

Valoració de les distintes expressions de la força del salt en gimnàstica artística*

Valoración de las distintas expresiones de la fuerza de salto en gimnasia artística*

Marina, M. ; Rodríguez, F.A.

RESUM

Van ser estudiats 76 gimnastes d'élite dels dos sexes i 91 persones no esportistes com a grup de control. La mitjana d'edat de la mostra completa va ser de 15,7 ($\pm 4,2$) anys. Les proves realitzades s'ajustaven als protocols descrits per Bosco i col.: Squat Jump (SJ), Abalakov (ABK), Squat Jump amb càrregues progressives de 25, 50, 75 i 100% del pes corporal, Força Reactiva (FR5) i Drop Jum (DJ) a 5 altures (20, 40, 60, 80 i 100 cm). El paràmetre del salt en què són registrades les diferències més significatives entre gimnastes i el grup de control és el coef. VC (TV/TC). Hom observa diferències molt significatives entre gimnastes i grup de control en el component elàstic quan empen els braços. A més, els gimnastes que assoleixen classificacions millors en competicions en el salt de cavall i de terra destaquen àmpliament de la resta. En els gimnastes es produeix una inhibició relativa del component reflex de la força del salt (CR), que augmenta segons l'altura de caiguda. Aquest component (CR) no sembla que potenciï la força del salt més que no ho fa el preestirament forçat al màxim del DJ. Els valors del coef. VC de les gimnastes en la prova de la força reactiva (FR5) són molt superiors als grups de control. Aquesta troballa pot explicar-se per una activació preferent de la musculatura extensora dels turmells respecte a la dels extensors del genoll. Queda palesa la gran capacitat de manifestació de la força en condicions de salt pliomètric dels gimnastes. Hi ha molt poca correlació entre les magnituds emprades per a les prestacions de salt vertical: temps de vol (TV), coef. VC, i potència de salt en w/Kg. Hi ha una correlació negativa entre el pes i el coef. VC de la prova FR5. Entre l'estatura i l'altura dels salts hi ha una correlació cada vegada més petita a mesura que augmenta la sobrecàrrega en SJ. La millor correlació entre SJ i el coef. VC del Drop és

RESUMEN

Se estudiaron 76 gimnastas de élite de ambos sexos y 91 sujetos no deportistas como grupo control. La edad media de la muestra completa fue de 15,7 ($\pm 4,2$) años. Las pruebas realizadas se ajustaron a los protocolos descritos por Bosco y col.: Squat Jump (SJ), Abalakov (ABK), Squat Jump con cargas progresivas de 25,50, 75 y 100% del peso corporal, Fuerza Reactiva (FR5) y Drop Jump (DJ) a 5 alturas (20, 40, 60, 80 y 100 cm). El parámetro del salto donde se registran las diferencias más significativas entre los gimnastas y el grupo control es el coef. VC (TV/TC). Se observaron diferencias muy significativas entre gimnastas y grupo control en el componente elástico con utilización de brazos. Además, los gimnastas que obtienen mejores clasificaciones en competición en el salto de potro y suelo destacan ampliamente del resto. En los gimnastas se produce una inhibición relativa del componente reflejo de la fuerza de salto (CR), que va en aumento con la altura de caída. Este componente (CR) no parece potenciar la fuerza de salto en mayor medida que el preestiramiento forzado al máximo del DJ. Los valores del coef. VC de las gimnastas en la prueba de fuerza reactiva (FR5) son muy superiores a los del grupo control. Dicho hallazgo puede explicarse por una activación preferente de la musculatura extensora de los tobillos respecto de los extensores de la rodilla. Se pone de manifiesto la gran capacidad de manifestación de la fuerza en condiciones de salto pliométrico de los gimnastas. Existe muy poca correlación entre las magnitudes utilizadas para las prestaciones de salto vertical: tiempo de vuelo (TV), coef VC, y potencia de salto en w/kg. Existe una correlación negativa entre el peso y el coef. VC de la prueba FR5. Entre la estatura y la altura de los saltos existe una correlación cada vez menor a medida que aumenta la sobrecarga en SJ. La mejor correlación entre SJ y el

verificada amb la càrrega màxima (SJ100) i la màxima altura de caiguda (1 m) en DJ. No obstant això, la màxima correlació entre el SJ i el DJ l'observem amb sobrecàrrega nul·la per a SJ i 80 cm de caiguda. Es proposa un model de càrregues pliomètriques òptimes per a gimnastes dels dos sexes.

coef. VC del Drop se verifica con la máxima carga (SJ100) y la máxima altura de caída (1m) en DJ. Sin embargo, la máxima correlación entre el SJ y el DJ se observa con sobrecarga nula para SJ y 80 cm de caída. Se propone un modelo de cargas pliométricas óptimas para gimnastas de ambos sexos.

Introducció

La gimnàstica artística exigeix el domini de sis aparells en els homes i quatre en les dones que requereixen la participació de la pràctica totalitat dels grups musculars. Els grups de les extremitats inferiors són molt rellevants en tots els moviments de salt de cavall i de mans lliures.

Malgrat les diferències pròpies de cada especialitat esportiva, tots els salts tenen, segons Baumann,¹ característiques comunes:

- La velocitat de correguda d'impuls ha de ser maximitzada;
- les extremitats inferiors són el propulsor principal;
- el camí i el temps d'impuls estan limitats.

En gimnàstica artística, els salts a terra i el salt de cavall, s'ajusten al tipus d'acció que es defineix com a: salt amb impacte previ després d'una correguda d'impuls ràpida i amb l'ajuda dinàmica de l'enlairament.² Segons Locatelli, en el moment de contactar amb el terra, al finalitzar un element i abans d'iniciar l'enllaç amb el següent es verifica una contracció pliomètrica, en la qual el múscul acumula energia que posteriorment podrà transformar-se, donat que s'oposa a una força molt alta.¹⁶

Nombrosos autors corroboren la importància del preestirament muscular, atribuint-li una millora de la força, deguda a l'activació del reflex d'estirament i al comportament elàstic del múscul.^{3, 13, 15, 16, 19, 21} Aquestes qualitats no es verifiquen si el període de transició entre la fase excèntrica i concèntrica és massa llarg, situació que ocasiona la pèrdua de l'energia elàstica acumulada. Per contra, un temps de transició curt s'associa a una elevada reutilització de l'energia elàstica.⁴

Per a l'estudi de les diferents expressions de la força del salt de les extremitats inferior, Bosco⁸ i Bosco⁹ han proposat un mètode de mesura basat en una sèrie de salts verticals sobre una plataforma de contactes. Les proves de salt vertical poden ser utilitzades com a mètode vàlid de valoració funcional de la força de les extremitats inferiors i presenten nivells elevats de correlació amb la dinamometria isocinètica.^{8, 18, 20}

Objectius

1. Determinar les característiques i magnituds de les diferents expressions de la força de salt en el

Introducción

La gimnasia artística exige el dominio de seis aparatos en los hombres y cuatro en las mujeres que requieren la participación de la practica totalidad de los grupos musculares. Los grupos de las extremidades inferiores son muy relevantes en todos los movimientos de salto de potro y manos libres.

A pesar de las diferencias propias de cada especialidad deportiva, todos los saltos tiene, según Baumann,¹ características comunes:

- La velocidad de despegue se debe maximizar;
- las extremidades inferiores son el principal propulsor;
- el camino y el tiempo de impulsión están limitados.

En gimnasia artística, los saltos en el suelo y salto de potro, se ajustan al tipo de acción que se define como: salto con impacto previo después de una carrera de impulso rápida y con ayuda dinámica de despegue.² Según Locatelli, en el momento de contactar con el suelo, al finalizar un elemento y antes de iniciar el enlace con el siguiente se verifica una contracción pliométrica, en la que el músculo acumula energía que podrá posteriormente transformarse, puesto que se opone a una fuerza muy alta.¹⁶

Numerosos autores corroboren la importancia del preestiramiento muscular, atribuyéndole una mejora de la fuerza, debida a la activación del reflejo de estiramiento y al comportamiento elástico del músculo.^{3, 13, 15, 16, 19, 21} Estas cualidades dejan de verificarse si el período de transición entre la fase excèntrica y concèntrica es demasiado largo, situación que acarrea la pérdida de la energía elàstica acumulada. Por el contrario, un tiempo de transición corto se asocia a una elevada reutilización de la energía elàstica.⁴

Para el estudio de las diferentes expresiones de la fuerza de salto de las extremidades inferiores, Bosco et al.⁸ y Bosco¹⁰ han propuesto un método de medida basado en una serie de saltos verticales sobre una plataforma de contactos. Las pruebas de salto vertical pueden ser utilizadas como método válido de valoración funcional de la fuerza de las extremidades inferiores y presentan elevados niveles de correlación con la dinamometría isocinética.^{8, 18, 20}

Objetivos

1. Determinar las características y magnitudes de las diferentes expresiones de la fuerza de salto en

gimnasta i identificar quines són les més específiques de la gimnàstica artística.

2. Estudiar les relacions més significatives entre els diversos paràmetres d'expressió de la força utilitzats.

Material i mètodes

Van participar en l'estudi un total de 167 persones, 86 homes i 81 dones. Van ser estudiats dos grups en funció de la seva activitat físic deportiva: gimnastes d'élite (n=76) amb una mitjana de 4h diàries d'entrenament i sedentaris (n=91).

El **material** que es va fer servir és el següent:

- Equip Ergo Jump Bosco/System compost d'ordenador PSION XP, un interfase plataforma ordenador i una plataforma de 1,20 m x 80 cm.
- Barres de pes de 8,10 ó 25 Kg i discs de 1, 2, 3, 4, 5, 10 i 15 Kg.
- Una bàscula i un altímetre per a la medició del pes i de la talla.

Les proves realitzades es van ajustar als protocols descrits per Bosco i els seus col·laboradors:^{3, 4, 5, 8, 10, 14} Squat Jump (SJ), Abalakov (ABK), Squat Jump amb càrregues progressives de 25, 50, 75 i 100% del pes corporal, Força Reactiva durant 5 s(FR5) i Drop Jump (DJ) a 5 altures (20, 40, 60, 80 i 100 cm).

A fi de caracteritzar els diferents components de la força del salt en gimnastes hem partit dels criteris de Bosco, Lyhtanen i Komi^{8, 10} tot diferenciant cada un dels paràmetres que intervenen en el salt, segons l'expressió següent.

$$DJ=(SJ100) + (SJ - SJ 100) + (CMJ - SJ) + (ABK - CMJ) + (DJ - ABK)$$

No es va distingir entre el Coounter Mouvement Jump (CMJ, component elàstic), i Abalakov (component elàstic-reactiu més utilització de braços), utilitzant exclusivament aquest últim. Considerem que és molt difícil establir una divisió clara entre l'un i l'altre component perquè el moviment de braços és un component facilitador addicional. El moviment de braços ben coordinat amb la flexió prèvia de les extremitats inferiors facilita l'expressió del component elàstic-reactiu i resulta fonamental en els salts gimnàstics. En conseqüència, utilitzem finalment l'expressió següent (utilitzant l'altura del salt en cm o el TV en m).

$$DJ=(SJ100) + (SJ - SJ 100) + (ABK - SJ) + (DJ - ABK)$$

DJ representa la totalitat dels components del salt (100% del salt), escollint el millor salt de les cinc altures; **CC**: el component contràctil; **CRS**: el component de reclutament instantani i sincronització de fibres; **CEB**: el component elàstic i d'utilitza-

el gimnasta e identificar cuáles de ellas son más específicas de la gimnasia artística.

2. Estudiar las relaciones más significativas entre los distintos parámetros de expresión de la fuerza utilizados.

Material y métodos

Participaron en el estudio un total de 167 sujetos, 86 hombres y 81 mujeres. Se estudiaron dos grupos en función de su actividad físico deportiva: gimnastas de élite (n=76) con una media de 4 h diarias de entrenamiento y sedentarios (n=91).

Se utilizó el siguiente **material**:

- Equipo Ergo Jump Bosco/System® compuesto de ordenador PSION XXP, un interfase plataforma ordenador y una plataforma de 1,20 m x 80 cm.
- Barras de peso de 8, 10 ó 25 Kg y discos de 1, 2, 3, 4, 5, 10 y 15 Kg.
- Una báscula y un altímetre para la medición del peso y la talla.

Las pruebas realizadas se ajustaron a los protocolos descritos por Bosco y colaboradores:^{3, 4, 5, 8, 10, 14} Squat Jump (SJ), Abalakov (ABK), Squat Jump con cargas progresivas de 25, 50, 75% y 100% del peso corporal (SJ 100), Fuerza Reactiva durante 5 s(FR5) y Drop Jump (DJ) a 5 alturas (20, 40, 60, 80 y 100 cm).

Al objeto de caracterizar los diferentes componentes de la fuerza de salto en gimnastas hemos partido de los criterios de Bosco, Luhtanen y Komi^{8, 10} diferenciando cada uno de los parámetros que interviene en el salto, según la siguiente expresión:

$$DJ=(SJ100) + (SJ - SJ 100) + (CMJ - SJ) + (ABK - CMJ) + (DJ - ABK)$$

No se distinguió entre el Counter Mouvement Jump (CMJ, componente elástico) y Abalakov (componente elástico-reactivo más utilización de brazos), utilizando exclusivamente este último. Consideramos que es muy difícil establecer una división clara entre uno y otro componente por ser el movimiento de brazos un componente facilitador adicional. El movimiento de brazos bien coordinado con la flexión previa de las extremidades inferiores facilita la expresión del componente elástico-reactivo y resulta fundamental en los saltos gimnásticos. En consecuencia, utilizamos finalmente la siguiente expresión (utilizando la altura del salto en cm o el TV en m):

$$DJ=(SJ100) + (SJ - SJ 100) + (ABK - SJ) + (DJ - ABK)$$

Donde: **DJ** representa la totalidad de los componentes del salto (100% del salto), escogiendo el mejor de las cinco alturas; **CC**: el componente contráctil; **CRS**: el componente de reclutamiento ins-

ció dels braços; **CR**: el component reflex. Per tant, en substituir, obtenim:

$$DJ=CC + CRS + CEB + CR$$

Els **paràmetres utilitzats** van ser els següents: edat (mesos), pes (Kg), estatura (CM), temps de contacte o impuls (TC, m), temps de vol (TV, cm), potència (W, vatios/Kg), coef. VC (TV/TC).

Resultats

Les diferències observades entre els gimnastes i el grup de control són les següents: 1) L'altura del salt en la prova SJ és més gran en els gimnastes i s'incrementa proporcionalment a l'increment de la sobrecàrrega, essent la diferència del 2,13% ($P>0,27$) en SJ i arribant a ser del 19,88% ($P<0,0001$) en SJ100. 2) En la prova de caiguda les diferències que existeixen en el temps de vol, entre gimnastes i grup de control no van ser significatives ($P>0,18$), però els temps d'impuls van ser significativament majors ($P<0,0001$ en el grup de control. 3) Com a conseqüència, els coef. VC de gimnastes van ser superiors al 36% en els homes i al 16% en les dones. Aquestes van incrementar, a més, les seves diferències amb l'augment de l'altura de caiguda (Taula 1). En la prova de força reactiva també s'observen coef. VC valors superiors als obtinguts pel grup de control (homes: %dif=33,93; dones %dif=51,14) i molt significatives ($P<0,0001$) en tots dos casos.

En la Figura 1 (a,b) i les Taules 2 i 3 es presenten els resultats respecte als components de la força de salt. Observem una progressiva reducció del component reflex de la força de salt (CR) en funció de l'altura de caiguda. En el grup control, amb valors de CR sempre superiors als dels gimnastes, no obser-

tantáneo y sincronización de fibras; **CEB**: el componente elástico y de utilización de los brazos; **CR**: el componente reflejo. Substituyendo, obtenemos:

$$DJ=CC + CRS + CEB + CR$$

Los **parámetros utilizados** fueron los siguientes: edad (meses), peso (Kg), estatura (cm), tiempo de contacto o impulsión (TC, ms), tiempo de vuelo (TV, ms), potencia (W, vatios/Kg), coef. VC (TV/TC).

Resultados

Las diferencias observadas entre los gimnastas y el grupo control son las siguientes: 1) La altura del salto en la prueba SJ es mayor en los gimnastas y se incrementa proporcionalmente al incremento de la sobrecarga, siendo la diferencia del 2,13% ($P>0,27$) en SJ y llegando a ser del 19,88% ($P<0,001$) en SJ100. 2) En la prueba de caída las diferencias existentes en el tiempo de vuelo, entre gimnastas y el grupo control no fueron significativas ($P>0,18$), pero los tiempos de impulsión fueron significativamente mayores ($P>0,0001$) en el grupo control. 3) Como consecuencia, los coef. VC de gimnastas fueron superiores al 36% en los hombres y al 16% en las mujeres. Estas incrementaron además sus diferencias con el aumento de la altura de caída (Tabla 1). 4) En la prueba de fuerza reactiva también se observan coef. VC con valores superiores a los obtenidos por el grupo control (hombres: %dif.=33,93; mujeres %dif.=51,14) y muy significativas ($P<0,0001$) en ambos casos.

En la Figura 1 (a, b) y las tablas 2 y 3 se presentan los resultados respecto a los componentes de la fuerza de salto. Se observa una progresiva reducción del componente reflejo de la fuerza de salto (CR) en función de la altura de caída. En el grupo

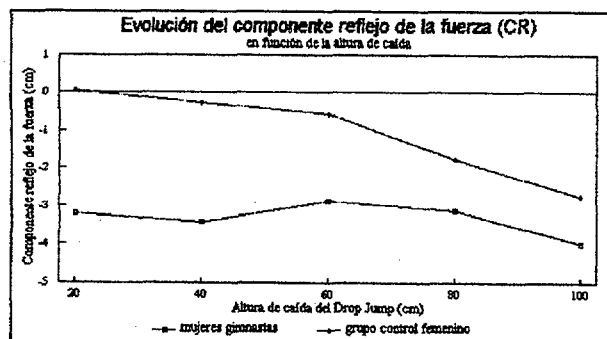


Figura 1a. Evolución del componente reflex de la força de salt en gimnastes (dones) i grup control.

Figura 1a. Evolución del componente reflejo de la fuerza de salto en gimnastas (mujeres) y grupo control.

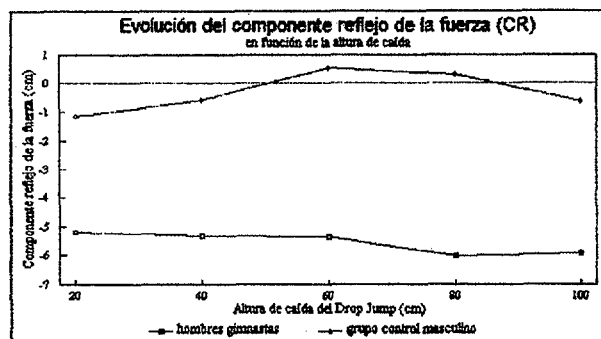


Figura 1b. Evolución del componente reflex de la força de salt en gimnastes (homes) i grup control.

Figura 1b. Evolución del componente reflejo de la fuerza de salto en gimnastas (hombres) y grupo control.

% de diferència Gim. grup control	BDJ 20 cm	BDJ 40 cm	BDJ 60 cm	BDJ 80 cm	BDJ 1 m
Homes	36,51	43,02	41,91	40,25	42,05
Dones	16,39	47,56	52,28	52,94	55,59

Taula 1. Diferències dels gimnastes respecte al grup de control amb el coef. VC. En tots els casos les diferències van ser molt significatives ($P \leq 0,0001$).

Tabla 1. Diferencias de los gimnastas respecto al grupo control con el coef. VC. En todos los casos las diferencias fueron muy significativas ($P \leq 0,0001$).

vem l'esmentada tendència, i es registra un augment d'aquest component en els 60 i 80 cm d'altura.

El component contràctil (CC) dels gimnastes és progressivament major que el del grup de control a mesura que augmenta l'edat (Taules 2 i 3). El component de reclutament instantani i sincronització de fibres (CRS) és menor en les dones gimnastes que en el grup de control, sobretot en les categories superiors. En els homes les diferències no són significatives, excepte en la categoria juvenil en què els gimnastes manifesten valors superiors en un 12,21% (Taula 3).

En el component elàstic amb utilització de braços (CEB) observem grans diferències entre els gimnastes dels dos sexes i el grup control. Els gimnastes més ben classificats en competició –terra i salt de cavall– tendeixen a presentar valors majors de l'esmentat component.

L'estudi de la correlació entre els diferents paràmetres d'expressió de la força de salt va donar diverses correlacions significatives. Tant el pes com la talla es correlacionen negativament amb el coef.

control, con valores de CR siempre superiores a los de los gimnastas, no se observa dicha tendencia, y se registra un aumento de dicho componente en los 60 y 80 cm de altura.

El component contràctil (CC) de los gimnastas es progresivamente mayor que el del grupo control a medida que aumenta la edad (Tabla 2 y 3). El componente de reclutamiento instantáneo y sincronización de fibras (CRS) es menor en las mujeres gimnastas que en el grupo control, sobre todo en las categorías superiores. Entre los hombres las diferencias no son significativas, salvo en la categoría juvenil donde los gimnastas manifiestan valores superiores en un 12,21% (Tabla 3).

En el component elàstic con utilización de brazos (CEB) se observan grandes diferencias entre los gimnastas de ambos sexos y el grupo control. Los gimnastas mejor clasificados en competición –suelo y salto de potro– tienden a presentar valores mayores de dicho componente.

El estudio de la correlación entre los diferentes parámetros de expresión de la fuerza de salto arro-

Dones % Gim. grup control	Mostra	Alevin	Infantil	Juvenil	Senior
CC	9,35***	8,65**	8,59**	16,41***	4,98 ns
CRS	-8,67***	-7,91***	-3,76 ns	-15,70***	-14,95***
CEB	9,17***	3,83*	9,23***	6,83**	8,38**
CR	-9,72***	-6,72*	-14,06***	-7,53**	0,69 ns
Global	7,44***	8,78***	5,67**	18,17***	14,84***

Taula 2. Es presenten els valors corresponents a la diferència entre els perfils de salt dels gimnastes (G) i el grup de control (C), expressats en mostra de dones. Valors P: molt significatiu***, significatiu**, prob. significatiu*, no significatiu (ns).

Tabla 2. Se presentan los valores correspondientes a la diferencia entre los perfiles de salto de los gimnastas (G) y el grupo control (C), expresados en %. Muestra de mujeres. Valores P: muy significativo***, significativo**, probablemente significativo*, no significativo (ns).

Homes % Gim. grup control	Mostra	Alevín-Infantil	Juvenil	Junior	Senior
CC	2,57ns	0,68 ns	-1,22 ns	0,81 ns	5,43**
CRS	-0,85 ns	-2,82*	12,21***	-8,24**	-0,31 ns
CEB	11,98***	7,34***	11,31***	14,04***	13,41***
CR	-13,26***	-3,85**	-22,3***	-6,60**	-18,53***
Global	-6,13**	-16,93***	-14,95***	-31,09***	-3,66*

Taula 3. Es presenten els valors corresponents a la diferència entre els perfils de salt dels gimnastes (G) i el grup de control (C), expressats en mostra d'homes. Valors P: molt significatiu***, significatiu**, prob. significatiu*, no significatiu (ns).

Tabla 3. Se presentan los valores correspondientes a la diferencia entre los perfiles de salto de los gimnastas (G) y el grupo control (C), expresados en %. Muestra de hombres. Valores P: muy significativo***, significativo**, probablemente significativo*, no significativo (ns).

VC de la prova de la força reactiva ($R=0,36/-0,33$; $P>0,0001$). Hi ha una correlació molt significativa entre els temps de vol de SJ i la resta de les proves ($R>0,7$; $P<0,0001$). Observem una correlació decreixent entre l'estatura de les persones i els temps de vol del SJ, a mesura que augmenta la sobrecàrrega (Taula 4). La millor correlació entre SJ i el coef. VC del Drop es verifica amb la màxima càrrega (SJ100) i la màxima altura de caiguda (1 m) en Drop ($R=0,48$; $P<0,0001$). Amb tot, la màxima correlació entre SJ i Drop s'observa amb sobrecàrrega nul·la per a SJ i 80 cm de caiguda ($R=0,83$; $P<0,0001$).

En la prova de força reactiva (FR5) només observem una correlació significativa ($R=0,58$; $P<0,0001$) entre el coef. VC i la potència de salt (FRW5). La correlació entre els valors de FR5 i SJ disminueix a mesura que augmenta la sobrecàrrega (Taula 5). La correlació entre la potència de salt (FRW5) i el coef. VC en el Drop s'incrementa en augmentar l'altura de caiguda (Taula 6).

jó varias correlaciones significativas. Tanto el peso como la talla se correlacionan negativamente con el coef. VC de la prueba de fuerza reactiva ($R=0,36/-0,33$; $P<0,0001$). Existe una correlación muy significativa entre los tiempos de vuelo de SJ y el resto de las pruebas ($R>0,7$; $P<0,0001$). Se observa una correlación decreciente entre la estatura de los sujetos y los tiempos de vuelo del SJ, a medida que aumenta la sobrecarga (Tabla 4). La mejor correlación entre SJ y el coef. VC del Drop se verifica con la máxima carga (SJ100) y la máxima altura de caída (1 m) en Drop ($R=0,48$; $P<0,0001$). Sin embargo, la máxima correlación entre SJ y Drop se observa con sobrecarga nula para SJ y 80 cm de caída ($R=0,83$; $P<0,0001$).

En la prueba de fuerza reactiva (FR5) sólo se observa una correlación significativa ($R=0,58$; $P<0,0001$) entre el coef. VC y la potencia de salto (FRW5). La correlación entre los valores de FR5 y SJ disminuye a medida que aumenta la sobrecarga (Tabla 5). La correlación entre la potencia de salto

	SJ	SJ25	SJ50	SJ75	SJ00
Estatura (cm)	$R = 0,33$ $P \leq 0,0001$	$R = 0,24$ $P = 0,001$	$R = 0,23$ $P = 0,003$	$R = 0,18$ $P = 0,02$ (ns)	$R = 0,10$ $P = 0,17$ (ns)

Taula 4. Decrement de la correlació a mesura que augmenta la sobrecàrrega (respecte al pes corporal) en les proves d"Squat Jump (SJ).

Tabla 4. Decremento de la correlación a medida que aumenta la sobrecarga (% respecto al peso corporal) en las pruebas de Squat Jump (SJ).

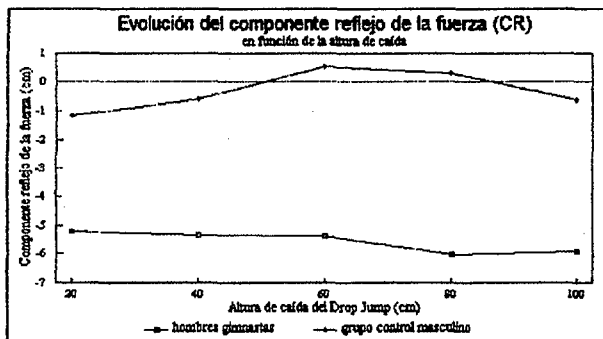


Figura 2. Estimació de la força-velocitat en funció de la sobrecàrrega en SJ (%) i pes corporal en gimnastes.

Figura 2. Estimación de la fuerza-velocidad en función de la sobrecarga en SJ (%) y peso corporal en gimnastas.

En la prova de Drop, la màxima correlació s'observa entre el TV i la potència de salt a 1 m de caiguda ($R=0,69$; $P<0,0001$). El TV del drop a 40 cm d'altura és el que té la major correlació amb SJ, ABK i FR5, ordenats de més a menys ($R>0,82$; $P<0,0001$).

Discussió

En general, la relació entre els diferents paràmetres utilitzats per a valorar les diverses expressions de la força de salt és escassa. Un individu pot elevar-se molt ($\uparrow TV$) a compte d'un temps d'impuls elevat ($\uparrow TC$), de tal manera que el cocient entre tots dos paràmetres (coef. VC) serà baix. Alguna cosa semblant passa en la relació entre TV i la potència de salt.

En la prova SJ s'obtenen diferències significatives a favor dels gimnastes, en incrementar-se la sobrecàrrega. Els gimnastes presenten un TV en funció de la sobrecàrrega que tendeix a la línia recta (Figura 2), situació que Tihany considera com indicativa d'una bona relació força-velocitat (força ràpida).²³ El concepte de desenvolupament de la força ràpida implica que sempre hi ha una activació

(FRW5) y el coef. VC en el Drop se incrementa al aumentar la altura de caída (Tabla 6).

En la prueba de Drop, la máxima correlación se observa entre el TV y la potencia de salto a 1 m de caída ($R=0,69$; $P<0,0001$). El TV del Drop a 40 cm de altura es el que tiene la mayor correlación con SJ, ABK y FR5, ordenados de más a menos ($R>0,82$; $P<0,0001$).

Discusión

En general, la relación entre los diferentes parámetros utilizados para valorar las distintas expresiones de la fuerza de salto es escasa. Un sujeto puede elevarse mucho ($\uparrow TV$) a expensas de un tiempo de impulsión elevado ($\uparrow TV$), de tal forma que el coeficiente entre ambos parámetros (coef. VC) será bajo. Algo similar ocurre en la relación entre TV y la potencia de salto.

En la prueba SJ se obtienen diferencias significativas a favor de los gimnastas al incrementarse la sobrecarga. Los gimnastas presentan un TV en función de la sobrecarga que tiende a la línea recta (Figura 2), situación que Tihany considera como indicativo de una buena relación fuerza-velocidad (fuerza rápida).²³ El concepto de desarrollo de la fuerza rápida implica que hay siempre una activación prioritaria de las fibras rápidas.^{11, 12, 22, 25} Los valores registrados en SJ fueron inferiores a los obtenidos en numerosas modalidades deportivas y coinciden con los resultados de otros autores.¹² Vitori²⁵ defiende que existe una estrecha relación entre la velocidad máxima de carrera y la altura del salto en SJ, y que dicha correlación se verifica sobre todo en los primeros 15-20 m; según su tabla comparativa entre ambas pruebas, los gimnastas están muy por debajo ($x=35,59\pm 5,82$ cm) de los valores exigidos a velocistas de alto nivel (45-58 cm). De todas formas, los mejores acróbatas, con saltos de 40-46 cm, sí estarían al nivel de los velocistas de nivel internacional medio (Tabla 7).

En gimnasia, el salto en suelo y potro casi siempre viene precedido de un movimiento anterior o de un antesalto. Las pruebas que más se ajustan a esta situación son las de Drop Jump (DJ), donde el

	SJ	SJ25	SJ50	SJ75	SJ00
Estatura (cm)	$R = 0,33$ $P \leq 0,0001$	$R = 0,24$ $P = 0,001$	$R = 0,23$ $P = 0,003$	$R = 0,18$ $P = 0,02$ (ns)	$R = 0,10$ $P = 0,17$ (ns)

Taula 5. Disminució de la correlació entre el Temps de vol (TV) de la prova de Força Reactiva (FR) i els d'Squat Jump (SJ) a mesura que augmenta la sobrecàrrega (respecte al pes corporal).

Tabla 5. Disminución de la correlación entre el Tiempo de vuelo (TV) de la prueba de Fuerza Reactiva (FR) y los de Squat Jump (SJ) a medida que aumenta la sobrecarga (% respecto al peso corporal).

	VCBDJ20	VCBDJ40	VCBDJ60	VCBDJ80	VCBDJ1M
FRW5	R = 0,68	R = 0,69	R = 0,62	R = 0,71	R = 0,76
P < 0,0001					

Taula 6. Augment de la correlació entre la potència de salt en la prova de Força Reactiva (FR) amb el coef. VC del Best Drop Jump (BDJ) a mesura que augmenta l'altura de caiguda.

Tabla 6. Aumento de la correlación entre la potencia de salto en la prueba de Fuerza Reactiva (FR) con el coef. VC el Best Drop Jump (BDJ) a medida que aumenta la altura de caída.

Prestació 100m llisos (s)	Prestació SJ (cm)
10,60-10,40	40-45
10,40-10,20	45-52
10,20-10,00	52-58

Taula 7. Comparació entre temps de 100 m llisos i l'altura del salt en 80. Segons Vittori (27).

Tabla 7. Comparación entre el tiempo de 100 m lisos y la altura del salto en 80. Según Vittori (27).

prioritària de les fibres ràpides.^{11, 12, 22, 25} Els valors registrats en SJ van ser inferiors als obtinguts en nombroses modalitats esportives i coincideixen amb els resultats d'altres autors.¹² Vittori²⁵ defensa que hi ha una relació estreta entre la velocitat màxima de carrera i altura del salt en SJ, i que l'esmentada correlació és verificada sobretot en els primers 15-20 m; segons la seva taula comparativa entre les dues proves, els gimnastes estan molt per sota ($x=35,59\pm 5,82$ cm) dels valors exigits a corredors d'alt nivell (45-58 cm). De totes maneres, els millors acrobates, amb salts de 40-46 cm, sí que estarien al nivell dels corredors de nivell internacional mig. (Taula 7).

En gimnàstica, el salt a terra i a cavall, gairebé el precedeix un moviment anterior o un avantsalt. Les proves més ajustades a aquesta situació són les de Drop Jump (DJ), en les quals el grup muscular més sol·licitat és el dels extensors del genoll,^{1, 4, 5, 16, 24} i la Força Reactiva (FR5), en què intervé més la musculatura extensora del turmell i del peu. En resum, la participació de cada una de les manifestacions de la força de salt va ser la següent:

– **El component contràctil (CC)** és una mica inferior en els gimnastes amb millors prestacions que en altres esportistes especialistes en modalitats de salt.^{12, 25}

grupo muscular más solicitado es el de los extensores de la rodilla,^{1, 4, 5, 16, 2} y la Fuerza Reactiva (FR5), donde interviene más la musculatura extensora del tobillo y pie. En resumen, la participación de cada una de las manifestaciones de la fuerza de salto fue la siguiente:

- **El componente contráctil (CC)** es algo inferior en los gimnastas con mejores prestaciones que en otros deportistas especialistas en modalidades de salto.^{12, 25}
- **El componente de reclutamiento y sincronización de fibras (CRS)** representa el mayor porcentaje de participación en el salto.
- **El componente reflejo** (estimado como DJ - ABK = CR) no parece estimular en mayor medida que mediante el preestiramiento forzado al máximo del DJ, en los gimnastas. Dicha afirmación se basa en la obtención de valores negativos para CR.
- **El componente elástico y de utilización de brazos (CEB)**, en cambio, se manifiesta de forma claramente superior con respecto a otras modalidades deportivas.

Tal como hemos visto, los valores del coef. VC de las gimnastas en la prueba de fuerza reactiva (FR5) son muy superiores a los del grupo control. Dicho hallazgo puede explicarse por una activación preferente en los gimnastas de la musculatura extensora

- **El component de reclutament i sincronització de fibres (CRS)** representa el major percentatge de participació en el salt.
- **El component reflex** (estimat $cm DJ-ABK=CR$) no sembla estimular més que no ho fa el preestirament forçat al màxim del DJ, en els gimnastes. Aquesta afirmació es basa en l'obtenció de valors negatius per a CR.
- **El component elàstic i d'utilització de braços (CEB)**, en canvi, es manifesta d'una manera clarament superior amb respecte a altres modalitats esportives.

Tal com hem anat veient, els valors del coef. VC de les gimnastes en la prova de força reactiva (FR5) són molt superiors als del grup de control. Aquesta troballa pot explicar-se per una activació preferent en els gimnastes de la musculatura extensora dels turmells respecte a la dels extensors del genoll -masses musculars més pesades-. Aquesta diferència no és tan evident en els homes. Una altra hipòtesi quedaria plantejada per l'evidència de la major força màxima en els homes i la menor relació força-pes (força relativa) en les dones. Perquè l'índex de força muscular relativa² es mantingui a nivells òptims, el ratio del diàmetre de fibres FTII respecte a FTI (ϕ_{II}/ϕ_I) ha de mantenir-se elevat. En paraules de Fukunaga: la força (relativa) creix més que la superfície fisiològica (citada a 17).

Segons resultats obtinguts amb jugadors de handbol internacionals,¹² els gimnastes de categoria senior,³ van obtenir salts (DJ) superiors en tots els casos (Taula 8). Aquesta comparació posa de manifest la gran capacitat de manifestació de la força en condicions de salt pliomètriques dels gimnastes.

Ja que les fibres ràpides tenen un temps de contracció de gairebé la meitat respecte de les fibres lentes,²³ és lògic pensar que les primeres tenen un

de los tobillos respecto de los extensores de la rodilla -masas musculares más pesadas-. Dicha diferencia no es tan evidente en los hombres. Otra hipótesis se plantearía por la evidencia de la mayor fuerza máxima en los hombres y la menor relación fuerza-pesos (fuerza-relativa) en las mujeres. Para que el índice de fuerza muscular relativa² se mantenga a niveles óptimos, el ratio del diámetro de fibras FTII respecto a FTI (ϕ_{II}/ϕ_I) debe mantenerse elevado. En palabras de Fukunaga: la fuerza (relativa) crece más que la superficie fisiológica (citado en 17).

Según resultados obtenidos con jugadores de balonmano internacionales,¹² los gimnastas, de categoría senior³ obtuvieron saltos (DJ) superiores en todos los casos (Tabla 8). Dicha comparación pone de manifiesto la gran capacidad de manifestación de la fuerza en condiciones de salto pliométricas de los gimnastas.

Ya que las fibras rápidas tienen un tiempo de contracción de casi la mitad respecto de las fibras lentas,²³ es lógico pensar que las primeras juegan un papel primordial a la hora de conseguir buenas prestaciones en el salto, considerado como movimiento balístico ejecutado mediante la máxima capacidad contráctil.²² De las fibras FT, será importante reclutar sobre todo las del tipo II, ya que son las que realizan el trabajo principal en el salto.^{6,17} Según Tihany²³ en el DJ pueden darse varias situaciones:

1. Con una proporción entre fibras FT/ST del 50%: si el tiempo de contacto (TC) tiende a mantenerse al aumentar la altura de caída, y el tiempo de vuelo (TV) también aumenta, la acumulación y recuperación de la energía se realiza mediante la contracción de las fibras fásicas (rápidas). Si TC se alarga y TV se mantiene casi constante, se recupera sobre todo energía de las fibras lentas.

DJ (cm)	Handbol Finlàndia	Handbol URSS	Gimnàstica (estudi present)
20	39,8 ± 4,7	38,0 ± 5,7	45,7 ± 5,3
40	41,4 ± 3,9	42,4 ± 4,6	45,2 ± 4,8
60	40,7 ± 5,1	41,78 ± 3,9	44,3 ± 4,7
80	38,5 ± 5,6	42,2 ± 4,8	43,3 ± 4,5
100	37,6 ± 4,9	40,9 ± 4,7	43,6 ± 6,8

Taula 8. Comparació de l'altura dels salts (cm) entre 2 equips masculins de handbol (12) i el nostre grup de gimnastes en cada altura de caiguda del Drop Jump.

Tabla 8. Comparación de la altura de los saltos (cm) entre 2 equipos masculinos de handbol (12) y nuestro grupo de gimnastas en cada altura de caída del Drop Jump.

	H. per defecte	H. òptima	H. per excés
Homes Gim.	40	60	80
Dones Gim.	20	40	60
Homes Control	40	60	80
Dones Control	0	20	40

Taula 9. Altura de caiguda recomanada (cm) en el Dropper activar les fibres FT en cada subgrup del nostre estudi.

Tabla 9. Altura de caída recomendada (cm) en el Dropper activar las fibras FT en cada subgrupo de nuestro estudio.

paper primordial a l'hora d'aconseguir bones prestacions en el salt, considerat com moviment balístic executat per mitjà de la màxima capacitat contràctil.²² De les fibres FT, serà important de reclutar sobretot les del tipus II, ja que són les que realitzen el treball principal en el salt.^{6,17} Segons Thany²³ en el DJ poden presentar-se diverses situacions:

1. Amb una proporció entre fibres FT/ST del 50%: si el temps de contacte (TC) tendeix a mantenir-se en augmentar l'altura de caiguda, i el temps de vol (TV) també augmenta, l'acumulació i recuperació de l'energia es realitza mitjançant la contracció de les fibres fàssiques (ràpides). Si TC s'allarga i TV es manté gairebé constant, es recupera sobretot energia de les fibres lentes.
2. Si la proporció de fibres FT és major (>50%): TC augmenta ràpidament amb l'altura de caiguda i comporta una disminució de TV.
3. Si el percentatge de fibres FT és menor (<50%): TC augmenta ràpidament amb l'altura de caiguda, però TV augmenta només fins a un cert nivell.

L'altura de caiguda ha de ser òptima –depenent de la composició de fibres– perquè un tipus determinat de fibres pugui treballar amb la major eficàcia. Si hom escull una altura de caiguda excessiva, queda inhibida l'activitat de determinades unitats motores,⁴ augmentant el temps d'acoplament (fase concèntrica ralentida) mentre la tensió muscular queda reduïda espontàniament.²³ En els gimnastes, l'augment de l'altura de caiguda de 20 a 40 cm, fa disminuir el TC, mentre que en el grup control l'augment del TC és continu des de la primera altura. Aquest fenomen és més accentuat en els homes –tot i que va acompanyat d'un augment del TV– que en les dones. A més altura, augmenta el TV en les gimnastes, però al preu d'un augment proporcionalment major del TC. Vist això, en la Taula 9 és proposada un model d'altura de caiguda per a cada subgrup, amb la finalitat d'assolir l'òptim rendiment i l'òptim desenvolupament pliomètric de les fibres ràpides.

2. Si la proporció de fibres FT es mayor (>50%): TC aumenta rápidamente con la altura de caída y conlleva una disminución de TV.
3. Si el porcentaje de fibras FT es menor (<50%): TC aumenta rápidamente con la altura de caída, pero TV aumenta sólo hasta un cierto nivel.

La altura de caída ha de ser òptima –dependiendo de la composición de las fibras– para que un tipo determinado de fibras pueda trabajar con la mayor eficacia. Si se escoge una altura de caída excesiva, se inhibe la actividad de determinadas unidades motoras,⁴ aumentando el tiempo de acoplamiento (fase concèntrica ralentizada) mientras la tensión muscular se reduce espontáneamente.²³ En los gimnastas, el aumento de la altura de caída de 20 a 40 cm, hace disminuir el TC, mientras que en el grupo control el aumento del TC es continuo desde la primera altura. Este fenómeno es mucho más pronunciado en los hombres –aunque acompañado de un aumento del TV– que en las mujeres, la elevación de la caída aumenta el TV en las gimnastas, pero a costa de un aumento proporcionalmente mayor del TC. Visto lo anterior, en la Tabla 9 se propone un modelo de altura de caída para cada subgrupo, con objeto de optimizar el rendimiento y desarrollo pliométrico de las fibras rápidas.

Conclusiones

1. La relación entre los diferentes parámetros utilizados para valorar las distintas expresiones de la fuerza de salto –TV, TC, coef. VG, potencia de salto en w/Kg– es escasa.
2. Los gimnastas presentan un TV en función de la sobrecarga que tiende a la línea recta, lo que indica una buena relación fuerza-velocidad.
3. El componente reflejo (estimado como DJ - ABK = CR) no parece estimular en mayor medida que mediante el preestiramiento forzado al máximo del

Conclusions

1. La relació entre els diferents paràmetres utilitzats per a valorar les diverses expressions de la força de salt -TV, TC coef. VC, potencia de salt en w/Kg- és escassa.
2. Els gimnastes presenten un TV en funció de la sobrecàrrega que tendeix la línia recta, cosa que indica una bona relació força-velocitat.
3. El component reflex (estimat com DJ-ABK=CR) no sembla estimular en major mesura que mitjançant el preestirament forçat al màxim del DJ, en els gimnastes. Aquesta afirmació és fonamentada en l'obtenció de valors negatius per a CR.
4. Els valors del coef. VC dels gimnastes en la prova de Força Reactiva són molt superiors als del grup de control. Hi ha, doncs, una activació preferent de la musculatura extensora dels turmells i peus per part dels gimnastes.
5. Hom observa una gran manifestació de la força en condicions pliométriques de salt dels gimnastes, destacant els elevats coef. VC i valors de potència de salt en w/Kg.
6. Hom proposa unes altures de caiguda idònies en Drop Jump, per a reclutar les fibres FT, per a cadascun dels subgrups estudiats.

NOTES PEU DE PÀGINA

²
$$\text{índice de Fuerza Relativa} = \frac{w/\text{kg (en la prueba FR5)}}{\text{pes corporal}}$$

³ Els gimnastes junior van obtenir millors prestacions, però vam voler comparar persones d'edats semblants.

DJ, en los gimnastas. Dicha afirmación se basa en la obtención de valores negativos para CR.

4. Los valores del coef. VC de los gimnastas en la prueba de Fuerza Reactiva son muy superiores a los del grupo control. Existe, pues, una activación preferente de la musculatura extensora de los tobillos y pies por parte de los gimnastas.
5. Se observa una gran manifestación de la fuerza en condiciones pliométricas de salto de los gimnastas, destacando los elevados coef. VC y valores de potencia de salto en w/Kg.
6. Se propone unas alturas de caída idóneas en Drop Jump, para reclutar las fibras FT, para cada uno de los subgrupos estudiados.

NOTAS PIE DE PÁGINA

²
$$\text{índice de Fuerza Relativa} = \frac{w/\text{kg (en la prueba FR5)}}{\text{peso corporal}}$$

³ Los gimnastas junior obtuvieron mejores prestaciones, pero quisimos comparar sujetos de edades semejantes.

Bibliografia

1. BAUMANN, W.: Aspectos biomecánicos del entrenamiento de la fuerza de salto. En: Ed. CAR/R.F.E.A., Fuerza y Capacidad de Salto vol. 1. San Cugat del Vallès, 1985 (Traducido por VÉLEZ, M. y col., 1990).
2. BIIURLE, M.: Concepto básico del entrenamiento de salto. En: Ed. CAR/R.F.E.A., Fuerza y Capacidad de Salto vol. 1. Sant Cugat del Vallès, 1985 (Traducido por VÉLEZ, M. y col., 1990).
3. BOSCO, C.; KOMI, P.V.: Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle through prestretching. *Acta Physiologica Scandinavica* 106: 467-472, 1979.
4. BOSCO, C.; KOMI, P.V.; ITO, A.: Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiologica Scandinavica* 111: 135-140, 1981.

5. BOSCO, C.; KOMI, P.V.; PULLI, M.; PITTEA, C.; MONTONEV, H.: Considerations of the training of the elastic potencial of the human skeletal muscle. *Volleybal* (2): 22-30, 1982.
6. BOSCO, C.; TIHANYI, J.; KOMI, P.V.; FEKETE, G.; APOR, P.: Storage and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscles. *Acta Physiologica Scandinavica* 116: 343-349, 1982.
7. BOSCO, C.; VIITASOLO, J.T.; KOMI, P.V.; LUTHANEN, P.: Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* 114: 557-565, 1982.
8. BOSCO, C.; LUHTANEN, P.; KOMI, P.V.: A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur. J. Appl. Physiol.* 50: 273-282, 1983.
9. BOSCO, C.; MOGNONI, P.; LUHTANEN, P.: Relationship between isokinetic performance and ballistic movement. *Eur. J. Appl. Physiol.* 51: 357-356, 1983.
10. BOSCO, C.: Elasticità muscolare e forza esplosiva nelle attività fisico-esporsive. Roma: Società Stampa Sportiva, 1985.
11. COMETTI, G.: Bases Científicas de la Musculación Moderna. *Revista Entrenamiento Deportivo (RED)* vol. 1, nº 6: 2-8. Barcelona, 1987.
12. COSMETTI, G.: La Pliometría U.F.R. Staps de Dijon. (Resumen del coloquio de febrero de 1988).
13. GALILEA, P.A.; PONS, V.; DROBNIC, F.; BANQUELLS, M. ; RODRÍGUEZ, F.A.: Valoración de la Fuerza muscular. Seminario de Biomedicina del deporte. Madrid: COE, 1990.
14. HAUPMANN, M.; HARRE, D.: El Entrenamiento de la Fuerza Máxima. *Revista Entrenamiento Deportivo (RED)* vol. 1, nº 2: 12-18. Barcelona, 1987.
15. HERNÁNDEZ CORVO, R.: Morfología funcional deportiva. Barcelona: Ed. Paidotribo, 1989.
16. LOCATELLI, E.: La fuerza. En: Ed. C.A.R./R.F.E.A., Fuerza y Capacidad de Salto vol. 1 Sant Cugat del Vallès, 1990. (Traducido por VÉLEZ, M. y col., 1990).
17. MARTÍN ACERO, R.: La fuerza Relativa. *Revista Entrenamiento Deportivo (RED)* vol, 1, nº 4-5: 70-79. Barcelona, 1987.
18. RIERA, J; RODRÍGUEZ, F.A.: A comparison between two methods of measuring dynamic strength of the leg extensors: isokinetic dynamometry and vertical jump testing. Proceedings Second IOC World Congress on Sport Sciences. International Olympic Committee. Barcelona: COOB'S, 1991. 268-269.
19. RAMEY, M.R.: Biomechanics of the long jump and triple jump. In: Juris Teraud. Academic Publishers, *Biomechanics in Sports*. Del Mar, 251-265, California, 1982.
20. RODRÍGUEZ, F.A.; ARAGONÉS, M.T.: Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico. En: González, J. (ed.), *Fisiología de la actividad física y del deporte*. Madrid: Interamericana/McGraw-Hill, 1992. 237-278.
21. SAIBENE, F.; BRUNO, R.; CORTILI, G.: Fisiología e Psicología degli Sport. Milan: Edizione Scientifiche e Tecniche Mondadori, 1986. 126-163.
22. SCHMIDTBLEICHER, D.: Aspectos neurofisiológicos de la fuerza de salto, 1985. San Cugat del Vallès: C.A.R./R.F.E.A. (Traducido por VÉLEZ, M. y col., 1990).
23. TIHANY, J.: Fisiología y Mecánica de la Fuerza. *Revista Entrenamiento Deportivo (RED)* vol. 3, nº 2: 2-10. Barcelona, 1989.
24. VÉLEZ, M.: El Entrenamiento de la Fuerza para mejorar el Salto. *Apunts Medicina de l'Esport* nº 112: 139-156. Barcelona, 1992.
25. VITTORI, C.: El Entrenamiento de la Fuerza para el Sprint. *Revista Entrenamiento Deportivo (RED)* vol. 4, nº 3: 2-8. Barcelona, 1990.