



ISSN: 1577-4015

Apunts Educación Física y Deportes

ISSN: 1577-4015

pubinefc@gencat.cat

Institut Nacional d'Educació Física de
Catalunya
España

GÓMEZ-LANDERO RODRÍGUEZ, LUIS ARTURO; LÓPEZ BEDOYA, JESÚS;
VERNETTA SANTANA, MERCEDES; MARINA EVRAD, MICHEL

Análisis de la fuerza isométrica en trampolinistas españoles de distintas categorías
competitivas

Apunts Educación Física y Deportes, núm. 107, enero-marzo, 2012, pp. 78-89

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya
Barcelona, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551656918009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Análisis de la fuerza isométrica en trampolinistas españoles de distintas categorías competitivas

Analysis of the Isometric Force of Spanish Trampolinists in Different Competitive Categories

LUIS ARTURO GÓMEZ-LANDERO RODRÍGUEZ

Departamento de Deporte e Informática. Área de Deporte
Facultad del Deporte
Universidad Pablo de Olavide (Sevilla)

JESÚS LÓPEZ BEDOYA

MERCEDES VERNETTA SANTANA

Departamento Educación Física y Deportes
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Universidad de Granada

MICHEL MARINA EVRAD

Departamento de Rendimiento
Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya - Centro de Barcelona

Correspondencia con autor

Luis Arturo Gómez-Landero Rodríguez
lagomrod@upo.es

Resumen

Introducción: Debido a la ausencia de trabajos que describan y analicen el perfil de fuerza isométrica en Trampolín y su relación con el rendimiento deportivo, se plantea un estudio transversal, comparativo y correlacional en esta línea con trampolinistas españoles. **Método:** Muestra compuesta por 60 trampolinistas de élite nacional, agrupados por categoría competitiva en 4 grupos: 1) Sub-15 masculino ($n = 23$; $11,95 \pm 1,79$ años), 2) Sub-15 femenino ($n = 9$; $11,44 \pm 1,23$ años), 3) Absoluto masculino ($n = 18$; $20,72 \pm 4,66$ años), 4) Absoluto femenino ($n = 10$; $16,1 \pm 2,02$ años). Mediciones mediante dinamometría isométrica por célula de carga (sistema *Control de la Fuerza FAFD*), obteniendo fuerza isométrica absoluta y relativa en flexión y extensión de rodillas, tronco, codos, hombros y prensión manual. Comparaciones de grupos entre sí y correlaciones de fuerza con nota de dificultad. **Resultados:** Numerosas correlaciones significativas de fuerza absoluta con dificultad; la fuerza extensora de hombros correlaciona significativamente con dificultad en todos los grupos; aumento significativo de fuerza absoluta con la edad pero no de fuerza relativa. **Conclusiones:** Los valores superiores de fuerza isométrica en los grupos Absolutos frente a los Sub-15 justifican su separación en competición; los resultados obtenidos podrían utilizarse en el diseño de test para la selección de talentos en trampolín.

Palabras clave: trampolín, gimnasia, fuerza isométrica, rendimiento, categoría masculina, categoría femenina

Abstract

Analysis of the Isometric Force of Spanish Divers in Different Competitive Categories

Introduction: Due to the lack of studies describing and analysing the isometric force profile in Trampoline and its relationship to athletic performance, it was decided to conduct a cross-sectional, comparative and correlational study of this kind with Spanish trampolinists. **Method:** Sample composed of 60 national elite trampolinists, grouped by competitive category into 4 groups: 1) under-15 boys ($n=23$; 11.95 ± 1.79 years), 2) under-15 girls ($n=9$; 11.44 ± 1.23 years), 3) men ($n=18$; 20.72 ± 4.66 years), 4) women ($n=10$; 16.1 ± 2.02 years). Measurement by isometric dynamometry using load cells (Faculty of Physical Activity and Sports Sciences Strength Monitoring system), obtaining absolute and relative isometric strength in flexion and extension of knees, trunk, elbows, shoulders and hand grip. Comparisons between groups and correlations of strength with degree of difficulty score. **Results:** Numerous significant correlations between absolute strength and difficulty; shoulder extensor strength correlates significantly with difficulty in all groups; significant increase in absolute strength with age but not in relative strength. **Conclusions:** Higher isometric strength values in the adult groups compared to under-15s justify their separation in competition; the results obtained could be used in the design of a test for the selection of talent in diving.

Keywords: trampoline, gymnastics, isometric strength, performance, men's category, women's category

Introducción

Los requisitos funcionales de una especialidad deportiva constituyen un conjunto de características que condicionan la práctica en ese deporte. El análisis de los mismos, junto con las medidas morfológicas y la determinación de las características motrices de un deporte, aparecen como uno de los primeros pasos a dar en la conducción del entrenamiento (Grosser & Starischka, 1988). En relación con los requisitos funcionales del Trampolín (conocido coloquialmente como Cama Elástica), Ferreira, Araújo, Botelho y Rocha (2004) indican que esta modalidad gimnástica compuesta por movimientos continuos, requiere buenos niveles de fuerza isométrica, flexibilidad y resistencia anaeróbica.

Dentro de estas exigencias funcionales, las contracciones isométricas son muy importantes, variadas y habituales en los deportes gimnásticos, tanto en posiciones estáticas como durante cierto tipo de movimientos. De hecho, los Códigos de Puntuación de Gimnasia Acrobática, Aeróbica, Rítmica Deportiva, Artística Masculina y Femenina (GAM y GAF) reconocen diversos elementos de dificultad catalogados como elementos de equilibrio y/o fuerza donde predominan las contracciones isométricas.

En referencia a la medición y evaluación de la fuerza, numerosos autores resaltan su importancia de cara al éxito deportivo en la mayoría de deportes, motivo por el que destacan la necesidad de su análisis (Fröhlich, Emrich, & Schmidtbleicher, 2010; Gallozzi, 1996; Taipale et al., 2010). Uno de los métodos más utilizados en la medición de la fuerza máxima es la dinamometría isométrica, método indicado para la valoración de la fuerza estática en diferentes posiciones articulares que además permite acomodar al atleta de manera confortable y fácilmente reproducible (Burnham, Bell, Olenik, & Reid, 1995; Falla, Hess, & Richardson, 2003; Gallozzi, 1996). Estos tests isométricos son populares además porque son fácilmente reproducibles en condiciones estables, no requieren de una gran exigencia técnica por lo que son aplicables a sujetos entrenados y no entrenados, presentan un protocolo sencillo, son seguros para los ejecutantes y utilizan un equipamiento relativamente económico (Wilson, 2000).

Se han concebido dinamómetros isométricos que permiten numerosas posibilidades para la valoración de la cadena cinética específica de cada deporte, como es el caso del MK7 de Dal Monte (Lupo, Gallozzi, & Dal Monte, 1987). Este tipo de metodología polidinamométrica para la evaluación de la fuerza isométrica en el deportista ha

sido utilizada por numerosos autores (Ariza, 2004; Dal Monte, 1983; Dura, Gianikellis, & Forner, 1996).

Volviendo a los deportes gimnásticos, los estudios que han tratado sus características funcionales y condicionales se han centrado sobre todo en la GAM y la GAF, estudiando sobre todo la importancia de las distintas manifestaciones de la fuerza en su expresión estática y dinámica (Ariza, 2004; Bajin, 1987; Jankarik & Salmela, 1987; Singh, Rana, & Walia, 1987; Smolevskiy & Gaverdouskiy, 1996).

Ariza (2004) evaluó mediante polidinamometría isométrica la fuerza en GAM, analizando los grupos musculares más influyentes en dicha especialidad, tanto en la expresión absoluta de la fuerza como relativa al peso del gimnasta; observó un desarrollo notable de la fuerza en los extensores del codo, los músculos que dirigen los movimientos en la articulación escápulo-humeral, los extensores de la rodilla y del tobillo, resultados acordes con el perfil de fuerza en GAM propuesto por Smolevskiy y Gaverdouskiy (1996).

León (2006) midió la fuerza isométrica específica de GAM utilizando una muestra de gimnastas de élite españoles. Empleó dos elementos característicos en GAM: tiempo máximo en cristo y tiempo máximo en hironelle. Los mayores índices de fuerza isométrica específica se correlacionaron significativamente con la nota final de anillas.

En el caso del Trampolín, durante la ejecución de las acrobacias aéreas es necesario marcar o mantener las posiciones que estipula el Código de Puntuación (Federación Internacional de Gimnasia, 2009) de forma clara y definida, como es el caso de las posiciones extendidas, carpadas (flexión del tronco con piernas juntas y extendidas) o agrupadas. Estas posiciones requieren de acciones musculares en las que la fuerza isométrica juega un papel importante (Ferreira et al., 2004). En referencia a los Saltos de Natación, especialidad con grandes similitudes respecto al Trampolín gimnástico, Mitchell (2006) comenta cómo la fuerza requerida para mantener estas posiciones con la gran velocidad de rotación de los saltadores es una característica muy específica de estos deportes. Según el autor, las acciones explosivas, el control corporal y la estética requerida en esta especialidad pueden ser comparadas con las exigencias de los deportes gimnásticos o el ballet.

López Bedoya, Gómez-Landero, Jiménez y Vernetta (2002) analizaron características morfológicas, lactato en sangre y capacidad de salto con los tests de Bosco entre especialistas en Tumbling y Trampolín, observando

	GM1		GM2		GF1		GF2	
	X	S	X	S	X	S	X	S
Edad	11,96	1,80	21,00	4,51	11,44	1,24	16,10	2,02
Peso	38,80	9,58	64,70	7,83	35,27	8,55	51,91	4,53
Años de práctica	4,59	1,83	11,76	4,58	3,69	1,78	6,75	2,64
Dificultad máx. competición	6,86	2,73	13,01	2,46	5,64	2,36	9,87	2,24
Dificultad máx. entrenamiento	7,05	2,93	13,34	2,36	5,80	2,32	10,44	2,53

Tabla 1

Media (X) y desviación estándar (S) de la edad, peso, años de práctica, dificultad en entrenamiento y competición en los 4 grupos estudiados

mayor mesomorfia, concentración de lactato y fuerza explosiva en Tumbling.

Stanton et al. (2003) estudiaron los déficits de fuerza en la musculatura rotatoria del tronco en trampolinistas adolescentes. Los resultados apuntan a unos déficits de fuerza rotatorios bilaterales significantes de la musculatura contralateral al lado de giro, recomendando la realización de un entrenamiento compensatorio.

Gómez-Landero, López Bedoya, Vernetta, Jiménez y Gutiérrez (2006) estudiaron diversas características funcionales en Trampolinistas de la selección nacional ($n = 7$); los resultados sugieren un perfil de fuerza isométrica distinto a otras especialidades gimnásticas como la GAM.

Finalmente, el documento más específico encontrado sobre la valoración funcional en Trampolín corresponde a la batería de test para la selección de talentos deportivos propuesta por la Federación Estadounidense de Gimnasia (USA-Gymnastics, 2009) en su *JumpStart Testing*. Este conjunto de pruebas incluye bloques de fuerza y flexibilidad; fitness general y habilidades para velocidad. La mayor parte de los tests están relacionados con la valoración de la fuerza isoinercial, isométrica (con mantenimiento en pino, mantenimiento del tronco en horizontal decúbito prono) y flexibilidad en movimientos específicos del deporte. Cada una de las pruebas recibe un porcentaje de influencia sobre la puntuación final, destacándose un 31 % para las pruebas de fuerza estática y dinámica. Este documento no aporta sin embargo datos de referencia ni sigue la estructura de un trabajo científico, desconociéndose su grado de validez y fiabilidad.

A pesar de la importancia que ha adquirido el Trampolín como deporte gimnástico de competición, sobre todo desde su inclusión en el programa olímpico desde

los JJ.OO. de Sidney 2000, no se han encontrado trabajos que describan y analicen con rigor su perfil de fuerza isométrica y su relación con el rendimiento deportivo. Por eso el principal objetivo de este estudio es analizar la fuerza isométrica absoluta y relativa manifestada en trampolinistas españoles y evaluar las relaciones observadas entre la fuerza medida y el rendimiento deportivo de los trampolinistas.

Metodología

Muestra

Participaron trampolinistas nacionales masculinos y femeninos seleccionados por el Comité Técnico de Trampolín de la Real Federación Española de Gimnasia (RFEG), de las categorías Sub-15 y Absoluta atendiendo a los grupos de edad de competición. La muestra consta pues de cuatro grupos: 1) GM1, $n = 23$ de categoría Sub-15 masculina; 2) GM2, $n = 18$ de categoría Absoluta masculina; 3) GF1, $n = 9$ de categoría Sub-15 femenina; 4) GF2 $n = 10$ de categoría Absoluta femenina. En la *tabla 1* se presentan datos descriptivos de los distintos grupos que componen la muestra.

Todos los sujetos participantes firmaron una carta de consentimiento aceptando participar en el estudio de manera voluntaria, siendo libres de abandonar el estudio a voluntad, y de acuerdo a las normas de ética para investigación en humanos establecidos en los principios de la Declaración de Helsinki.

Material

La fuerza isométrica de prensión manual se midió con un dinamómetro digital (*Takei A5401*). Para

medir la fuerza isométrica máxima del resto de acciones musculares se utilizó el siguiente instrumental: 1) un sistema por célula de carga denominado *Control de la Fuerza FAFD*, diseñado por el Grupo de Investigación CTS-171 de la Junta de Andalucía, compuesto por un indicador digital programable (*Lexitron DPM-3*; precisión hasta 0,1 kp) y una célula de carga de tracción (*Utilcell 650*; capacidad hasta 250 kg); 2) banco regulable, adaptado y diseñado al efecto; 3) elementos para el anclaje de la célula de carga en el banco (mosquetones y cadenas) y para la tracción del sujeto (cinturones de nailon, tobilleras). El sistema mide la fuerza en kilopondios (kp), pasándose a newtons (N) posteriormente. La masa corporal (kg) se midió con una báscula digital (*Tanita BC-533*).

Diseño y variables

Se realizó un estudio descriptivo, transversal y correlacional, con comparaciones intergrupos y correlaciones entre fuerza isométrica y rendimiento deportivo.

Se analizaron las siguientes variables de fuerza isométrica absoluta (F) y relativa (Fr): extensión de rodillas (FER y FrER); flexión de rodillas (FFR y FrFR); extensión de codos (FEC y FrEC); flexión de codos (FFC

y FrFC); flexión de hombros (FFH y FrFH); extensión de hombros (FEH y FrEH); en todos estos casos con ambos miembros a la vez. Además se midió la extensión de tronco (FET y FrET), flexión de tronco (FFT y FrFT) y prensión manual (FPM y FrPM, obteniendo la media entre mano derecha e izquierda).

Las variables de rendimiento deportivo fueron: Nota máxima de dificultad obtenida en el Campeonato Nacional previo a las mediciones (DC); dificultad máxima obtenida en entrenamientos oficiales (DE).

Procedimiento

Las mediciones se realizaron la semana posterior al Campeonato Nacional. Los protocolos seleccionados para la evaluación polidinamométrica de la fuerza isométrica han sido adaptados según las propuestas e indicaciones de Dal Monte (1983), Dura, Giannikellis, & Forner (1996) y Ariza (2004). Los ángulos requeridos en cada posición (*fig. 1*) se confirmaron mediante un goniómetro antes de cada medición. Tras un calentamiento dirigido los sujetos realizaron tres repeticiones máximas en cada posición con un minuto de recuperación entre cada una y cinco minutos entre cada posición incluyendo dos ensayos submáximos, siguiendo el orden indicado en la *figura 1*.

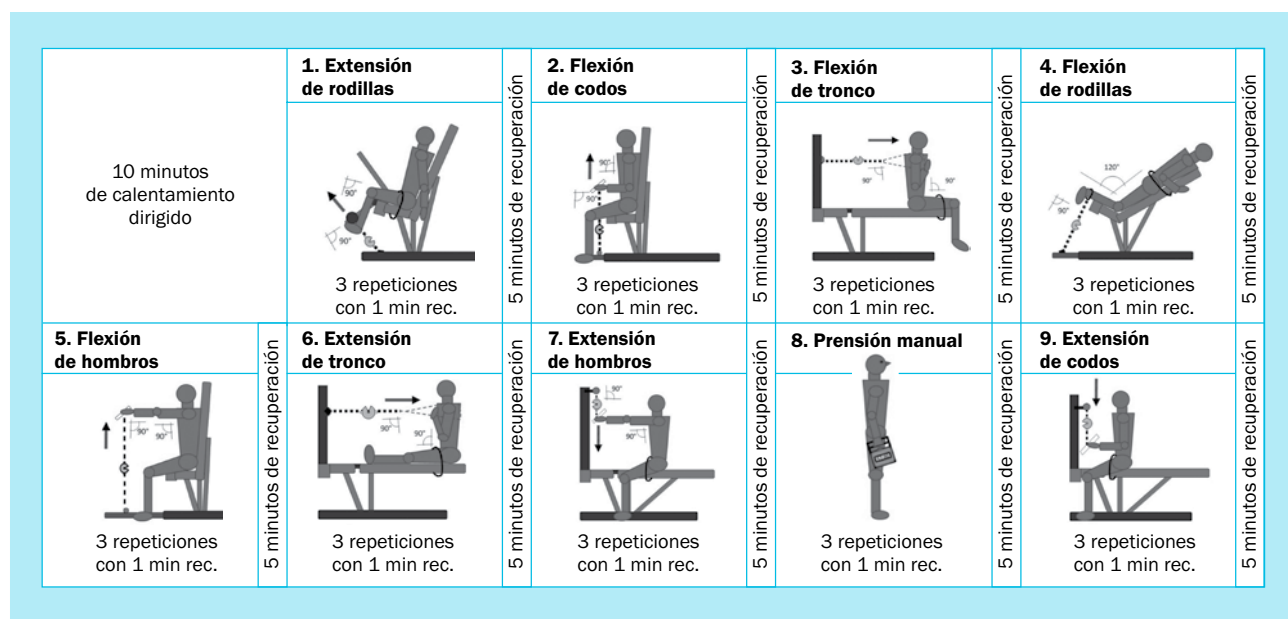


Figura 1

Proceso de evaluación de la fuerza isométrica en las acciones musculares

	CCI	IC (95%)		CVETM (%)
		L Inf	L Sup	
F. ext. rodillas	0,87	0,86	0,88	1,46
F. flex. rodillas	0,87	0,84	0,87	1,31
F. ext. codos	0,97	0,96	0,97	0,97
F. flex. codos	0,97	0,97	0,97	0,97
F. flex. hombros	0,97	0,97	0,97	2,13
F. ext. hombros	0,97	0,97	0,97	2,06
F. ext. tronco	0,83	0,81	0,85	2,80
F. flex. tronco	0,82	0,81	0,85	2,98
Prensión MD	0,93	0,92	0,94	1,34
Prensión MI	0,92	0,91	0,94	1,44

Tabla 2

Coefficiente de correlación intraclase y coeficiente de variación del error técnico entre medidas

Análisis estadístico

En el proceso de control de la fiabilidad entre las medidas obtenidas de cada variable se ha descartado la medida más baja, comparando las otras dos. Se tomó finalmente el valor más elevado controlando el Coeficiente de Variación del Error Técnico de Medida (CVETM) por debajo del 5% realizando alguna medida más en caso necesario.

Se siguieron las recomendaciones propuestas por Verdura, Champavier, Schmidt, Bermon y Marconnet (1999) y Hopkins (2000). Los indicadores de fiabilidad seleccionados han sido el Error Técnico de Medida en su expresión relativa en % como coeficiente de variación (CVETM) y el coeficiente de correlación intraclase (CCI).

En caso de confirmarse una distribución normal (test de *Shapiro-Wilk*), para comparar los diferentes grupos entre sí se utilizó la prueba t de muestras independientes con un IC 95%. Si se asumían varianzas homogéneas (*Test de Levene*) se procedió con la t de Student; en caso de heterogeneidad se utilizó el *Test de Welch*. Si no se confirmaba una distribución normal se utilizó la prueba U de Mann-Whitney. Para estudiar las relaciones entre los parámetros utilizados se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson cuando las variables tenían distribución normal y el de Spearman cuando no se verificaba normalidad. Se utilizó el programa SPSS v.15.1.

Resultados

Estudio de la fiabilidad entre medidas

El CVETM más bajo estuvo en la FFC (0,97 %) y el más alto en la FFT (2,98 %); los valores obtenidos en el CCI son en general elevados ($0,82 < CCI < 0,97$). Estos resultados sugieren una alta fiabilidad entre las medidas realizadas de cada variable (tabla 2).

Comparaciones entre grupos

En la tabla 3 se pueden apreciar las numerosas diferencias estadísticamente significativas entre los grupos masculinos Sub-15 y Absoluto. Todas las variables de fuerza absoluta presentan diferencias; en el caso de la fuerza relativa sucede lo mismo, con la excepción de la FrFR ($p = 0,113$), la FrFT ($p = 0,525$) y la FrPM ($p = 0,965$). En todos los casos los valores medios son superiores en categoría Absoluta (GM2).

Al comparar los grupos de edad femeninos (tabla 4) también se observan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en todas las variables de fuerza absoluta con valores superiores en GF2. Sin embargo no aparecen diferencias significativas en ninguna de las variables relacionadas con la expresión relativa de la fuerza ($0,309 < p < 0,965$), siendo incluso algunos de los valores medios del GF1 ligeramente superiores a los del GF2.

Al comparar los grupos GM1 y GF1 (tabla 5) hay que destacar la inexistencia de diferencias significativas, tanto en las variables de fuerza isométrica como en las de fuerza relativa ($0,147 < p < 0,966$).

En la comparación de los grupos Absolutos (tabla 6), aparecen diferencias estadísticamente significativas en todas las variables de fuerza isométrica analizadas a favor del GM2, excepto en los valores de fuerza relativa de FrER ($p = 0,129$) y FrFR ($p = 0,450$).

Correlaciones fuerza isométrica y rendimiento deportivo

Todas las correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$) encontradas entre las variables de fuerza isométrica (absoluta y relativa) y las notas de dificultad junto a la edad, aparecen en la tabla 7. La práctica totalidad de asociaciones significativas son positivas y fuertes ($r > 0,7$) o moderadas ($0,3 < r < 0,7$), según la clasificación de Martínez-González, Sánchez-Villegas y Faulin (2008).

Variables comparadas		GM1		GM2		P	IC 95 %	
		X	S	X	S		Inf.	Sup.
Fuerza máxima absoluta	Extensión rodillas (FER) ^u	545,88	186,31	1.109,00	214,04	0,006	-251,96	-141,59
	Flexión rodillas (FFR)	244,87	87,31	441,64	80,27	0,000		
	Flexión codos (FFC) ^u	211,88	71,27	425,10	106,36	0,006	-220,32	-146,95
	Extensión codos (FEC)	178,12	51,14	361,75	54,95	0,000	-122,80	-65,46
	Flexión hombros (FFH)	81,95	35,25	176,07	34,82	0,000		
	Extensión hombros (FEH) ^u	139,73	42,11	304,78	66,39	0,005		
	Flexión tronco (FFT) ^u	216,23	97,59	440,90	139,28	0,019		
	Extensión tronco (FET) ^u	584,62	173,87	1.175,54	239,46	0,010		
Fuerza relativa (N/kg)	Prensión manual (FPM) ^u	212,97	82,20	416,53	63,15	0,000		
	Extensión rodillas (FrER)	13,93	3,01	17,11	2,29	0,001	-4,96	-1,40
	Flexión rodillas (FrFR)	6,21	1,30	6,82	0,95	0,113	-1,37	0,15
	Flexión codos (FrFC)	5,49	0,95	6,54	1,32	0,008	-1,81	-0,30
	Extensión codos (FrEC)	4,68	0,70	5,55	0,57	0,000	-1,32	-0,42
	Flexión hombros (FrFH) ^w	2,09	0,55	2,73	0,28	0,000	-0,94	-0,33
	Extensión hombros (FrEH)	3,66	0,47	4,66	0,52	0,000	-1,42	-0,59
	Flexión tronco (FrFT) ^u	5,53	1,97	6,77	1,92	0,525		
	Extensión tronco (FrET)	14,99	2,45	18,14	2,47	0,000	-4,75	-1,53
	Prensión manual (FrPM) ^u	5,33	0,85	6,47	0,85	0,965		

Valores: media (X), desviación estándar (S)
^u U Mann-Whitney; ^w t Student/test de Welch; **p < 0,05**

Tabla 3

Fuerza isométrica absoluta y relativa: comparación entre grupos masculinos Sub-15 y Absoluto (GM1 y GM2)

Variables comparadas		GF1		GF2		P	IC 95 %	
		X	S	X	S		Inf.	Sup.
Fuerza máxima absoluta	Extensión rodillas (FER) ^w	484,05	110,09	778,12	259,28	0,006	-489,08	-99,05
	Flexión rodillas (FFR)	235,99	49,59	334,02	58,17	0,001	-150,67	-45,39
	Flexión codos (FFC) ^u	179,32	48,69	262,44	64,53	0,002		
	Extensión codos (FEC)	168,06	34,17	231,57	54,14	0,008	-107,95	-19,08
	Flexión hombros (FFH)	73,38	14,89	115,02	19,08	0,000	-58,74	-24,53
	Extensión hombros (FEH)	124,91	28,45	191,33	53,31	0,005	-109,25	-23,60
	Flexión tronco (FFT)	183,43	43,56	260,00	78,70	0,019	-139,19	-13,95
	Extensión tronco (FET)	526,96	154,26	752,25	182,97	0,010	-390,15	-60,43
Fuerza relativa (N/kg)	Prensión manual (FPM)	168,61	44,02	249,46	35,01	0,000	-119,14	-42,55
	Extensión rodillas (FrER) ^w	13,88	2,02	14,80	4,14	0,543	-4,09	2,25
	Flexión rodillas (FrFR)	6,86	1,55	6,49	1,33	0,580	-1,02	1,76
	Flexión codos (FrFC)	5,14	1,03	5,02	0,89	0,744		
	Extensión codos (FrEC)	4,86	0,85	4,45	0,86	0,309	-0,42	1,24
	Flexión hombros (FrFH)	2,15	0,55	2,23	0,33	0,698	-0,54	0,37
	Extensión hombros (FrEH)	3,57	0,34	3,69	0,86	0,699	-0,78	0,53
	Flexión tronco (FrFT) ^u	5,42	1,83	4,96	1,22	0,870		
	Extensión tronco (FrET)	14,87	2,31	14,43	2,79	0,719	-2,06	2,93
	Prensión manual (FrPM)	4,83	0,83	4,81	0,60	0,965	-0,68	0,71

Valores: media (X), desviación estándar (S)
^u U Mann-Whitney; ^w t Student/test de Welch; **p < 0,05**

Tabla 4

Fuerza isométrica absoluta y relativa: comparación entre grupos femeninos Sub-15 y Absoluto (GF1 y GF2)

		GM1		GF1		P	IC 95 %	
Variables comparadas		X	S	X	S		Inf.	Sup.
Fuerza máxima absoluta	Extensión rodillas (FER)	545,88	186,31	484,05	110,09	0,362	-74,74	198,40
	Flexión rodillas (FFR)	244,87	87,31	235,99	49,59	0,778	-54,84	72,59
	Flexión codos (FFC) ^u	211,88	71,27	179,32	48,69	0,331		
	Extensión codos (FEC)	178,12	51,14	168,06	34,17	0,597	-28,45	48,57
	Flexión hombros (FFH) ^w	81,95	35,25	73,38	14,89	0,357	-10,19	27,32
	Extensión hombros (FEH) ^u	139,73	42,11	124,91	28,45	0,451		
	Flexión tronco (FFT) ^u	216,23	97,59	183,43	43,56	0,663		
	Extensión tronco (FET) ^u	584,62	173,87	526,96	154,26	0,542		
Fuerza relativa (N/kg)	Preensión manual (FPM) ^u	212,97	82,20	168,61	44,02	0,249		
	Extensión rodillas (FrER)	13,93	3,01	13,88	2,02	0,966	-2,19	2,29
	Flexión rodillas (FrFR)	6,21	1,30	6,86	1,55	0,246	-1,76	0,49
	Flexión codos (FrFC)	5,49	0,95	5,14	1,03	0,377	-0,45	1,14
	Extensión codos (FrEC)	4,68	0,70	4,86	0,85	0,549	-0,80	0,43
	Flexión hombros (FrFH)	2,09	0,55	2,15	0,55	0,802	-0,50	0,39
	Extensión hombros (FrEH)	3,66	0,47	3,57	0,34	0,603	-0,27	0,45
	Flexión tronco (FrFT) ^u	5,53	1,97	5,42	1,83	0,931		
	Extensión tronco (FrET)	14,99	2,45	14,87	2,31	0,896	-1,83	2,08
	Preensión manual (FrPM)	5,33	0,85	4,83	0,83	0,147	-0,19	1,18

Valores: media (X), desviación estándar (S)
^u U Mann-Whitney; ^w t Student/test de Welch; **p < 0,05**

Tabla 5

Fuerza isométrica absoluta y relativa: comparación entre grupos Sub-15 masculino y femenino (GM1 y GF1)

		GM2		GF2		P	IC 95 %	
Variables comparadas		X	S	X	S		Inf.	Sup.
Fuerza máxima absoluta	Extensión rodillas (FER) ^u	1.109,00	214,04	778,12	259,28	0,004		
	Flexión rodillas (FFR)	441,64	80,27	334,02	58,17	0,001	47,62	167,61
	Flexión codos (FFC) ^u	425,10	106,36	262,44	64,53	0,000		
	Extensión codos (FEC)	361,75	54,95	231,57	54,14	0,000	84,04	176,32
	Flexión hombros (FFH)	176,07	34,82	115,02	19,08	0,000	32,99	89,11
	Extensión hombros (FEH)	304,78	66,39	191,33	53,31	0,001	51,45	175,45
	Flexión tronco (FFT)	440,90	139,28	260,00	78,70	0,001	81,56	280,22
	Extensión tronco (FET)	1.175,54	239,46	752,25	182,97	0,000	242,07	604,51
Fuerza relativa (N/kg)	Preensión manual (FPM) ^w	416,53	63,15	249,46	35,01	0,000	128,14	205,99
	Extensión rodillas (FrER) ^w	17,11	2,29	14,80	4,14	0,129	-0,78	5,40
	Flexión rodillas (FrFR)	6,82	0,95	6,49	1,33	0,450	-0,57	1,24
	Flexión codos (FrFC) ^u	6,54	1,32	5,02	0,89	0,002		
	Extensión codos (FrEC)	5,55	0,57	4,45	0,86	0,001	0,51	1,70
	Flexión hombros (FrFH)	2,73	0,28	2,23	0,33	0,003	0,19	0,80
	Extensión hombros (FrEH)	4,66	0,52	3,69	0,86	0,014	0,23	1,73
	Flexión tronco (FrFT)	6,77	1,92	4,96	1,22	0,013	0,41	3,21
	Extensión tronco (FrET)	18,14	2,47	14,43	2,79	0,001	1,58	5,83
	Preensión manual (FrPM) ^u	6,47	0,85	4,81	0,60	0,000		

Valores: media (X), desviación estándar (S)
^u U Mann-Whitney; ^w t Student/test de Welch; **p < 0,05**

Tabla 6

Fuerza isométrica absoluta y relativa: comparación entre grupos Absolutos masculino y femenino (GM2 y GF2)

Los grupos GM1 y GF1 son los que presentan mayor número de asociaciones significativas con las variables de rendimiento deportivo, siendo la dificultad en entrenamiento la variable que muestra la mayor cantidad de correlaciones significativas directas con las variables de fuerza isométrica. La edad se asocia significativamente más veces con la fuerza isométrica que las notas de dificultad.

Las correlaciones estadísticamente significativas y positivas entre las variables de Fr y las notas de dificultad son prácticamente inexistentes, apareciendo solo la

FrPM en GM1 ($r = 0,494$) y la FrEH en GM2 y GF2 ($r = 0,726$ y $0,812$ respectivamente).

La única variable de fuerza isométrica que muestra correlaciones estadísticamente significativas y positivas en todos los grupos con la dificultad es la fuerza absoluta de extensión de hombros (tabla 7). La FPM presenta correlaciones significativas moderadas y fuertes en los grupos GM1, GF1 y GF2. La FER, FFR y FET han sido las siguientes variables con mayor cantidad de asociaciones significativas.

			Grupos							
			GM1		GM2		GF1		GF2	
Variables asociadas			Dif. entr.	Dif. comp.	Dif. entr.	Dif. comp.	Dif. entr.	Dif. comp.	Dif. entr.	Dif. comp.
Fuerza absoluta	Flexión rodillas (FFR)	r	0,53				0,70	0,71		
		p	0,01				0,04	0,03		
		n	22				9	9		
	Extensión rodillas (FER)	r					0,80	0,75		0,65
		p					0,01	0,02		0,04
		n					9	9		10
	Flexión codos (FFC)	r	0,47 ^s	0,46 ^s			0,77			
		p	0,03	0,04			0,02			
		n	21	21			9			
	Extensión codos (FEC)	r	0,59				0,73			
		p	0,01				0,03			
		n	20				9			
	Flexión hombros (FEH)	r	0,54							
		p	0,01							
		n	21							
	Extensión hombros (FFH)	r	0,66 ^s	0,52 ^s	0,76	0,74	0,71		0,76	0,88
		p	0,00	0,02	0,03	0,04	0,03		0,02	0,00
		n	20	20	8	8	9		9	9
	Extensión tronco (FET)	r	0,60 ^s	0,62 ^s			0,75			
		p	0,00	0,00			0,02			
		n	22	22			9			
	Prensión manual (FPM)	r	0,62 ^s	0,60 ^s			0,74		0,70	0,73
		p	0,00	0,00			0,02		0,02	0,02
		n	22	22			9		10	10
Fuerza relativa	Extensión hombros (FrEH)	r				0,73				0,81
		p				0,04				0,01
		n				8				9
	Prensión manual (FrPM)	r	0,49		-0,54 ^s					
		p	0,02		0,03					
		n	22		17					

R = Coeficiente de correlación de Pearson; Rs = Coeficiente de correlación de Spearman.
Nivel de significación $p < 0,05$.

Tabla 7

Correlaciones significativas entre variables de fuerza y rendimiento deportivo (dificultad en entrenamiento y en competición)

Discusión

Tras el análisis de los resultados obtenidos se ha observado que los valores más elevados de fuerza absoluta y relativa en todos los grupos estudiados corresponden a la musculatura extensora de tronco y rodillas, seguida de la flexora de rodillas, tronco y codos así como la extensora de codos y prensión manual con valores intermedios; la musculatura del hombro extensora y flexora es la que muestra los valores más bajos de fuerza. En la evaluación polidinamométrica que realizó Ariza (2004) a 20 gimnastas de GAM de alto rendimiento (edades entre 7 y 8 años), la musculatura extensora de tronco y rodillas también es la que obtiene los valores más elevados, sin embargo los valores más bajos corresponden a la fuerza extensora de codos y hombros presentando la flexión de hombros resultados superiores; estas diferencias pueden estar relacionadas con mayores exigencias en el tren superior propias de la Gimnasia Artística (Smolevskiy & Gaverdouskiy, 1996).

Se ha encontrado un incremento claro de la fuerza absoluta con la edad tanto en categoría femenina como en masculina, observándose valores más elevados en los grupos Absolutos, resultados acordes con la maduración biológica (Beunen & Thomis, 2000; Jiménez, 2001).

En fuerza relativa no se aprecian sin embargo diferencias entre los grupos femeninos Sub-15 y Absoluto. En la literatura revisada se constatan dichos resultados, apareciendo incluso ligeros descensos en la fuerza relativa de los miembros inferiores durante la pubertad debidos, entre otros factores, al aumento del porcentaje graso en la composición corporal (Parker, Round, Sacco, & Jones, 1990; Sale & Spriet, 1996). En esta línea, Pääsuke, Ereline y Gapeyeva (2000) tampoco observaron diferencias significativas entre grupos pre y post puberales en la fuerza isométrica máxima relativa a la masa corporal. Entre los grupos masculinos sí se han encontrado diferencias, datos también acordes con la evolución de la fuerza recogida en trabajos como el de Froberg y Lammert (1996).

Al comparar los sexos en los grupos Sub-15 no han aparecido diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables de fuerza absoluta y relativa estudiadas; en los grupos Absolutos sí se han encontrado diferencias, con valores superiores en los varones en todas las variables de fuerza absoluta y en todas las de fuerza relativa salvo en la flexión y extensión de rodillas. En esta línea, Malina, Bouchard y Bar-Or (2004) indicaron que durante la infancia y la adolescencia, los varones tienen más fuerza que las niñas en relación al peso corporal,

especialmente en el tronco y miembros superiores, con diferencias sin embargo insignificantes en los miembros inferiores; en esta línea, en el estudio de Schantz, Randall-Fox, Hutchison, Tyden y Astrand (1983), los grupos de hombres alcanzaron niveles absolutos de fuerza muy superiores a los de las mujeres, sin embargo no hallaron diferencias entre sexos cuando la fuerza se expresó por unidad de área muscular transversal en los músculos extensores de la rodilla y flexores del codo.

Se han encontrado mayor número de correlaciones significativas entre rendimiento deportivo y variables de fuerza en los grupos Sub-15; en los grupos GM2 y GF2 en los que los trampolinistas tienen mayor edad, experiencia y homogeneidad madurativa, el número de correlaciones significativas se reduce notablemente.

Todos estos resultados refuerzan las evidentes diferencias de ritmos madurativos entre chicos y chicas en edad puberal, así como unos valores superiores de fuerza isométrica absoluta y relativa en los chicos respecto de las chicas en edades más avanzadas (Rozin, 1980).

Al correlacionar las variables de fuerza isométrica con el rendimiento deportivo, observamos en general muy pocas correlaciones significativas con las variables de fuerza relativa, siendo las de fuerza absoluta las que muestran un número mayor de asociaciones significativas en todos los grupos estudiados. La fuerza relativa en Trampolín no parece ser un factor determinante en la obtención de una mayor dificultad, contrariamente a lo observado en otros deportes gimnásticos como la GAF o GAM (Ariza, 2004; López Bedoya, Vernetta, & Morenilla, 1996; Smoleuskiy & Gaverdouskiy, 1996). Así, en Gimnasia Artística resulta fundamental la capacidad para movilizar el peso del cuerpo con los miembros superiores, especialmente en los aparatos de apoyo y suspensión, cosa que no sucede en Trampolín. La prioridad en Trampolín está en obtener una altura elevada en cada salto para ejecutar el mayor número de rotaciones posible en el eje longitudinal y transversal, utilizando para ello el tren inferior como principal medio de impulsión (Federación Internacional de Gimnasia, 2009); para conseguir esa altura sobre el aparato es indispensable aprovechar su capacidad de impulsión y respuesta elástica, obteniéndose más aceleración de salida cuanto más peso se envía al sistema de lona y muelles (Kraft, 2001). En este sentido, una mayor masa corporal necesaria en el trampolinista para optimizar esa respuesta elástica podría reducir sus índices de fuerza relativa.

Estas diferencias entre Gimnasia Artística y Trampolín se observan al comparar nuestros resultados con

los de Ariza (2004); este autor midió la fuerza en kg (equivalentes a kilopondios como medida de fuerza) con un protocolo muy semejante al nuestro. En la *tabla 8* se muestra un resumen comparativo de nuestros resultados expresados en kp (fuerza absoluta) y en kp/kg (fuerza relativa) con los de Ariza (2004).

En términos generales, podemos apreciar cómo los valores medios obtenidos en la fuerza relativa de la musculatura del tren superior son más elevados en GAM (Ariza, 2004), sobre todo en la flexión y extensión de hombros, así como en la flexión y extensión de tronco; también encontramos valores superiores en la flexión de codos en GAM con diferencias significativas respecto a los grupos de trampolinistas GM1, GF1 y GF2. La fuerza relativa del tren inferior aparece sin embargo superior en todos los grupos de Trampolín, apareciendo diferencias significativas en la extensión de rodillas.

Los valores superiores en fuerza relativa en los gimnastas GAM (Ariza, 2004) pueden estar relacionados con las particularidades del repertorio técnico de los aparatos de GAM como las anillas, paralelas, barra fija y caballo con arcos, con una sollicitación muy superior del tren superior. El Trampolín sin embargo no presenta elementos de apoyo o suspensión con los brazos; este se caracteriza por una sucesión de saltos utilizando principalmente el tren inferior como medio de impulsión, lo cual concuerda con los valores significativamente superiores de los trampolinistas en la extensión de rodillas (*tabla 8*).

A pesar de la edad inferior de los gimnastas de GAM (Ariza, 2004), sus valores de fuerza absoluta son superiores en la flexión de hombros respecto a los grupos GM1, GF1 y GF2. Además, en la fuerza absoluta de la extensión de hombros, flexión y extensión de tronco no se han encontrado diferencias significativas con los grupos de trampolinistas Sub-15 (GM1 y GF1).

De cualquier manera, es necesario recordar que la muestra de gimnastas con la que hemos comparado los grupos de trampolinistas de nuestro estudio estaba compuesta por niños altamente cualificados de 7-8 años, edades muy por debajo de los gimnastas de nuestro estudio. Otros estudios indican que gimnastas de GAM o GAF de edades más avanzadas incrementan de forma muy notable los valores de fuerza relativa y absoluta, sobre todo de la musculatura del tren superior (Rozin, 1980; Shlemin & Tujvatulin, 1978), por lo que cabe suponer un perfil de fuerza isométrica muy distinto en Trampolín respecto a la GAM o GAF.

Por otro lado, al analizar las correlaciones significativas y directas de las variables de fuerza absoluta con las notas de dificultad, encontramos que la FEH ha sido la única variable que ha mostrado numerosas asociaciones positivas con las variables de rendimiento deportivo en todos los grupos estudiados. Estos resultados resaltan la importancia de esta acción muscular característica del Trampolín, ya que intervendrá en el inicio de las rotaciones transversales hacia delante (saltos mortales) y en la adopción de las posiciones aéreas características en el

Valores medios de fuerza relativa (kp/kg)							
Grupo	Ext. rodilla	Flex. codo	Ext. codo	Flex. hombro	Ext. hombro	Flex. tronco	Ext. tronco
GM1	1,40**	0,55**	0,47	0,21**	0,37**	0,54**	1,53**
GM2	1,74**	0,66	0,56**	0,27**	0,47**	0,69**	1,85**
GF1	1,41**	0,52**	0,49	0,21**	0,36**	0,55**	1,51**
GF2	1,51**	0,51**	0,45	0,22**	0,37**	0,50**	1,47**
Ariza (2004)	1,04	0,72	0,48	0,63	0,63	0,93	2,34
Valores medios de fuerza absoluta (kp)							
Grupo	Ext. rodilla	Flex. codo	Ext. codo	Flex. hombro	Ext. hombro	Flex. tronco	Ext. tronco
GM1	55,70**	21,62**	17,31**	8,36**	13,57	22,06	59,65
GM2	113,16**	43,37**	36,91**	17,96*	31,10**	44,98**	119,95**
GF1	49,39**	18,29	17,14**	7,48**	12,74	18,71	53,77
GF2	79,40**	26,78**	23,63**	11,73*	19,52**	26,53**	76,76**
Ariza (2004)	23,50	16,40	11,00	14,50	14,30	21,20	53,10
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$							

Tabla 8

Comparaciones entre trampolinistas y la muestra de GAM de Ariza (2004)

Trampolín (agrupadas, carpadas o extendidas) en ambos sentidos de rotación.

La FER y FFR también ha mostrado asociaciones positivas en todos los grupos analizados salvo en el GM2, lo cual resulta previsible dada la implicación directa del tren inferior para la práctica del Trampolín. La FPM también ha mostrado numerosas correlaciones significativas en relación con el rendimiento; estos resultados confirman la relación de la fuerza de prensión manual con la fuerza global, utilizándose en importantes baterías de test, como la Eurofit, para una valoración genérica de la fuerza en el tren superior, condición física general y estado de salud (Gallup, White, & Gallup, 2007).

Por otro lado, cabe destacar la estrecha relación que guardan nuestros resultados con la importancia otorgada por la batería para la selección de trampolinistas con talento *JumpStar Testing* (USA-Gymnastics, 2009) a las pruebas de fuerza general que contiene, incluyendo el mantenimiento del cuerpo en apoyo extendido invertido y en *bloqueo* decúbito prono, fondos en horizontal, dominadas o elevaciones de piernas extendidas con el cuerpo en suspensión, implicando la flexión y extensión de hombros, flexión y extensión de codos o la flexión y extensión del tronco-caderas. Dirigido a futuros estudios, nuestros resultados podrían aplicarse para diseñar baterías de pruebas específicas para la selección de talentos en Trampolín.

Como conclusiones finales de este trabajo se destacan por un lado los valores superiores de fuerza isométrica absoluta en los grupos Absolutos frente a los Sub-15, justificándose en ambas categorías la separación en competición por grupos de edades; en general, la fuerza isométrica relativa al peso corporal presenta pocas asociaciones positivas con las notas de dificultad. Por otro lado, la fuerza extensora de hombros ha sido la variable más asociada con mejores notas de dificultad. Como limitación principal en este estudio se destaca una muestra más reducida en los dos grupos femeninos, que corresponde a la escasa población de gimnastas de trampolín de ese nivel de élite.

Agradecimientos

Estudio incluido en el análisis del perfil funcional del Trampolín y englobado dentro del proyecto a nivel nacional “Determinación del perfil motor, morfológico, funcional y psicológico en deportes gimnásticos para la construcción de baterías de test, aplicables a la detección y selección de talentos deportivos” a cargo del grupo de investigación CTS-171 de la Junta de Andalucía y subvencionado por el Consejo Superior de Deportes.

Referencias

- Ariza, J. C. (2004). La fuerza relativa como variable de pronóstico del rendimiento deportivo en gimnasia artística. *Kronos*, 6, 60-73.
- Bajin, B. (1987). Talent identification program for Canadian female gymnastics. En B. Petiot, J. H. Salmela y T. B. Hoshizaki (Eds.), *World Identification Systems for Gymnastics Talent*. Montreal, Canada: Sport Psyche Editions.
- Beunen, G., & Thomis, M. (2000). Muscular Strength Development in Children and Adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 12(2), 174-197.
- Burnham, R. S., Bell, G., Olenik, L., & Reid, D. C. (1995). Shoulder abduction strength measurement in football players: reliability and validity of two field tests. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 5(2), 90-94. doi:10.1097/00042752-199504000-00004
- Dal Monte, A. (1983). *La valutazione funzionale dell'atleta*. Firenze: Sansoni.
- Dura, J. V., Gianikellis, K., & Forner, A. (1996). A strain-gauge uni-axial load cell to evaluate muscular strength level in isometric exercise. *Conference Proceedings Archive, 14 International Symposium on Biomechanics in Sports*.
- Falla, D. L., Hess, S., & Richardson, C. (2003). Evaluation of shoulder internal rotator muscle strength in baseball players with physical signs of glenohumeral joint instability. *British Journal of Sports Medicine*, 37(5), 430-432. doi:10.1136/bjbm.37.5.430
- Fédération Internationale de Gymnastique (2009). *Código de puntuación de gimnasia en trampolín*. Lausane: FIG.
- Ferreira, J. C., Araújo, C. M., Botelho, M. C., & Rocha, J. E. (2004). A formação do ginasta de nível elevado. *Horizonte: Revista de Educação Física e Desporto*, 20(115), I-XII (dossier).
- Froberg, K., & Lammert, O. (1996). Development of muscle strength during childhood. En O. Bar-Or (Ed.), *The Child and Adolescent Athlete* (pp. 25-41). Melbourne: Blackwell Science.
- Fröhlich, M., Emrich, E., & Schmidbleicher, D. (2010). Outcome effects of single-set versus multiple-set training. An advanced replication study. *Research in Sports Medicine*, 18(3), 157-175. doi:10.1080/15438620903321045
- Gallozzi, C. (1996). La valutazione della forza. *SDS-Scuola dello Sport*, 15(34), 22-35.
- Gallup, A. C., White, D. D., & Gallup, G. (2007). Handgrip strength predicts sexual behavior, body morphology and aggression in male college students. *Evolution and Human Behavior*, 28(6), 423-429. doi:10.1016/j.evolhumbehav.2007.07.001
- Gómez-Landero, L. A., López, J., Vernetta, M., Jiménez, J. & Gutiérrez, A. (2006). Análisis de las características funcionales de la Selección Española de Trampolín. En *I Congreso Internacional de Ciencias del Deporte*. Vigo: Universidad de Vigo.
- Grosser, M., & Starischka, S. (1988). *Test de la Condición Física*. Barcelona: Martínez Roca.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of Reliability in Sports Medicine and Science. *Sports Medicine*, 30(1), 1-15. doi:10.2165/00007256-200030010-00001
- Jankarik, A., & Salmela, J. H., (1987). Longitudinal changes in physical, organic and perceptual factors in Canadian male gymnasts. En B. Petiot, J. H. Salmela, T. B. Hoshizaki (Eds.), *World Identification Systems for Gymnastics Talent*. Montreal, Canada: Sport Psyche Editions.
- Jiménez, J. (2001). Composición corporal y condición física de los varones entre 8 y 20 años de edad de la población de Gran Canaria. *Vector Plus* (17), 63-73.
- Kraft, M. (2001). Eine einfache Näherung für die vertikale. A simple approach for the vertical force of the trampoline bed. *Technischen Universität Braunschweig*, 1-15 Federkraft des Trampolintuches.
- León, J. A. (2006). *Estudio del uso de tests físicos, psicológicos y fisiológicos para estimar el estado de rendimiento de la selección nacional de*

- Gimnasia Artística Masculina* (Tesis doctoral). Departamento Deporte e Informática (Universidad Pablo de Olavide), Sevilla.
- López Bedoya, J., Gómez-Landero, L. A., Jiménez, J., & Vernetta, M. (2002). Características morfológicas y funcionales en competidores de Tumbling y Trampolín. En K. León, A. Palomo y Macías (Eds.), *Enseñanza y entrenamiento de la gimnasia y la acrobacia, I Simposium Internacional de Actividades Gimnásticas y Acrobáticas*. VII Simposium Nacional, Cáceres.
- López Bedoya, J., Vernetta, M., & Morenilla, L. (1996). Detección y selección de talentos en gimnasia. En *Indicadores para la detección de talentos deportivos* (pp. 106-144). Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia. Consejo Superior de Deportes. ICd n.º3.
- Lupo, S., Gallozzi, C., & Dal Monte, A. (1987). Primi risultati ottenuti con il nuovo dinamometro isometrico MK7 nella valutazione della forza degli atleti. *Med Sport*, 40(5), 285-295.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, Maturation, and Physical Activity* (2.ª ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Martínez-González, M. A., Sánchez-Villegas, A., & Faulin, J. (2008). *Bioestadística amigable*. Madrid: Díaz de Santos.
- Mitchell, K. (2006). Core stability in elite divers. *Sports Physio*, 1, 26-27.
- Parker, D. F., Round, J. M., Sacco, P., & Jones, D. A. (1990). A cross-sectional survey of upper and lower limb strength in boys and girls during childhood and adolescence. *Annals of Human Biology*, 17(3), 199-211. doi:10.1080/030144690000000962
- Pääsuke, M., Ereline, J., & Gapeyeva, H. (2000). Twitch contraction properties of plantar flexion muscles in pre- and post-pubertal boys and men. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 82(5-6), 459-464. doi:10.1007/s004210000236
- Rozin, E. Y. (1980) Características morfofuncionales de los niños en relación con la selección para la práctica de la Gimnasia Deportiva. *Gimnastika 2*. Moscú: Fizkultura y sport.
- Sale, D. G., & Spriet, L. L. (1996). Skeletal muscle function and energy metabolism. En O. Bar-Or, D. R. Lamb y P. M. Clarkson (Eds.), *Exercise and the Female: A Life Span Approach* (pp. 289-363). Carmel, IN: Cooper Publishing Group.
- Schantz, P., Randall-Fox, E., Hutchison, W., Tyden, A., & Astrand, P. O. (1983). Muscle fibre type distribution, muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 117(2), 219-26. doi:10.1111/j.1748-1716.1983.tb07200.x
- Shlemin, A. M., & Tujvatulin, R. M. (1978). Influencia de la edad y las características individuales en el desarrollo de la fuerza absoluta, relativa y explosiva en gimnastas jóvenes. *Teoría y práctica de la Cultura Física* (12).
- Singh, H., Rana, R. S., & Walia, S. S. (1987). Effect of strength and flexibility on performance in mens gymnastics. En B. Petiot, J. H. Salmela y T. B. Hoshizaki (Ed.), *World Identification Systems for Gymnastics Talent*. Montreal, Canadá: Sport Psyche Editions.
- Smoleuskiy, V., & Gaverdouskiy, I. (1996). *Tratado general de gimnasia artística deportiva*. Barcelona: Paidotribo.
- Stanton, R., Reaburn, P., Bryant, A., Dascombe, B., Kelso, D., Mason, J., & Weaver, B. (2003). Trunk rotational strength deficits in elite adolescent trampolinists. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 6 (suplemento p. 15). Australian Conference of Science and Medicine in Sport, Canberra.
- Taipale, R. S., Mikkola, J., Nummela, A., Vesterinen, V., Capostagno, B., Walker, S., ... Häkkinen, K. (2010). Strength Training in Endurance Runners. *International Journal of Sports Medicine*, 31(7), 468-476. doi:10.1055/s-0029-1243639
- USA-Gymnastics (2009). *Jump Start Testing*. Federación Estadounidense de Gimnasia.
- Verdera, F., Champavier, L., Schmidt, C., Bermon, S., & Marconnet, P. (1999). Reliability and validity of a new device to measure isometric strength in polyarticular exercises. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(2), 113-9.
- Wilson, G. (2000). Limitations to the use of isometric testing in athletic assessment. En C. J. Gore (Ed.), *Physiological Tests for Elite Athletes* (pp. 151-154). Australian Sports Commission. Champaign, IL: Human Kinetics.