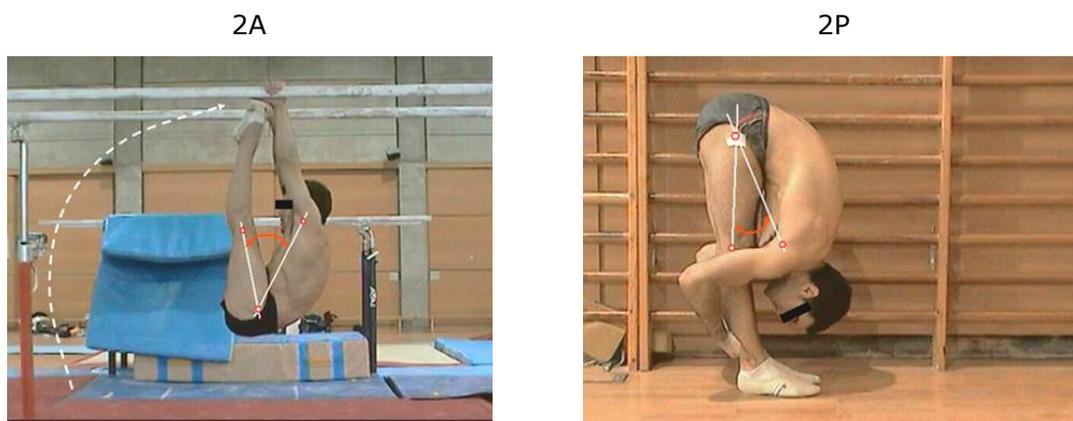


Figura 3. Test de Flexibilidad activo (2A) y pasivo (2P) de la cadera en el plano sagital.

*Test de Flexibilidad activa de abducción de cadera desde flexión a 90° con rodillas extendidas (3A).* La flexibilidad se estimaba mediante el ángulo entre muslos. Para la valoración de la flexibilidad activa, el gimnasta tuvo que situar la cara ventral de su tronco sobre el CA, con la cadera fuera del mismo flexionada 90°, de tal manera que rozase suavemente el aparato con los muslos al separarlos. Desde esa posición “... separar las piernas manteniendo las rodillas extendidas y mantener la posición final al menos durante 1 segundo...”. Para calcular el ángulo, se trazaba una línea que pasase por el centro de la articulación de rodilla en dirección a la cadera, siguiendo el eje longitudinal del muslo. La intersección de ambas líneas generó el ángulo del movimiento realizado. No se contabilizaba la ejecución del test si se cometía uno de estos errores; no mantener 1 segundo la posición final y no mantener la flexión de cadera en un plano frontal.

*Test de Flexibilidad pasiva de abducción de cadera desde flexión a 90° con rodillas extendidas (3P).* La flexibilidad pasiva se estimaba mediante el ángulo entre muslos. El gimnasta se situaba en posición decúbito supino, con los glúteos pegados a una pared con la cadera flexionada 90° y con piernas juntas y rodillas extendidas, debiendo “...separar suavemente los muslos todo lo posible, sin despegar los glúteos de la pared y sin flexionar rodillas y mantener al menos la posición final alcanzada durante un segundo...”. Para el cálculo del ángulo, se utiliza el mismo procedimiento descrito en el test de flexibilidad activa anterior. No se contabilizaba la ejecución del test si se cometía uno de estos errores; no mantener 1 segundo la posición final y separar los glúteos o talones de la pared.

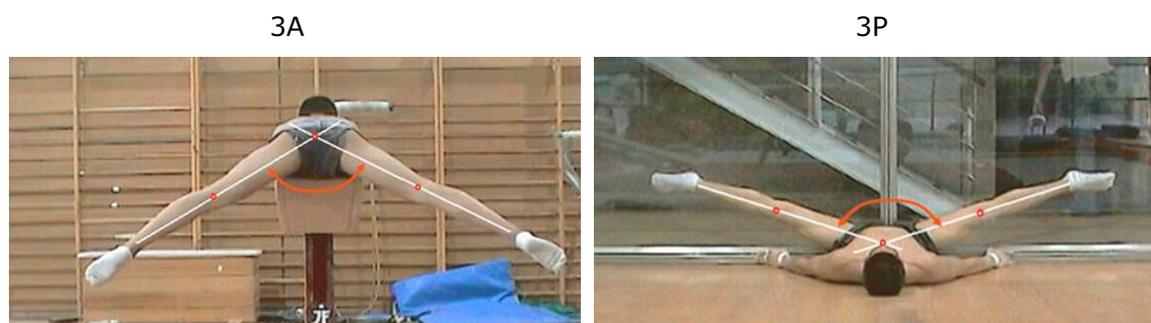


Figura 4. Test de Flexibilidad activa (3A) y pasiva (3P) de la cadera flexionada 90° y con rodillas extendidas.

## Análisis estadístico

Se realizaron los análisis descriptivos más representativos. Se realizó un análisis de la fiabilidad de aquellas variables evaluadas en más de una ocasión mediante el cálculo del coeficiente de correlación intraclase (CCI) y el coeficiente de variación del error típico de medida ( $CV_{ETM}$ ). Se estudió la relación de las diferentes variables entre sí y con las variables criterio, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson o Spearman según su distribución. La significación estadística se valoró para un valor de  $p < 0,05$ .

## Resultados

El análisis de fiabilidad de las medidas repetidas en más de una ocasión muestra que no existen diferencias significativas entre ellas, mostrando CCI elevados y  $CV_{ETM}$  que no superan en ningún caso el valor de 10% (Tabla 4) lo que denota la consistencia interna en las medidas. Se detallan los valores promedio, coeficiente de variación (CV) y rango en el que se encuentran las medidas obtenidas en cada uno de los diferentes tests propuestos (Tabla 5), de manera que pueda servir de referencia para su comparación con otros estudios. Finalmente, se muestran las relaciones entre los resultados en los tests y el rendimiento en cada aparato (Tabla 6) pudiendo comprobar un mayor número e importancia de las relaciones establecidas entre los ejercicios testados y el rendimiento en BP y BF.

Tabla 4. Estudio de la fiabilidad de las medidas repetidas en cada test a través Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI) y el coeficiente de variación del error típico de medida ( $CV_{ETM}$ ).

Medidas Repetidas*	CCI	$CV_{ETM}$ (%)	p
T5	0,980	5,39	< 0,001
MRO	0,986	5,51	< 0,001
* Se realizaron 3 medidas de cada test.			

Tabla 5. Valores medios alcanzados por los gimnastas en los tests.

Tests	Media $\pm$ SD	CV (%)	Rango
Test T5 (W/kg)	8,85 $\pm$ 1,38	15,6	5,27 - 10,26
Test MRO (MR*)	10,94 $\pm$ 2,93	26,5	6,67 - 14,67
Test MRO (MR $\cdot$ kg <sup>-1</sup> $\cdot$ 100)	17,18 $\pm$ 4,68	27,2	10,45 - 23,18
Test 2A (grad)	52,55 $\pm$ 10,13	19,3	39 - 72
Test 2P (grad)	25,91 $\pm$ 9,93	38,3	16 - 48
Test 3A (grad)	107,82 $\pm$ 10,47	9,7	96 - 127
Test 3P (grad)	143,73 $\pm$ 9,30	6,5	125 - 157
*MR: Máximas Repeticiones			

Tabla 6. Relaciones significativas entre los resultados de los tests y el rendimiento competitivo en cada aparato.

	Caballo con Arcos (CA)	Barras Paralelas (BP)	Barra Fija (BF)
Test T5	$r = 0,675^*$		
Test MRO		$r = 0,825^{**}$	$r = 0,678^*$
Test 2A		$r = -0,842^{**}$	$r = -0,696^*$
Test 2P			
Test 3A		$r = 0,629^*$	
Test 3P	$r = 0,652^*$		$r = 0,815^{**}$
(* $p < 0,05$ ; ** $p < 0,01$ ).			

## Discusión

El test MRO y la flexibilidad pasiva y especialmente activa de la cadera se han relacionado con el rendimiento manifestado en diferentes aparatos. Dado que la capacidad para flexionar el hombro parece tener una importante relación con el rendimiento manifestado en BF (Irwin y Kerwin, 2007) y que una mayor fuerza absoluta y relativa en los hombros y flexibilidad de la cadera parece contribuir en mayor medida en el éxito de numerosas habilidades gimnásticas (Faria y Faria, 1989), parece lógico que mejores resultados en el test MRO se relacionen con el rendimiento competitivo en BP ( $r = 0,825^{**}$ ) y BF ( $r = 0,678^*$ ), compartiendo una varianza del 68% y 45,9% respectivamente, en la línea de los resultados encontrados en test similares (Sands, 1994, 2000) en jóvenes gimnastas con niveles de rendimiento inferiores.

Conocer a partir de qué número de repeticiones esta relación pierde valor podría ayudar a concretar las necesidades de fuerza específica que se necesita manifestar en acciones que determinen el éxito en las habilidades gimnásticas. No obstante, dada la relación existente entre el test MRO y los test de flexibilidad activa 2A ( $r = -0,827^{**}$ ) y 3A ( $r = 0,662^*$ ) y con el test de flexibilidad pasiva 2P ( $r = -0,643^*$ ) consideramos que para analizar la relación MRO y NF en BP y BF sería también necesario conocer la flexibilidad de la cadera del gimnasta. Para un mismo nivel de flexibilidad pasiva en el test 2P, un gimnasta puede realizar menos repeticiones y tener la misma fuerza en los músculos del tronco y extremidades superiores, pero si ha perdido fuerza en los flexores de la cadera, puede suponerle un mayor gasto energético por repetición (Arampatzis y Brüggemann, 1998), y consecuentemente realizará un menor número de repeticiones totales. Esto sugiere que cuando el gimnasta modifica el número de repeticiones máximas en este test, también se debería contemplar si ha mejorado, estabilizado o empeorado su flexibilidad en los citados tests.

En la bibliografía científica no encontramos datos sobre repeticiones realizadas por otros gimnastas de la misma categoría, sexo, nivel competitivo y en momentos similares de forma deportiva para comparar los valores de nuestros gimnastas ( $10,94 \pm 2,93$  RM en MRO), pero si los hallamos en categoría femenina ( $8,7 \pm 5$  RM) cuando también preparaban unos Juegos Olímpicos (Sands, 2000) en el mismo test pero con la única diferencia de que cuando lo realizaban sus piernas estaban abiertas en vez de juntas y partían desde posición de stadler en vez de escuadra, observándose una mayor variabilidad en la ejecución del test en las gimnastas frente a nuestra muestra (CV de 57% frente al 26% respectivamente).

Quizás una mayor variabilidad respecto al rendimiento en el test manifestado por estos gimnastas hubiese favorecido una mayor disposición a encontrar correspondencias de mayor

magnitud entre las relaciones de los tests y la performance gimnástica. Además, cabría esperar que las relaciones entre el MRO y la NF en BP o BF sean mayores en gimnastas de menor nivel competitivo, de manera que la capacidad de realizar o no un número dado de MRO condicione en mayor medida su actuación competitiva. Sin embargo, las MRO muestran con el aumento del nivel competitivo una relación no lineal con el rendimiento competitivo en dichos aparatos, de manera que una vez que los gimnastas realicen un número mínimo de repeticiones, suficientes para realizar con solvencia las habilidades exigidas en el aparato que incluyan dicho movimiento, parece lógico suponer que su varianza compartida con el rendimiento competitivo disminuyese, y que existiesen otros factores más relevantes que expliquen en ese nivel deportivo las diferencias de rendimiento entre gimnastas. Su análisis, tanto en diferentes categorías como en niveles deportivos, podría ser objeto de nuevas investigaciones. Hasta entonces, las relaciones encontradas sugieren que la capacidad de estos gimnastas para realizar más o menos repeticiones en el test MRO en relación a su peso corporal y flexibilidad de la cadera se relaciona con su rendimiento en BP y BF, lo que justificaría su adecuación como ejercicio de acondicionamiento físico-técnico específico también en este nivel de rendimiento. Como el resultado del test MRO está influenciado parcialmente por la capacidad del gimnasta para acercar en suspensión los muslos al tronco con las rodillas extendidas (evaluada en los tests 2A y 2P), se sugiere que la relación entre el rendimiento en BP y BF debe ser contemplada conjuntamente con su flexibilidad, especialmente la activa.

También se manifestaron relaciones significativas entre el rendimiento competitivo y algunos de los test de flexibilidad propuestos, en línea con las investigaciones que relacionan las necesidades de flexibilidad en la articulación coxofemoral para una mejor actuación gimnástica (Arampatzis y Brüggemann, 1998; Faria y Faria, 1989; McNeal y Sands, 2006; Sands, 2000, 2003; Sands y McNeal, 2000; Singh et al., 1987; Witvrouw, Mahieu, Danneels, y McNair, 2004). Los resultados de los test de flexibilidad activos (2A y 3A) se relacionaron con el rendimiento manifestado en BP ( $r = -0,842^{**}$  y  $-0,696^{*}$  respectivamente), de manera que los gimnastas que acercaban más sus muslos al pecho manteniendo extendidas sus rodillas (test 2A) manifestaban mejores resultados competitivos. Las BP son un aparato donde el gimnasta combina su posición entre el apoyo y la suspensión en el mismo, de tal manera que en ningún momento puede apoyar los pies en las bandas sin ser penalizado por ello, lo que necesariamente condiciona la fuerza de la musculatura que une las extremidades inferiores a la columna vertebral y al tronco (Linge, Hallingstad, y Solberg, 2006). Existen numerosos elementos y combinaciones en BP cuyas posiciones iniciales, de transición o finales requieren una posición del gimnasta donde al menos presente un ángulo de  $90^{\circ}$  entre su tronco y su muslo (posición de escuadra y Stadler). La disminución de este ángulo supone en la mayor parte de los casos una ventaja mecánica, no sólo en momentos donde se desacelere el movimiento, sino en aquellos necesarios para pasar desde la posición de escuadra a una posición de apoyo extendido invertido, debido a un menor momento de inercia y a una menor pérdida de la cantidad de movimiento, como cuando se pasa de escuadra a apoyo invertido, en rotaciones carpadas hacia adelante o atrás entre las bandas, en elementos de fuerza, mantenimiento o despegues, en elementos a una banda con piernas juntas o desde stadler hacia el apoyo invertido, en dobles mortales atrás carpados de salida, en Tippelt, etc.

Igualmente, mayores valores de flexibilidad activa en el test 3A condiciona la realización de diferentes elementos que el código valora en BP, como pasar desde el apoyo en Stadler al apoyo invertido en una o dos bandas, rodamientos hacia atrás desde el apoyo o apoyo braquial a pasar con las piernas abiertas y adelante al apoyo, en las dominaciones atrás pasando las piernas adelante al apoyo y sus variantes, en los molinos atrás pasando las piernas abiertas por

delante al apoyo, así como determinados elementos de fuerza, mantenimiento e impulsos de piernas y elementos laterales a una banda realizados con piernas abiertas y molinos americanos con piernas abiertas al apoyo o al apoyo invertido. La manifestación de este tipo de gestos se aprecia en la desaceleración de movimientos en habilidades comunes en BP de los gimnastas en general y de los que componen la muestra en particular.

El test 2A también explicó el 48,4% de la varianza con el rendimiento manifestado en BF, reflejando la importancia de reducir o mantener el ángulo de manera activa entre el tronco y el muslo para la realización de diferentes elementos como Kippes, Endos y Stadler con piernas juntas y sus variantes y cualquier salida con rotación transversal en posición carpada. En la ejecución de estos elementos es necesaria una manifestación activa de la flexión tronco-muslo, ejecutada en numerosas ocasiones en contra de la gravedad o de la inercia del movimiento adquirido. La ausencia de un mínimo desarrollo de esta capacidad mientras se realizan los movimientos giratorios sobre el aparato, impedirá o dificultará la correcta ejecución de los elementos gimnásticos, principalmente debido a los efectos de las fuerzas de inercia que tienden a separar el tronco del muslo.

Sin embargo, al comparar la relación entre el rango de movimientos alcanzado en el test 2P y la NF en el ejercicio de BF no se encontraron relaciones significativas, lo que sugiere que para estos gimnastas, parece ser más importante en su rendimiento en BF los valores de amplitud de movimientos activos que los pasivos. Al contrario de la relación anterior con el test de flexibilidad activa, esta ausencia de relación quizás sea explicada en parte por la ayuda que presta la inercia de ciertos movimientos a la adquisición de determinadas amplitudes articulares para la realización de los habilidades gimnásticas en este aparato.

Asimismo resultaron significativas las relaciones entre el test 3P y el rendimiento manifestado en CA y BF. En CA, es muy común la realización principalmente de elementos que requieren un impulso de piernas, como las tijeras y sus múltiples variantes, los molinos con piernas abiertas con o sin giros hasta llegar al apoyo invertido, y ciertas variantes de stocklis y salidas. En la ejecución de estos elementos gimnásticos se exigen entre otros requisitos, una gran capacidad del gimnasta para generar amplios rangos de movimiento con la cadera en abducción y rotación externa. Quizás ello explique en parte el 42,5 % de la varianza compartida entre la actuación competitiva en CA y los valores de flexibilidad pasiva del test 3 alcanzados por estos gimnastas.

No obstante, no se ha dado ninguna relación entre los valores activos de flexibilidad en el test 3A y la NF en CA. Suponemos que una mayor capacidad de movilización activa ayuda a generar mayores rangos de movimientos, sin embargo, atendiendo a que en este aparato todos los elementos deben ejecutarse con impulso y sin realizar paradas durante el mismo, quizás la inercia que el gimnasta adquiere en la ejecución de los mismos suplantaría el supuesto efecto de capacidad activa para movilizar la cadera al realizar dichos elementos, siendo probable por tanto que sea más crucial en este aparato la flexibilidad pasiva que la activa manifestada este test. Serían necesarios nuevos estudios que confirmen esta hipótesis.

En BF, la realización de elementos muy comunes en estos gimnastas, como los Endo y Stadler con piernas abiertas así como algunas sueltas realizadas en posición carpada (Tkatchev y Deltchev) exige una posición carpada con piernas separadas y rodillas y tobillos extendidos muy similar a la realizada en el test 3P. Por ello, parece coherente la relación que explica el 66,4% de la varianza en dicho test y el rendimiento competitivo en este aparato. En la ejecución de los citados elementos, alcanzar la posición que genera el mayor rango articular de movimiento, similar al evaluado en el test 3P, se ve favorecido en numerosas ocasiones por la propia inercia que le confiere el movimiento mientras se efectúa. Sin embargo, cuando se

actúa en contra de la gravedad o de las fuerzas de inercia, la activación conjunta de la musculatura flexora y abductora de la cadera parece tener mayor relevancia en la realización de estas habilidades gimnásticas.

En resumen, respecto a la flexibilidad, parece importante la capacidad de acercar activamente los muslos al tronco por su mayor relación con el rendimiento gimnástico en BP y BF, por lo que se sugiere una mayor orientación en la preparación física hacia ejercicios que en un plano sagital de movimientos, desarrollen la fuerza de los músculos que permiten adoptar las citadas posiciones con respecto a ejercicios estáticos pasivos.

Finalmente, se encontró una relación entre el test T5 y la actuación en CA ( $r=0,675^*$ ) que explicaba una varianza del 45,5%, de manera que a pesar de su naturaleza inespecífica y el alto nivel competitivo aún existe una moderada relación entre el rendimiento ofrecido, en la línea de investigaciones consultadas que manifiesta este poder predictivo en categorías diferentes y niveles inferiores de rendimiento utilizando específicamente este test (Bajin, 1987; Sands, 1988, 1994, 2000; Singh et al., 1987). Sin embargo, dada la menor especificidad mecánica del gesto con las acciones competitivas realizadas en este aparato, y a la distribución anormal de las medidas, es necesario interpretar dicha relación con cautela, siendo conveniente realizar nuevas investigaciones al respecto contemplando muestras superiores y gimnastas de diferentes niveles.

Para finalizar, destacar que el CV de los 6 tests estuvo por debajo del 20%, lo que sugiere cierta homogeneidad del rendimiento ofrecido por estos gimnastas en cada uno de ellos. Estos valores son inferiores a los encontrados en otros estudios con gimnastas juniors donde el CV oscilaba sobre el 31% (Grabiner y McKelvain, 1987). Es probable que valores bajos en el CV resultante de las medidas condicionales de los gimnastas junto a su homogeneidad competitiva hayan podido condicionar un menor número y magnitud de relaciones entre test y rendimiento manifestado.

En resumen, en aquellos test donde la mayor capacidad del gimnasta aún posea una relación significativa con el rendimiento gimnástico se justifica la inclusión de los movimientos que los definen a modo de ejercicios a incluir con carácter preferente en la preparación física general y especialmente en periodos precompetitivos y competitivos, con el fin de optimizar el proceso de entrenamiento de estos gimnastas.

## **Conclusiones**

Se observaron relaciones significativas entre los tests evaluados y el rendimiento competitivo en algunos aparatos en estos gimnastas. Se destacan las relaciones significativas entre los tests MRO, 2A y 3A y el rendimiento manifestado en BP, entre los tests MRO, 2A y 3P y el rendimiento competitivo manifestado en BF y entre los tests 3P y T5 y el rendimiento competitivo manifestado en CA.

En el test T5 y especialmente en los tests 3A y 3P los gimnastas poseen una distribución bastante homogénea de sus resultados, lo que puede conformar valores que definan el perfil de un gimnasta en este nivel deportivo. No obstante, se consideran necesarias futuras investigaciones que reafirmen estas relaciones con un número mayor de gimnastas de la misma categoría y nivel deportivo, y con variables criterios resultantes de un mismo ejercicio estandarizado para todos los gimnastas en cada aparato.

### Referencias bibliográficas

- Arampatzis, A. & Brüggemann, G. P. (1998). A mathematical high bar-human body model for analysing and interpreting mechanical-energetic processes on the high bar. *J Biomech*, 31(12), 1083-1092.
- Arellano, R. y García, F. (2000). Análisis de la Técnica Deportiva ATD [software] (Version 2.1.). Madrid: Comité Olímpico Español.
- Bajin, B. (1987). Talent identification program for Canadian female gymnastics. In B. Petiot, J. H. Salmela & T. B. Hoshizak (Ed.) *World identification systems for gymnastics talent* (pp. 34-44). Montreal: Sport Psyche Editions.
- Bale, P. & Goodway, J. (1990). Performance variables associated with the competitive gymnast. *Sports Med*, 10(3), 139-145.
- Beaudin, P. A. (1978). *The prediction of gymnastic performance through an analysis of selected physical, physiological and anthropometric variables*. Electronic Thesis or Dissertation. McGill University.
- Faria, I. E. & Faria, E. W. (1989). Relationship of the anthropometric and physical characteristics of male junior gymnasts to performance. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 29(4), 369-379.
- Faulkner, J.A. (1968) Physiology of swimming and diving. En: H. Falls (Ed), *Exercise Physiology*, Baltimore: Academic Press.
- Grabiner, M. D. & McKelvain, R. (1987). Implementation of a profiling/prediction test battery in the screening of elite men gymnasts. In B. Petiot, J. Salmela & T. Hoshizak (Ed.) *World identification systems for gymnastics talent* (pp. 121-125). Montreal.
- Irwin, G. & Kerwin, D. (2007). Musculoskeletal demands of progressions for the longswing on high bar. *Sports Biomech*, 6(3), 361-374.
- Jankarik, A. & Salmela, J. (1987). Longitudinal changes in physical, organic and perceptual factors in canadian male gymnasts. In B. Petiot, J. Salmela & T. Hoshizaki (Ed.) *World identification systems for gymnastics talent* (pp. 151-159). Montreal: Sport Psyche Editions.
- Jemni, M., Sands; W. A., Friemel, F., Stone, M. H. & Cooke, C. B. (2006). Any effect of gymnastics training on upper-body and lower-body aerobic and power components in national and international male gymnasts? *J Strength Cond Res*, 20(4), 899-907.
- Linge, S.; Hallingstad, O. & Solberg, F. (2006). Modelling the parallel bars in Men's Artistic Gymnastics. *Human Movement Science*, 25(2), 221-237.
- Matiegka, J. (1921) The testing of physical efficiency. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 4, 223-230.
- McNeal, J. R. & Sands, W. A. (2006). Stretching for performance enhancement. *Curr Sports Med Rep*, 5(3), 141-146.
- Régner, G. & Salmela, J. H. (1987). Predictor of success in canadian male Gymnast. In B. Petiot, J. Salmela & T. Hoshizaki (Ed.) *World identification systems for gymnastics talent* (pp. 143-150). Montreal: Sport Psyche Editions.
- Sands, W. A. (1988). Gymnastics federation physical abilities testing for women. *Technique*, 8, 27-32.
- Sands, W. A. (1994). *Physical abilities profiles – 1993 national TOPs testing*. Paper presented at the Proceedings USA Gymnastics Book Congress Indianapolis.
- Sands, W. A. (2000). Olympic Preparation Camps 2000 - Physical Abilities Testing. *Technique* 20, 6-19.

- Sands, W. A. (2003). Physiology. In W. Sands, D. Caine & J. Borms (Ed.) *Scientific aspects of women's gymnastics*. (Vol. 45, pp. 128-161): Med sports Sci Basel, Karger.
- Sands, W. A. & McNeal, J. R. (2000). Enhancing flexibility in gymnastics. *Technique*, 20, 6-9.
- Singh, H.; Rana, R. & Walia, S. (1987). Effect of strength and flexibility in performance in men's gymnastics. In B. Petiot, J. Salmela & T. Hoshizaki (Ed.) *World identification systems for gymnastic talent* (pp. 118-120). Montreal.: Sport Psyche Editions
- Sol, J. (1987). The Bisadom/sol aptitude test dor female gymnasts. In B. Petiot, J. Salmela & T. Hoshizaki (Ed.) *World identification systems for gymnastics talent* (pp. 113-120). Montreal: Sport Psyche Editions.
- Stark, C. (1989). Development of physical characteristics as a precondition for achieving high sports results in gymnastics (apparatus). In G. Tenenbaum (Ed.) *Coach education: proceedings of the Maccabiah-Wingate International Congress*, (Netanya), 1991. (pp. 155-157). Israel: The Emmanuel Gill Publishing House: Wingate Institute for Physical Education and Sport.
- Witvrouw, E.; Mahieu, N., Danneels, L. & McNair, P. (2004). Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sport Med*, 34, 443-449.