

Anàlisi de la força isomètrica en trampolinistes espanyols de diverses categories competitives

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

LUIS ARTURO GÓMEZ-LANDERO RODRÍGUEZ

Departament d'Esport i Informàtica. Àrea d'Esport
Facultat de l'Esport
Universidad Pablo de Olavide (Sevilla)

JESÚS LÓPEZ BEDOYA

MERCEDES VERNETTA SANTANA
Departament Educació Física i Esports
Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport
Universidad de Granada

MICHEL MARINA EVRAD

Departament de Rendiment
Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya - Centre de Barcelona

Autor per a la correspondència

Luis Arturo Gómez-Landero Rodríguez
lagomrod@upo.es

Resum

Introducció: A causa de l'absència de treballs que descriguin i analitzin el perfil de força isomètrica en trampolí i la seva relació amb el rendiment esportiu, es planteja un estudi transversal, comparatiu i correlacional en aquesta línia amb trampolinistes espanyols. **Mètode:** Mostra composta per 60 trampolinistes d'elit nacional, agrupats per categoria competitiva en 4 grups: 1) sub-15 masculí ($n=23$; $11,95 \pm 1,79$ anys), 2) sub-15 femení ($n=9$; $11,44 \pm 1,23$ anys), 3) absolut masculí ($n=18$; $20,72 \pm 4,66$ anys), 4) absolut femení ($n=10$; $16,1 \pm 2,02$ anys). Mesuraments mitjançant dinamometria isomètrica per cèl·lula de càrrega (sistema control de la força FAFD), obtenció de força isomètrica absoluta i relativa en flexió i extensió de genolls, tronc, colzes, espatlles i premsió manual. Comparacions de grups entre si i correlacions de força amb nota de dificultat. **Resultats:** Nombroses correlacions significatives de força absoluta amb dificultat; la força extensora d'espatlles correlaciona significativament amb dificultat en tots els grups; augment significatiu de força absoluta amb l'edat però no de força relativa. **Conclusions:** Els valors superiors de força isomètrica en els grups absoluts enfront dels sub-15 justifiquen la seva separació en competició; els resultats obtinguts podrien utilitzar-se en el disseny de test per a la selecció de talents en trampolí.

Paraules clau: trampolí, gimnàstica, força isomètrica, rendiment, categoria masculina, categoria 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

Introducció

Els requisits funcionals d'una especialitat esportiva constitueixen un conjunt de característiques que condicionen la pràctica en aquest esport. L'anàlisi d'aquests, junt amb les mesures morfològiques i la determinació de les característiques motrius d'un esport, apareixen com un dels primers passos que cal donar en la conducció de l'entrenament (Grosser & Starischka, 1988). En relació amb els requisits funcionals del trampolí (conegut col·loquialment com a lliat elàstic), Ferreira, Araújo, Botelho i Rocha (2004) indiquen que aquesta modalitat gimnàstica composta per moviments continus requereix bons nivells de força isomètrica, flexibilitat i resistència anaeròbica.

Dins aquestes exigències funcionals, les contraccions isomètriques són molt importants, variades i habituals en els esports gimnàstics, tant en posicions estàtiques com durant un cert tipus de moviments. De fet, els codis de puntuació de gimnàstica acrobàtica, aeròbica, rítmica esportiva, artística masculina i femenina (GAM i GAF) reconeixen diversos elements de dificultat catalogats com a elements d'equilibri i/o força on predominen les contraccions isomètriques.

Amb referència al mesurament i avaluació de la força, nombrosos autors fan ressaltar la seva importància de cara a l'èxit esportiu en la majoria d'esports, motiu pel qual destaquen la necessitat d'analitzar-los (Fröhlich, Emrich, & Schmidtbleicher, 2010; Gallozzi, 1996; Taipale et al., 2010). Un dels mètodes més utilitzats en el mesurament de la força màxima és la dinamometria isomètrica, mètode indicat per a la valoració de la força estàtica en diferents posicions articulars que a més a més permet acomodar l'atleta de manera confortablement i fàcilment reproduïble (Burnham, Bell, Olenik, & Reid, 1995; Falla, Hess, & Richardson, 2003; Gallozzi, 1996). Aquests tests isomètrics són populars a més a més perquè són fàcilment reproduïbles en condicions estables, no requereixen una gran exigència tècnica i per això són aplicables a subjectes entrenats i no entrenats, presenten un protocol senzill, són segurs per als executants i utilitzen un equipament relativament econòmic (Wilson, 2000).

S'han concebut dinamòmetres isomètrics que permeten nombroses possibilitats per a la valoració de la cadena cinètica específica de cada esport, com per exemple l'MK7 de Dal Monte (Lupo, Gallozzi, & Dal Monte, 1987). Aquest tipus de metodologia polidinamomètrica per a l'avaluació de la força isomètrica en l'esportista ha

estat utilitzada per nombrosos autors (Ariza, 2004; Dal Monte, 1983; Dura, Gianikellis, & Forner, 1996).

Tornant als esports gimnàstics, els estudis que n'han tractat les característiques funcionals i condicionals s'han centrat sobretot en la GAM i la GAF, estudiant sobretot la importància de les diverses manifestacions de la força en la seva expressió estàtica i dinàmica (Ariza, 2004; Bajin, 1987; Jankarik & Salmela, 1987; Singh, Rana, & Walia, 1987; Smolevskiy & Gaverdouskiy, 1996).

Ariza (2004) va avaluar mitjançant polidinamometria isomètrica la força en GAM analitzant els grups musculars més influents en aquesta especialitat, tant en l'expressió absoluta de la força com en la relativa al pes del gimnasta; va observar un desenvolupament notable de la força en els extensors del colze, els músculs que dirigeixen els moviments a l'articulació escapulohumeral, els extensors del genoll i del turmell, resultats que estan d'acord amb el perfil de força en GAM proposat per Smolevskiy i Gaverdouskiy (1996).

León (2006) va mesurar la força isomètrica específica de GAM utilitzant una mostra de gimnastes d'elit espanyols. Va emprar dos elements característics en GAM: temps màxim en crist i temps màxim en *hiron-delle*. Els majors índexs de força isomètrica específica es van correlacionar significativament amb la nota final d'anells.

En el cas del trampolí, durant l'execució de les acrobàcies aèries és necessari marcar o mantenir les posicions que estipula el Codi de Puntuació (Federació Internacional de Gimnàstica, 2009) de manera clara i definida, com és el cas de les posicions esteses, carpades (flexió del tronc amb cames juntes i esteses) o agrupades. Aquestes posicions requereixen accions musculars en què la força isomètrica té un paper important (Ferreira et al., 2004). En referència amb els salts de natació, especialitat amb grans similituds respecte al trampolí gimnàstic, Mitchell (2006) comenta que la força requerida per mantenir aquestes posicions amb la gran velocitat de rotació dels saltadors és una característica molt específica d'aquests esports. Segons l'autor, les accions explosives, el control corporal i l'estètica requerida en aquesta especialitat poden ser comparades amb les exigències dels esports gimnàstics o el ballet.

López Bedoya, Gómez-Landero, Jiménez i Vernetta (2002) van analitzar característiques morfològiques, lactat en sang i capacitat de salt amb els tests de Bosco entre especialistes en tumbler i trampolí, observant major

	GM1		GM2		GF1		GF2	
	X	S	X	S	X	S	X	S
Edat	11,96	1,80	21,00	4,51	11,44	1,24	16,10	2,02
Pes	38,80	9,58	64,70	7,83	35,27	8,55	51,91	4,53
Anys de pràctica	4,59	1,83	11,76	4,58	3,69	1,78	6,75	2,64
Dificultat màx. competició	6,86	2,73	13,01	2,46	5,64	2,36	9,87	2,24
Dificultat màx. entrenament	7,05	2,93	13,34	2,36	5,80	2,32	10,44	2,53

Taula 1

Mitjana (X) i desviació estàndard (S) de l'edat, pes, anys de pràctica, dificultat en entrenament i competició en els 4 grups estudiats

mesormorfia, concentració de lactat i força explosiva en túmbling.

Stanton et al. (2003) van estudiar els dèficits de força en la musculatura rotatòria del tronc en trampolinistes adolescents. Els resultats apunten a uns dèficits de força rotatoris bilaterals significants de la musculatura contralateral al costat de gir, i recomanen la realització d'un entrenament compensatori.

Gómez-Landero, López Bedoya, Vernetta, Jiménez i Gutiérrez (2006) van estudiar diverses característiques funcionals en trampolinistes de la selecció nacional ($n = 7$); els resultats suggereixen un perfil de força isomètrica diferent d'altres especialitats gimnàstiques com la GAM.

Finalment, el document més específic trobat sobre la valoració funcional en trampolí correspon a la bateria de test per a la selecció de talents esportius proposada per la Federació Nord-americana de Gimnàstica (USA-Gymnastics, 2009) en el seu JumpStart Testing. Aquest conjunt de proves inclou blocs de força i flexibilitat; condicionament físic general i habilitats per a velocitat. La major part dels tests estan relacionats amb la valoració de la força isoinercial, isomètrica (amb manteniment en pi, manteniment del tronc en horitzontal decúbit pron) i flexibilitat en moviments específics de l'esport. Cadascuna de les proves rep un percentatge d'influència sobre la puntuació final, i destaca el 31 % per a les proves de força estàtica i dinàmica. No obstant això, aquest document no aporta dades de referència ni segueix l'estructura d'un treball científic, i se'n desconeix el grau de validesa i fiabilitat.

Malgrat la importància que ha adquirit el trampolí com a esport gimnàstic de competició, sobretot des de la seva inclusió en el programa olímpic des dels Jocs

Olímpics de Sidney 2000, no s'han trobat treballs que en descriguin i n'analitzin amb rigor el perfil de força isomètrica i la relació amb el rendiment esportiu. Per això el principal objectiu d'aquest estudi és analitzar la força isomètrica absoluta i relativa manifestada en trampolinistes espanyols i avaluar les relacions observades entre la força mesurada i el rendiment esportiu dels trampolinistes.

Metodologia

Mostra

Van participar trampolinistes nacionals masculins i femenins seleccionats pel Comitè Tècnic de Trampolí de la Reial Federació Espanyola de Gimnàstica (RFEG), de les categories sub-15 i absoluta atenent als grups d'edat de competició. La mostra consta, doncs, de quatre grups: 1) GM1, $n = 23$ de categoria sub-15 masculina; 2) GM2, $n = 18$ de categoria absoluta masculina; 3) GF1, $n = 9$ de categoria sub-15 femenina; 4) GF2 amb 10 de categoria absoluta femenina. A la *taula 1* es presenten dades descriptives dels diversos grups que componen la mostra.

Tots els subjectes participants van signar una carta de consentiment acceptant participar en l'estudi de manera voluntària, amb llibertat per abandonar l'estudi a voluntat i d'acord amb les normes d'ètica per a investigació en humans establertes en els principis de la Declaració d'Hèlsinki.

Material

La força isomètrica de pressió manual es va mesurar amb un dinamòmetre digital (Takei A5401).

Per mesurar la força isomètrica màxima de la resta d'accions musculars, es va utilitzar l'instrumental següent: 1) un sistema per cèl·lula de càrrega denominat control de la força FAFD, dissenyat pel Grup d'Investigació CTS-171 de la Junta d'Andalusia, compost per un indicador digital programable (Lexitron DPM-3; precisió fins a 0,1 kp) i una cèl·lula de càrrega de tracció (Utilicell 650; capacitat fins a 250 kg); 2) banc regulable, adaptat i dissenyat per a aquest efecte; 3) elements per a l'ancoratge de la cèl·lula de càrrega al banc (mosquetons i cadenes) i per a la tracció del subjecte (cinturons de niló, turmelleres). El sistema mesura la força en quiloponds (kp), i la passa a newtons (N) posteriorment. La massa corporal (kg) es va mesurar amb una bàscula digital (Tanita BC-533).

Disseny i variables

Es va fer un estudi descriptiu, transversal i correlacional, amb comparacions intergrup i correlacions entre força isomètrica i rendiment esportiu.

Es van analitzar les següents variables de força isomètrica absoluta (F) i relativa (Fr) —extensió de genolls (FER i FrER); flexió de genolls (FFR i FrFR); extensió de colzes (FEC i FrEC); flexió de colzes (FFC i FrFC);

flexió d'espatlles (FFH i FrFH); extensió d'espatlles (FEH i FrEH)—, en tots aquests casos amb tots dos membres alhora. A més a més es va mesurar l'extensió de tronc (FET i FrET), flexió de tronc (FFT i FrFT) i pressió manual (FPM i FrPM, obtenint la mitjana entre mà dreta i esquerra).

Les variables de rendiment esportiu van ser: nota màxima de dificultat obtinguda en el Campionat Nacional previ als mesuraments (DC); dificultat màxima obtinguda en entrenaments oficials (DE).

Procediment

Els mesuraments es van fer la setmana posterior al campionat nacional. Els protocols seleccionats per a l'avaluació polidinamomètrica de la força isomètrica han estat adaptats segons les propostes i indicacions de Dal Monte (1983), Dura, Giannikellis, & Forner (1996) i Ariza (2004). Els angles requerits en cada posició (*fig. 1*) es van confirmar mitjançant un goniòmetre abans de cada mesurament. Després d'un escalfament dirigit, els subjectes van fer tres repeticions màximes en cada posició amb un minut de recuperació entre cadascuna i cinc minuts entre cada posició, inclosos dos assajos submàxims, seguint l'ordre indicat a la *figura 1*.

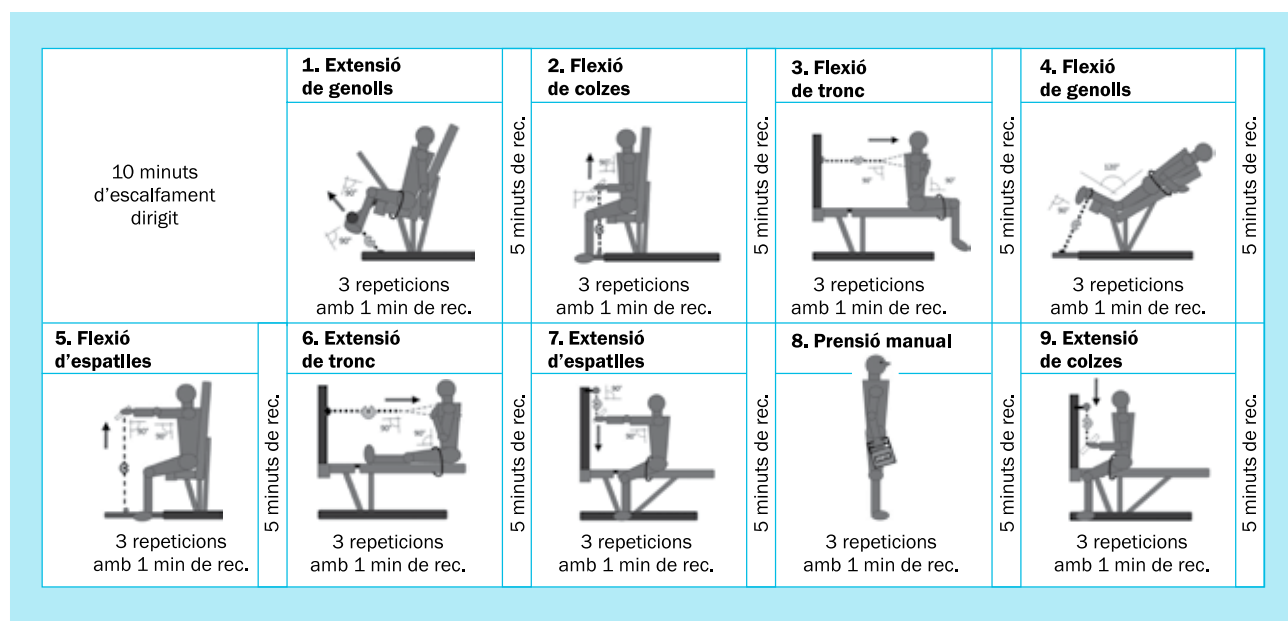


Figura 1

Procés d'avaluació de la força isomètrica en les accions musculars

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

**Taula 2**

Coefficient de correlació intraclasse i coeficient de variació de l'error tècnic entre mesures

Anàlisi estadística

En el procés de control de la fiabilitat entre les mesures obtingudes de cada variable s'ha descartat la mesura més baixa i s'han comparat les altres dos. Finalment es va prendre el valor més elevat controlant el coeficient de variació de l'error tècnic de mesura (CVETM) per sota del 5 % i fent alguna mesura més en cas necessari.

Es van seguir les recomanacions proposades per Verdera, Champavier, Schmidt, Bermon i Marconnet (1999) i Hopkins (2000). Els indicadors de fiabilitat seleccionats han estat l'error tècnic de mesura en la seva expressió relativa en percentatge com a coeficient de variació (CVETM) i el coeficient de correlació intraclasse (CCI).

En cas de confirmar-se una distribució normal (test de Shapiro-Wilk), per comparar els diferents grups entre si s'utilitzava la prova *t* de mostres independents amb un IC 95 %. Si s'assumien variàncies homogènies (test de Levene), es procedia amb la *t* de Student; en cas d'heterogeneïtat s'utilitzava el test de Welch. Si no es confirmava una distribució normal, s'utilitzava la prova U de Mann-Whitney. Per estudiar les relacions entre els paràmetres utilitzats, s'aplicava el coeficient de correlació de Pearson quan les variables tenien distribució normal i el de Spearman quan no es verificava normalitat. Es va utilitzar el programa SPSS v. 15.1.

Resultats

Estudi de la fiabilitat entre mesures

El CVETM més baix va estar en la FFC (0,97 %) i el més alt en la FFT (2,98 %); els valors obtinguts en el CCI són en general elevats ($0,82 < CCI < 0,97$). Aquests resultats suggereixen una alta fiabilitat entre les mesures de cada variable (*taula 2*).

Comparacions entre grups

A la *taula 3* es poden apreciar les nombroses diferències estadísticament significatives entre els grups masculins sub-15 i absolut. Totes les variables de força absoluta presenten diferències; en el cas de la força relativa succeeix el mateix amb l'excepció de la FrFR ($p = 0,113$), la FrFT ($p = 0,525$) i la FrPM ($p = 0,965$). En tots els casos els valors mitjans són superiors en categoria absoluta (GM2).

En comparar els grups d'edat femenins (*taula 4*) també s'observen diferències estadísticament significatives ($p < 0,05$) en totes les variables de força absoluta amb valors superiors en GF2. No obstant això, no apareixen diferències significatives en cap de les variables relacionades amb l'expressió relativa de la força ($0,309 < p < 0,965$), i fins i tot alguns dels valors mitjans del GF1 són lleugerament superiors als del GF2.

En comparar els grups GM1 i GF1 (*taula 5*) cal destacar la inexistència de diferències significatives, tant en els variables de força isomètrica com en les de força relativa ($0,147 < p < 0,966$).

En la comparació dels grups absoluts (*taula 6*), apareixen diferències estadísticament significatives en totes les variables de força isomètrica analitzades a favor del GM2, excepte en els valors de força relativa de FrER ($p = 0,129$) i FrFR ($p = 0,450$).

Correlacions força isomètrica i rendiment esportiu

Totes les correlacions estadísticament significatives ($p < 0,05$) trobades entre les variables de força isomètrica (absoluta i relativa) i les notes de dificultat al costat de l'edat apareixen a la *taula 7*. La pràctica totalitat d'associacions significatives són positives i fortes ($r > 0,7$) o moderades ($0,3 < r < 0,7$), segons la classificació de Martínez-González, Sánchez-Villegas i Faulin (2008).

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

Valors: mitjana (X), desviació estàndar (S)
^u U Mann-Whitney; ^w t Student/test de Welch; **p < 0,05**

Taula 3

Força isomètrica absoluta i relativa: comparació entre grups masculins sub-15 i absolut (GM1 i GM2)

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

Valors: mitjana (X), desviació estàndar (S)
^u U Mann-Whitney; ^w t Student/test de Welch; **p < 0,05**

Taula 4

Força isomètrica absoluta i relativa: comparació entre grups femenins sub-15 i absolut (GF1 i GF2)

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

Valors: mitjana (X), desviació estàndar (S)
^u U Mann-Whitney; ^w t Student/test de Welch; **p < 0,05**

Taula 5

Força isomètrica absoluta i relativa: comparació entre grups sub-15 masculí i femení (GM1 i GF1)

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

Valors: mitjana (X), desviació estàndar (S)
^u U Mann-Whitney; ^w t Student/test de Welch; **p < 0,05**

Taula 6

Força isomètrica absoluta i relativa: comparació entre grups absoluts masculí i femení (GM2 i GF2)

Els grups GM1 i GF1 són els que presenten un nombre més gran d'associacions significatives amb les variables de rendiment esportiu, i la dificultat en entrenament és la variable que mostra la major quantitat de correlacions significatives directes amb les variables de força isomètrica. L'edat s'associa significativament més vegades amb la força isomètrica que les notes de dificultat.

Les correlacions estadísticament significatives i positives entre les variables de Fr i les notes de dificultat són pràcticament inexistentes, i apareixen només la FrPM en

GM1 ($r = 0,494$) i la FrEH en GM2 i GF2 ($r = 0,726$ i $0,812$ respectivament).

L'única variable de força isomètrica que en tots els grups mostra correlacions estadísticament significatives i positives amb la dificultat és la força absoluta d'extensió d'espatlles (taula 7). La FPM presenta correlacions significatives moderades i fortes en els grups GM1, GF1 i GF2. La FER, FFR i FET han estat les següents variables amb una major quantitat d'associacions significatives.

Variables associades		Grups							
		GM1		GM2		GF1		GF2	
		Dif. entr.	Dif. comp.	Dif. entr.	Dif. comp.	Dif. entr.	Dif. comp.	Dif. entr.	Dif. comp.
Força absoluta	Flexió genolls (FFR)	r	0,53			0,70	0,71		
		p	0,01			0,04	0,03		
		n	22			9	9		
	Extensió genolls (FER)	r				0,80	0,75		0,65
		p				0,01	0,02		0,04
		n				9	9		10
	Flexió colzes (FFC)	r	0,47 ^s	0,46 ^s			0,77		
		p	0,03	0,04			0,02		
		n	21	21			9		
	Extensió colzes (FEC)	r	0,59				0,73		
		p	0,01				0,03		
		n	20				9		
Força relativa	Flexió espatlles (FEH)	r	0,54						
		p	0,01						
		n	21						
	Extensió espatlles (FFH)	r	0,66 ^s	0,52 ^s	0,76	0,74	0,71		0,76
		p	0,00	0,02	0,03	0,04	0,03		0,02
		n	20	20	8	8	9		9
	Extensió tronç (FET)	r	0,60 ^s	0,62 ^s			0,75		
		p	0,00	0,00			0,02		
		n	22	22			9		
	Prensió manual (FPM)	r	0,62 ^s	0,60 ^s			0,74		0,70
		p	0,00	0,00			0,02		0,02
		n	22	22			9		10
Força relativa	Extensió espatlles (FrEH)	r			0,73				0,81
		p			0,04				0,01
		n			8				9
Força relativa	Prensió manual (FrPM)	r	0,49		-0,54 ^s				
		p	0,02		0,03				
		n	22		17				

R = coeficient de correlació de Pearson; Rs = coeficient de correlació de Spearman.
Nivell de significació $p < 0,05$.

Taula 7

Correlacions significatives entre variables de força i rendiment esportiu (dificultat en entrenament i en competició)

Discussió

Després de l'anàlisi dels resultats obtinguts s'ha observat que els valors més elevats de força absoluta i relativa en tots els grups estudiats corresponen a la musculatura extensora de tronc i genolls, seguida de la flexora de genolls, tronc i colzes, així com l'extensora de colzes i prensió manual amb valors intermedis; la musculatura de l'espatlla extensora i flexora és la que mostra els valors més baixos de força. En l'avaluació polidinamomètrica que va fer Ariza (2004) a 20 gimnastes de GAM d'alt rendiment (edats entre 7 i 8 anys), la musculatura extensora de tronc i genolls també és la que obté els valors més elevats, i no obstant això els valors més baixos corresponen a la força extensora de colzes i espatlles i la flexió d'espatlles presenta resultats superiors; aquestes diferències poden estar relacionades amb majors exigències al tren superior pròpies de la gimnàstica artística (Smolevskiy & Gaverdouskiy, 1996).

S'ha obtingut un increment clar de la força absoluta amb l'edat en categories tant femenina com masculina, i s'han observat valors més elevats en els grups absoluts, resultats que estan d'acord amb la maduració biològica (Beunen & Thomis, 2000; Jiménez, 2001).

No obstant això, en força relativa no s'aprecien diferències entre els grups femenins sub-15 i absolut. En la literatura revisada es constaten aquests resultats, i apareixen fins i tot lleugers descensos en la força relativa dels membres inferiors durant la pubertat deguts, entre altres factors, a l'augment del percentatge gras en la composició corporal (Parker, Round, Sacco, & Jones, 1990; Sale & Spriet, 1996). En aquesta línia, Pääsuke, Ereline i Gapeyeva (2000) tampoc no van observar diferències significatives entre grups prepuberals i postpuberals en la força isomètrica màxima relativa a la massa corporal. Entre els grups masculins sí que s'han trobat diferències, dades que també estan d'acord amb l'evolució de la força recollida en treballs com el de Froberg i Lammert (1996).

En comparar els sexes en els grups sub-15 no han aparegut diferències estadísticament significatives en cap de les variables de força absoluta i relativa estudiades; en els grups absoluts sí que s'han trobat diferències, amb valors superiors en els barons en totes les variables de força absoluta i en totes les de força relativa excepte en la flexió i extensió de genolls. En aquesta línia, Malina, Bouchard i Bar-Or (2004) van indicar que durant la infància i l'adolescència els barons tenen més força que les nenes en relació amb el pes corporal, especialment

al tronc i membres superiors, però amb diferències insignificants en els membres inferiors; en aquesta línia, en l'estudi de Schantz, Randall-Fox, Hutchison, Tyden i Astrand (1983), els grups d'homes van aconseguir nivells absoluts de força molt superiors als de les dones, i no obstant això no van trobar diferències entre sexes quan la força es va expressar per unitat d'àrea muscular transversal als músculs extensors del genoll i flexor del colze.

S'ha trobat un nombre més gran de correlacions significatives entre rendiment esportiu i variables de força en els grups sub-15; en els grups GM2 i GF2 en els quals els trampolinistes tenen una major edat, experiència i homogeneïtat madurativa, el nombre de correlacions significatives es redueix notablement.

Tots aquests resultats reforcen les evidents diferències de ritmes maduratius entre nois i noies en edat puberal, així com uns valors superiors de força isomètrica absoluta i relativa en els nois respecte de les noies en edats més avançades (Rozin, 1980).

En correlacionar les variables de força isomètrica amb el rendiment esportiu, observem en general molt poques correlacions significatives amb les variables de força relativa, i les de força absoluta són les que mostren un nombre més gran d'associacions significatives en tots els grups estudiats. La força relativa en trampolí no sembla un factor determinant en l'obtenció d'una dificultat major, contràriament a allò que s'ha observat en altres esports gimnàstics com la GAF o GAM (Ariza, 2004; López Bedoya, Vernetta, & Morenilla, 1996; Smoleuskiy & Gaverdouskiy, 1996). Així, en gimnàstica artística resulta fonamental la capacitat per mobilitzar el pes del cos amb els membres superiors, especialment en els aparells de recolzament i suspensió, cosa que no succeeix en trampolí. La prioritat en trampolí és obtenir una altura elevada en cada salt per executar el nombre més gran de rotacions possible en l'eix longitudinal i transversal, utilitzant per a això el tren inferior com a principal mitjà d'impulsió (Federació Internacional de Gimnàstica, 2009); per aconseguir aquesta altura sobre l'aparell és indispensable aprofitar-ne la capacitat d'impulsió i resposta elàstica, i s'obté més acceleració de sortida com més pes s'envia al sistema de lona i molles (Kraft, 2001). En aquest sentit, una major massa corporal necessària en el trampolinista per optimitzar aquesta resposta elàstica podria reduir els seus índexs de força relativa.

Aquestes diferències entre gimnàstica artística i trampolí s'observen en comparar els nostres resultats

amb els d'Ariza (2004); aquest autor va mesurar la força en quilograms (equivalents a quiloponds com a mesura de força) amb un protocol molt semblant al nostre. A la *taula 8* es mostra un resum comparatiu dels nostres resultats expressats en quiloponds (força absoluta) i en quiloponds per quilogram (força relativa) amb els d'Ariza (2004).

En termes generals, podem apreciar com els valors mitjans obtinguts en la força relativa de la musculatura del tren superior són més elevats en GAM (Ariza, 2004), sobretot en la flexió i extensió d'espatlles, així com en la flexió i extensió de tronc; també trobem valors superiors en la flexió de colzes en GAM amb diferències significatives respecte als grups de trampolinistes GM1, GF1 i GF2. No obstant això, la força relativa del tren inferior apareix superior en tots els grups de trampolí, i hi ha diferències significatives en l'extensió de genolls.

Els valors superiors en força relativa en els gimnastes GAM (Ariza, 2004) poden estar relacionats amb les particularitats del repertori tècnic dels aparells de GAM, com les anelles, paral·leles, barra fixa i cavall amb arcs, amb una sol·licitació molt superior del tren superior. No obstant això, el trampolí no presenta elements de suport o suspensió amb els braços; aquest es caracteritza per una successió de salts que utilitzen principalment el tren inferior com a mitjà d'impulsió, la qual cosa està conforme amb els valors significativament superiors dels trampolinistes en l'extensió de genolls (*taula 8*).

Malgrat l'edat inferior dels gimnastes de GAM (Ariza, 2004), els seus valors de força absoluta són superiors en la flexió d'espatlles respecte als grups GM1, GF1 i GF2. A més a més, en la força absoluta de l'extensió d'espatlles, flexió i extensió de tronc no s'han trobat diferències significatives respecte als grups de trampolinistes sub-15 (GM1 i GF1).

De qualsevol manera, és necessari recordar que la mostra de gimnastes amb què hem comparat els grups de trampolinistes del nostre estudi estava composta per nens altament qualificats de 7-8 anys, edats molt per sota dels gimnastes del nostre estudi. Altres estudis indiquen que gimnastes de GAM o GAF d'edats més avançades incrementen de forma molt notable els valors de força relativa i absoluta, sobretot de la musculatura del tren superior (Rozin, 1980; Shlemin & Tujvatulin, 1978), per la qual cosa cal suposar un perfil de força isomètrica molt diferent en trampolí respecte a la GAM o GAF.

D'altra banda, en analitzar les correlacions significatives i directes de les variables de força absoluta amb les notes de dificultat, trobem que la FEH ha estat l'única variable que ha mostrat nombroses associacions positives amb les variables de rendiment esportiu en tots els grups estudiats. Aquests resultats fan ressaltar la importància d'aquesta acció muscular característica del trampolí, ja que intervindrà en l'inici de les rotacions transversals cap endavant (saltos mortals) i en l'adopció de les posicions aèries característiques del trampolí (agrupades, carpades o esteses) en ambdós sentits de rotació.

Valors mitjans de força relativa (kp/kg)							
Grup	Ext. genoll	Flex. colze	Ext. colze	Flex. espatlla	Ext. espatlla	Flex. tronc	Ext. tronc
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
Valors mitjans de força absoluta (kp)							
Grup	Ext. genoll	Flex. colze	Ext. colze	Flex. espatlla	Ext. espatlla	Flex. tronc	Ext. tronc
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

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Taula 8

Comparacions entre trampolinistes i la mostra de GAM d'Ariza (2004)

La FER i FFR també han mostrat associacions positives en tots els grups analitzats excepte en el GM2, la qual cosa resulta previsible atesa la implicació directa del tren inferior per a la pràctica del trampolí. La FPM també ha mostrat nombroses correlacions significatives en relació amb el rendiment; aquests resultats confirmen la relació de la força de premsió manual amb la força global, i s'utilitzen en importants bateries de test, com l'Eurofit, per a una valoració genèrica de la força al tren superior, condició física general i estat de salut (Gallup, White, & Gallup, 2007).

D'altra banda, cal destacar l'estreta relació que guarden els nostres resultats amb la importància atorgada per la bateria per a la selecció de trampolinistes amb talent JumpStar Testing (USA-Gymnastics, 2009) a les proves de força general que conté, inclòs el manteniment del cos en suport estès invertit i en bloqueig decúbit pron, fons en horitzontal, dominades o elevacions de cames esteses amb el cos en suspensió, que impliquen la flexió i extensió d'espatlles, flexió i extensió de colzes o la flexió i extensió del tronc-maluc. Dirigit a futurs estudis, els nostres resultats podrien aplicar-se per dissenyar bateries de proves específiques per a la selecció de talents en trampolí.

Com a conclusions finals d'aquest treball, es destaquen, d'una banda, els valors superiors de força isomètrica absoluta en els grups absoluts enfront dels sub-15, justificant-se en ambdues categories la separació en competició per grups d'edats; en general, la força isomètrica relativa al pes corporal presenta poques associacions positives amb les notes de dificultat. D'altra banda, la força extensora d'espatlles ha estat la variable més associada amb millors notes de dificultat. Com a limitació principal, en aquest estudi es destaca una mostra més reduïda en els dos grups femenins, que correspon a l'escassa població de gimnastes de trampolí d'aquest nivell d'elit.

Agraïments

Estudi inclòs en l'anàlisi del perfil funcional del trampolí i englobat dins el projecte d'àmbit nacional "Determinació del perfil motor, morfològic, funcional i psicològic en esports gimnàstics per a la construcció de bateries de test aplicables a la detecció i selecció de talents esportius", a càrrec del grup d'investigació CTS-171 de la Junta d'Andalusia i subvencionat pel Consejo Superior de Deportes.

Referències

- Ariza, J. C. (2004). La fuerza relativa como variable de pronosticación del rendimiento deportivo en gimnasia artística. *Kronos*, 6, 60-73.
- Bajin, B. (1987). Talent identification program for Canadian female gymnastics. A B. Petiot, J. H. Salmela i 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 uniaxial 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/bjism.37.5.430
- Fédération Internationale de Gymnastique (2009). *Código de puntuación de gimnasia en trampolín*. Lausanne: 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. A O. Bar-Or (Ed.), *The Child and Adolescent Athlete* (pàg. 25-41). Melbourne: Blackwell Science.
- Fröhlich, M., Emrich, E., & Schmidtleicher, 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. A *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. A B. Petiot, J. H. Salmela i T. B. Hoshizaki (Eds.), *World Identification Systems for Gymnastics Talent*. Montreal, Canadá: 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* (Tesi 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. A K. León, A. Palomo i 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. A *Indicadores para la detección de talentos deportivos* (pàg. 106-144). Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia. Consejo Superior de Deportes. *ICd* núm. 3.
- 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* (2a 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:10.1080/03014469000000962
- 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 i sport.
- Sale, D. G., & Spriet, L. L. (1996). Skeletal muscle function and energy metabolism. A O. Bar-Or, D. R. Lamb i P. M. Clarkson (Eds.), *Exercise and the Female: A Life Span Approach* (pàg. 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. A B. Petiot, J. H. Salmela i 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 (suplement pàg. 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. A C. J. Gore (Ed.), *Physiological Tests for Elite Athletes* (pàg. 151-154). Australian Sports Commission. Champaign, IL: Human Kinetics.