Apunts Med Esport. 2010;**45(168)**:235-242

apunts
MEDICINA DE L'ESPORT
www.apunts.org



ORIGINAL

Control de la flexibilitat en joves gimnastes de competició mitjançant el mètode trigonomètric: un any de seguiment

Alfredo Irurtia[a,*], Albert Busquets[a], Marta Carrasco[b], Blai Ferrer[a] i Michel Marina[a]

[a]*Departament de Rendiment Esportiu de l'Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Centre adscrit a la Universitat de Barcelona, Barcelona, Espanya*
[b]*Unitat d'Esport i Salut, Centre Mèdic d'Esplugues de Llobregat, Consell Català de l'Esport, Esplugues de Llobregat, Barcelona, Espanya*

Rebut el 3 de març de 2010; acceptat l'11 de maig de 2010

PARAULES CLAU
Rang de moviment;
Estudi longitudinal;
Entrenament;
Antropometria;
Prova de camp

Resum
Introducció i objectius: Caracteritzar l'evolució de la flexibilitat al llarg d'una temporada esportiva en un grup de 15 joves gimnastes masculins.
Mètodes. La temporada es va dividir en tres períodes: general, específic i competitiu. Es van agrupar les proves segons: a) extremitats inferiors (espagat lateral i frontal, elevació lateral i frontal de la cama); b) extremitats superiors (gir d'espatlles amb bastó en anteversió i retroversió); c) proves multiarticulars (pont dorsal i flexió de tronc assegut). Es van mesurar una sèrie de distàncies lineals i de dades antropomètriques que es van introduir en la formulació trigonomètrica per al càlcul indirecte de cadascun dels angles articulars.
Resultats: Mentre que el rang de moviment passiu de les extremitats inferiors va millorar entre els dos últims períodes de la temporada, no va ser el cas de la manifestació activa en cap moment de la temporada. L'extensió de l'espatlla va millorar ràpidament i progressivament en el transcurs de la temporada. La flexió, en canvi, únicament ho va fer entre els dos primers períodes. La flexió de tronc assegut va empitjorar el seu rang de moviment durant el període competitiu. El pont dorsal no va mostrar modificacions significatives durant la temporada.
Conclusions: La flexibilitat evoluciona durant la temporada d'acord a diferents ritmes d'adaptació, en funció de la regió anatòmica analitzada (extremitats superiors, inferiors o proves multiarticulars) i de la manifestació de la flexibilitat desenvolupada (passiva o activa).
© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L. Tots els drets reservats.

*Autor per a correspondència.
Correu electrònic: airurtia@gencat.cat (A. Irurtia).

1886-6581/$ - see front matter © 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L. Tots els drets reservats.

KEYWORDS
Range of motion;
Longitudinal study;
Training;
Anthropometry;
Field tes

Flexibility resting in young competing gymnasts using a trigonometric method: one-year follow-up

Abstract
Introduction and objectives: The aim of the present study was to characterise the evolution of flexibility during a complete gymnastics season in a group of 15 young male gymnasts.
Methods: The gymnastics season was divided into three periods: general, specific and competitive. Tests were grouped according to: a) lower limbs (side and front splits, side and front leg raises), b) upper limbs (shoulder dislocation with a stick: anteversion and retroversion), and c) multi-joint testing (back bridge and adapted sit and reach test). A series of linear distances and anthropometric measures were introduced into the trigonometric formulae for indirect estimation of joint angles.
Results: While the passive range of motion of the lower limbs improved between the last two periods of the season, active expression did not do so at any time during the season. The extension of the shoulder quickly and progressively improved throughout the season. However, the flexion of the shoulder only occurred in the first two periods. The adapted sit and reach test worsened the range of motion during the competitive period. The back bridge showed no significant changes throughout the season.
Conclusions: Flexibility progresses throughout the gymnastics season, based on different rates of adaptation, depending on the anatomical region analysed (lower limbs, upper limbs, or multi-joint testing) and the expression of flexibility developed (passive or active).
© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducció

Des de la perspectiva del rendiment esportiu, la flexibilitat es defineix com la capacitat intrínseca dels teixits corporals que determina el màxim rang de mobilitat articular sense arribar a la lesió[1]. El màxim rang de moviment (ROM) sol aconseguir-se d'una manera passiva, mitjançant l'acció de forces externes a l'individu com la gravetat, l'assistència d'una altra persona o l'acció d'un aparell. També pot aconseguir-se activament, mitjançant l'acció muscular de l'individu[2].

La importància de la flexibilitat en la planificació de l'entrenament, tant en la seva manifestació passiva com activa, depèn de les característiques pròpies de cada disciplina esportiva. En el cas de la gimnàstica artística masculina (GAM), el grau de perfecció tècnica i artística que aconsegueix cada gimnasta està altament condicionat pel ROM que és capaç de desenvolupar en l'execució de les habilitats tècniques[3]. De fet, el *Codi de puntuació* de la Federació Internacional de Gimnàstica[4], que regula les bases normatives de la competició de gimnàstica, assenyala les característiques que han de tenir aquestes habilitats, tot penalitzant-les o no en funció del nivell d'execució. Amb tot, les articulacions dels gimnastes estan sotmeses a exigències que impliquen accions dinàmiques a elevades velocitats d'execució amb rangs de mobilitat articular igualment elevats, i posicions estàtiques que exigeixen valors elevats de força màxima amb rangs articulars submàxims[5].

El desenvolupament d'una planificació esportiva a mitjà termini (de 3 mesos a 1 any) i llarg termini (d'1 a 4 anys) es fa en funció de les competicions i el ritme d'adaptació de les diverses capacitats entrenades[6]. A causa de l'escàs nombre de competicions i a l'ampli interval de temps entre cadascuna d'aquestes, els entrenadors de GAM solen aplicar el model clàssic de planificació esportiva, que divideix la temporada en període preparatori general, període preparatori específic i període competitiu[7]. Durant el període preparatori general, hi predomina el desenvolupament de la flexibilitat passiva mitjançant la realització d'exercicis de caràcter general. A mesura que avança la temporada (període preparatori específic), s'incrementa la manifestació activa de la flexibilitat, amb blocs de treball específics en què s'inclouen exercicis que els gimnastes fan en les seves rutines competitives. Finalment, durant el període competitiu no es desenvolupa cap treball específic de flexibilitat, més enllà del que manifesta el gimnasta en les seves rutines de competició.

Amb tot, i malgrat la importància de la flexibilitat en el rendiment esportiu dels gimnastes, el ritme d'adaptació d'aquesta capacitat física no sol condicionar les diverses propostes de planificació de l'entrenament en GAM. De fet, l'existència de valors normatius de flexibilitat en gimnastes és certament escassa, tant en estudis de disseny transversal[8-10] com longitudinal[11]. A més, altres factors metodològics propis de la valoració de la flexibilitat interfereixen en la possible generalització dels seus ritmes d'adaptació. Diversos estudis[8,10] utilitzen unitats de mesura lineals (centímetres o mil·límetres), mentre que la mesura correcta d'un arc de moviment ha de ser circular (graus o radians). Els mesuraments lineals solen veure's compromesos per la influència dels paràmetres antropomètrics de l'individu[11-14]. La utilització de proves objectives i vàlides d'origen mèdic

en contextos esportius no sol ser suficient, especialment en la valoració de la flexibilitat activa[15-17].

En aquest context, diversos autors han proposat la utilització de fórmules trigonomètriques per calcular l'angle del ROM[12-14,18]. En aquestes equacions, s'hi utilitzen una sèrie de distàncies lineals aconseguides en el moviment i de valors antropomètrics dels segments mobilitzats. El càlcul de la flexibilitat amb el mètode trigonomètric permet l'estandardització dels resultats en mesures circulars no influenciades pels paràmetres antropomètrics, i així pot ser utilitzat tant en la valoració de la flexibilitat passiva com activa.

El coneixement del ritme d'adaptació de la flexibilitat demana un seguiment longitudinal. Mentre que les millores d'altres capacitats físiques, com per exemple la força muscular, han estat constatades al llarg d'una temporada en GAM[19], no es té constància que s'hagi fet el mateix en relació amb la flexibilitat. Els escassos estudis relacionats[20], així com la utilització de metodologies no adequades[8-10], plantegen la necessitat d'abordar-ne l'estudi, tot ajustant-se a les necessitats esportives d'aquesta especialitat. L'objectiu principal d'aquesta recerca va ser caracteritzar l'evolució de la flexibilitat d'un grup de joves gimnastes masculins al llarg d'una temporada utilitzant el mètode trigonomètric. A partir de l'experiència dels entrenadors, es va plantejar la hipòtesi que aquesta capacitat hauria de millorar progressivament entre cadascun dels períodes de la temporada.

Mètodes

Es va valorar la flexibilitat de 15 gimnastes masculins d'una edat d'11,4±1,1 anys a l'inici de l'estudi. Els gimnastes van ser seleccionats del Pla nacional de tecnificació esportiva de la Reial Federació Espanyola de Gimnàstica. Tots els participants estaven sans i sense lesions. Prèviament a la realització de l'estudi, els tutors legals de cada gimnasta van donar el consentiment per participar en la investigació mitjançant un permís per escrit. L'estudi va ser aprovat pel Comitè d'Ètica d'Investigacions Clíniques de l'Administració Esportiva de Catalunya i durant la seva implementació es van respectar els principis ètics per a la investigació biomèdica amb éssers humans, establerts en la Declaració d'Hèlsinki[21].

Es va fer un seguiment longitudinal tot al llarg d'una temporada, dividida en tres períodes de tres mesos de preparació: general (G), específic (E) i competitiu (C). En cadascun d'aquests es va establir una sessió de control amb una separació temporal aproximada de tres mesos. A l'inici de cada sessió de control es va fer un escalfament general estandarditzat (20 min), immediatament abans de l'inici de cadascuna de les proves, i tot seguit es van practicar individualment (5 min). Les proves utilitzades van ser seleccionades entre les múltiples bateries de condició física aplicades pels entrenadors en gimnàstica artística masculina[5,20,22,23]. Les proves es van agrupar en funció de la regió anatòmica analitzada: a) extremitats inferiors (espagat lateral, espagat frontal, elevació lateral de la cama i elevació frontal de la cama), b) extremitats superiors (gir d'espatlles amb bastó fent una anteversió i gir d'espatlles amb bastó fent una retroversió), c) proves multiarticulars (pont dorsal i flexió de tronc assegut). Els protocols seguits van ser:

- *Prova d'espagat lateral* (fig. 1A): en bidepestació, separar al màxim les extremitats inferiors en abducció i amb el tronc perpendicular a la línia del terra. La prova es va adaptar per a aquells gimnastes que van aconseguir els 180 graus (extremitats inferiors en contacte complet amb el terra), tot enlairant les cames i mantenint el pubis en contacte amb el terra[24,25].
- *Prova d'espagat frontal* (fig. 1B): en bidepestació, separar al màxim les extremitats inferiors, l'una en anteversió i l'altra en retroversió, i mantenint el tronc perpendicular a la línia del terra. La prova es va adaptar per a aquells gimnastes que van aconseguir els 180 graus (extremitats inferiors en contacte complet amb el terra), tot enlairant les cames i mantenint el pubis en contacte amb el terra[24,25].
- *Prova d'elevació lateral de la cama* (fig. 1C): en bidepestació i subjectant-se a una espatllera lateralment, enlairar al màxim una cama en abducció, i mantenint en tot moment el cos en el pla frontal. No es va permetre la flexió de maluc.
- *Prova d'elevació frontal de la cama* (fig. 1D): en bidepestació i subjectant-se a una espatllera lateralment, enlairar al màxim una cama en anteversió, i mantenint en tot moment el cos en el pla frontal. No es va permetre la flexió de maluc.
- *Prova de gir d'espatlles amb bastó fent una anteversió* (fig. 1E): subjectant amb ambdues mans un bastó a la part anterior del cos i amb els braços en rotació interna, dur el bastó a la part posterior del cos passant-lo per sobre del cap i amb la mínima distància entre les mans. El tronc s'havia de mantenir perpendicular al terra i mantenir el contacte del palmell de la mà amb el bastó durant el gir simultani de les espatlles.
- *Prova de gir d'espatlles amb bastó fent una retroversió* (fig. 1E): subjectant amb ambdues mans un bastó a la part posterior del cos i amb els braços en posició anatòmica, dur el bastó a la part anterior del cos per sobre del cap i amb la mínima distància entre les mans. El tronc s'havia de mantenir perpendicular al terra i mantenir el contacte del palmell de la mà amb el bastó durant el gir simultani de les espatlles.
- *Prova del pont dorsal* (fig. 1F): estirat en decúbit dorsal, flexionar els colzes col·locant el palmell de les mans al terra, aproximadament a l'altura del cap, i amb una distància entre aquestes igual a l'amplada d'espatlles. Simultàniament, flexionar els genolls col·locant la punta dels peus en contacte amb la paret. Des d'aquesta posició, elevar el cos sobre peus i mans amb la mínima distància possible entre aquests.
- *Prova de flexió de tronc assegut* (fig. 1G): assegut al terra amb el maluc en contacte amb una paret i les extremitats superiors estirades amb les mans superposades l'una damunt de l'altra, flexionar al màxim el tronc sobre les extremitats inferiors i aconseguir una distància màxima entre la punta dels dits de les mans i la paret.

La fiabilitat de totes les proves utilitzades en aquest estudi ha estat prèviament demostrada, tant en població no esportista[26] com també esportista[13]. El grau de fiabilitat en aquests últims oscil·la, en funció de cada test, entre r=0,91-

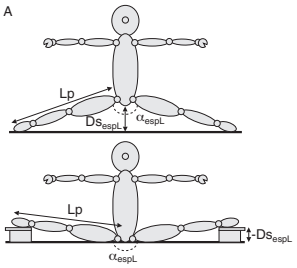
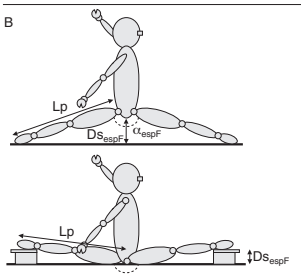
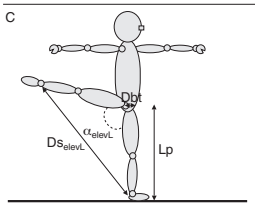
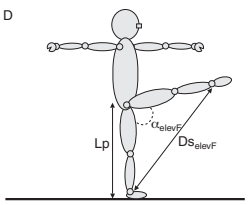
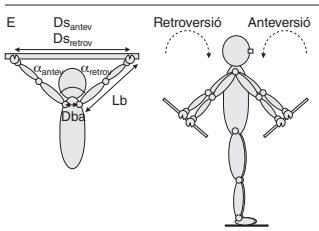
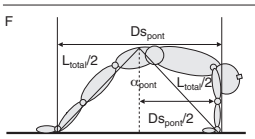
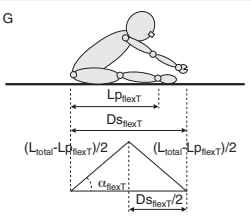
Esquema	Equació trigonomètrica	Paràmetres de l'equació trigonomètrica
A 	Espagat lateral ($a_{espL} \leq 180º$) α_{espL} = 2 arcos (Ds_{espL}/Lp) Microsoft Excel® = (2* (ACOS ((Ds_{espL}/Lp)))* 180/3,1416 Espagat lateral ($\alpha_{espL} > 180º$) α_{espL} = 2 arcos [(–1* Ds_{espL})/Lp] Microsoft Excel® = (2* (ACOS (–1* Ds_{espL})/Lp)))* 180/3,1416	α_{espL} (º) = Angle a l'espagat lateral Ds_{espL} (cm) = Distància de separació Lp (cm) = Longitud de l'extremitat inferior
B 	Espagat frontal ($a_{espF} \leq 180º$) α_{espF} = 2 arcos (Ds_{espF}/Lp) Microsoft Excel® = (2* (ACOS (Ds_{espF}/Lp)))* 180/3,1416 Espagat frontal ($\alpha_{espF} > 180º$) α_{espF} = 2 arcos [(–1* Ds_{espF})/Lp] Microsoft Excel® = (2* (ACOS ((–1* Ds_{espF})/Lp)))* 180/3,1416	α_{espF} (º) = Angle en l'espagat frontal Ds_{espF} (cm) = Distància de separació Lp (cm) = Longitud de l'extremitat inferior
C 	Elevació lateral de la cama α_{elevL} = 2 arcsen (Ds_{elevL}-Dbt/2 Lp) Microsoft Excel® = (2* ASIN ((Ds_{elevL}-Dbt)/(2* Lp)))* 180/3,1416	α_{elevL} (º) = Angle d'elevació lateral Ds_{elevL} (cm) = Distància de separació Dbt = Diàmetre bitrocanter Lp (cm) = Longitud de l'extremitat inferior
D 	Elevació frontal de la cama α_{elevF} = 2 arcsen (Ds_{elevF}/2 Lp) Microsoft Excel® = (2* ASIN (Ds_{elevF}/(2* Lp)))* 180/3,1416	α_{elevF} (º) = Angle d'elevació lateral Ds_{elevF} (cm) = Distància de separació Lp (cm) = Longitud de l'extremitat inferior
E 	Gir d'espatlles amb bastó (antev. i retrov.) α_{antev} = 2 arcsen [Ds_{antev}-Dba/(2 Lb)] α_{retrov} = 2 arcsen [Ds_{retrov}-Dba/(2 Lb)] Microsoft Excel® = 2* (ASIN ((Ds_{antev}-Dba)/(2* Lb)))* 180/3,1416 = 2* (ASIN ((Ds_{retrov}-Dba)/(2* Lb)))* 180/3,1416	α_{antev} (º) = Angle d'espatlles en anteversió α_{retrov} (º) = Angle d'espatlles en retroversió Ds_{antev} (cm) = Distància de separació Ds_{retrov} (cm) = Distància de separació Dba (cm) = Diàmetre biacromial Lb (cm) = Longitud de l'extremitat superior
F 	Pont dorsal α_{pont} = 2 arcsen (Ds_{pont}-L_{total}) Microsoft Excel® = 2* (ASIN (Ds_{pont}-L_{total})* 180/3,1416	α_{pont} (º) = Angle en el pont Ds_{pont} (cm) = Distància de separació L_{total} = Longitud total
G 	Flexió de tronc assegut α_{flexT} = 90 arcsen [(Ds_{flexT}/(L_{total}-Lp_{flexT})] Microsoft Excel® = 90 (ASIN ((Ds_{flexT})/(L_{total}-Lp_{flexT}))* 180/3,1416	α_{flexT} (º) = Angle de flexió del tronc Ds_{flexT} (cm) = Distància de separació Lp_{flexT} (cm) = Long. de l'extremitat inferior en el test L_{total} = Longitud total

Figura 1 Bateria de proves utilitzades per valorar la flexibilitat i equacions per calcular les variables (adaptat de Monas, 2002)[13].

0,98. L'execució de totes les proves va ser supervisada per dos investigadors, tot assegurant que en tot moment tant les extremitats superiors com les inferiors estiguessin completament estirades i es mantingués un mínim de tres segons la posició final aconseguida. Es van fer diversos intents de cada prova fins a obtenir tres que s'ajustessin al protocol

d'execució establert, i se'n va registrar el de millor rendiment. En el cas de les proves unilaterals (prova de l'espagat frontal, l'elevació lateral de la cama i l'elevació frontal de la cama), els mesuraments es van fer en cada lateralitat.

El mètode trigonomètric per a la valoració de la flexibilitat exigeix mesurar les distàncies lineals aconseguides en la prova i obtenir les dades antropomètriques dels segments mobilitzats. Les distàncies lineals mesurades en les proves d'espagat lateral i d'espagat frontal van ser la distància entre la símfisi del pubis i el terra (DS_{espL} i DS_{espF}, respectivament) (figs. 1A i 1B). En el cas d'utilitzar la prova d'espagat lateral adaptada o la prova d'espagat frontal adaptada, les distàncies lineals mesurades van ser la distància entre el taló de la cama enlairada i el terra. En les proves d'elevació lateral de la cama o d'elevació frontal de la cama, la distància lineal es va obtenir de la separació entre el costat posterior del calcani del peu dret i del peu esquerre (DS_{elevL} en l'elevació lateral i DS_{elevF} en l'elevació frontal) (figs. 1C i 1D). Durant la valoració de les proves de gir d'espatlles amb bastó fent una anteversió i fent una retroversió, es va mesurar la distància lineal entre els costats més externs d'ambdues mans (DS_{ante} i DS_{retro}, respectivament) (fig. 1E). En la valoració de la prova del pont dorsal es va obtenir la distància lineal entre el costat extern del calcani i el taló de la mà (DS_{pont}) (fig. 1F). En l'execució de la prova de flexió de tronc assegut, la distància lineal va resultar de la separació entre la paret i la punta dels dits de les mans (DS_{flexT}) (fig. 1G).

Les dades antropomètriques es van obtenir segons les normes de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) i adoptades igualment pel Grupo Español de Cineantropometría. Aquestes van ser determinades per un únic antropometrista acreditat (nivell 2, ISAK). Els mesuraments antropomètrics necessaris per a la utilització del mètode trigonomètric en la bateria de proves proposades van ser: 1) la longitud de l'extremitat inferior (Lp), distància mínima entre el punt anatòmic del trocànter del fèmur i el terra; 2) la longitud de l'extremitat superior (Lb), distància mínima entre l'acromi i la punta dels dits; 3) el diàmetre bitrocanterià (Dbt), distància mínima entre cada trocànter del fèmur, i 4) el diàmetre biacromial (Dba), distància mínima entre cada acromi. A més, també es van utilitzar les dades antropomètriques següents: a) la longitud d'abast (L_{total}), la distància màxima que un subjecte pot aconseguir entre el terra (talons en contacte amb aquest) i les seves mans col·locades de manera superposada amb els braços en prolongació del cos; b) la longitud de les extremitats inferiors en la prova de flexió de tronc assegut (Lp_{flexT}), distància màxima entre la paret i els talons del participant durant la posició inicial de la prova (lleument superior a Lp a causa de la distància afegida que genera la posició d'assegut entre la paret i el trocànter del fèmur).

Les distàncies lineals i les dades antropomètriques corresponents a cada prova van ser els paràmetres introduïts en les fórmules trigonomètriques per al càlcul dels angles articulars, valorats en graus (α_{espL}, α_{espF}, α_{elevL}, α_{elevF}, α_{antev}, α_{retrov}, α_{pont} i α_{flexT}). Per la mateixa formulació trigonomètrica (fig. 1), l'increment dels valors d'α_{espL}, α_{espF}, α_{elevL}, α_{elevF}, va representar una millora del ROM. Ben al contrari de la resta de variables (α_{antev}, α_{retrov}, α_{flexT}, α_{pont}), en què l'increment esmentat va representar una reducció del ROM.

Per observar els canvis de la flexibilitat durant la temporada d'entrenament, es va utilitzar l'ANOVA d'una via per a mesuraments repetits. En aquells casos en què la distribució de la mostra no es va ajustar a la normalitat, es va utilitzar l'anàlisi de la variància de Friedman per a mesuraments repetits de rangs. La comparació entre grups es va dur a terme mitjançant *post hoc* de Tukey. El nivell de significació es va establir en $p<0,05$, tot ajustant-ne els valors per al control de les comparacions múltiples. Totes les proves estadístiques van ser computades mitjançant el paquet estadístic SPSS®15 (Chicago, EUA).

Resultats

El ROM passiu de les extremitats inferiors va registrar increments significatius al llarg de la temporada: α_{espL} ($F_{2,13}=32,71$; $p<0,001$), α_{espF} ($F_{2,13}=17,17$; $p<0,001$). Tant l'espagat lateral

Taula 1 Resultats de les proves de flexibilitat al llarg d'una temporada en GAM

Regió anatòmica	Proves (n=8)	Variable (°)	G (X±DE)	E (X±DE)	C (X±DE)
Extremitats inferiors	Espagat lateral	(α_{espL})	172,0±8,7	173,3±7,8	179,0±7,0
	Espagat frontal	(α_{espF})	166,2±11,8	169,1±7,2	173,3±6,9
	Elevació lateral de la cama	(α_{elevL})	80,9±6,2	81,2±5,0	82,8±7,2
	Elevació frontal de la cama	(α_{elevF})	85,0±8,1	85,4±6,8	86,8±7,9
Extremitats superiors	Gir d'espatlles amb bastó: anteversió	(α_{antev})	49,3±20,4	33,9±11,8	26,4±10,6
	Gir d'espatlles amb bastó: retroversió	(α_{retrov})	58,8±20,4	47,4±13,1	45,0±11,6
Multiarticular	Pont dorsal	(α_{pont})	58,8±7,0	56,9±9,7	57,4±10,1
	Flexió de tronc assegut	(α_{flexT})	24,8±5,0	21,7±5,2	26,3±3,7

C: període competitiu; DE: desviació estàndard; E: període específic; G: període general; X: mitjana.

(α_{espL}; p=0,015) com l'espagat frontal (α_{espF}; p=0,003) van incrementar els seus valors entre els períodes E i C. No es va registrar cap increment en la mobilitat articular del tren inferior en la manifestació activa (taula 1). La mobilitat articular de l'espatlla va millorar significativament al llarg de la temporada, tant en la variable α_{antev} (χ^2_2=28,13; p=0,001) com en la variable α_{retrov} (χ^2_2=16,53; p=0,001). En la prova del gir d'espatlles amb bastó, l'angle α_{antev} va millorar significativament entre cadascun dels tres períodes (p<0,05), mentre que l'angle α_{retrov} únicament ho va fer entre els períodes G i E (p<0,05) (taula 1). En relació amb les proves multiarticulars, la variable α_{flexT} ($F_{2,13}$=14,87; p=0,001) va modificar significativament el seu rang de moviment durant la temporada, tot millorant els seus valors entre els períodes G i E (p=0,012), però empitjorant-los entre els períodes E i C (p=0,003). La variable α_{pont}, en canvi, no va presentar modificacions significatives en el transcurs de la temporada (taula 1).

Discussió

La flexibilitat és considerada per gimnastes i entrenadors com la capacitat física preponderant, després de la força i les seves diverses manifestacions, en la consecució d'una gimnàstica artística de màxima qualitat tècnica[27]. El procés d'entrenament en l'àmbit competitiu ha d'adequar sistemàticament els seus objectius de rendiment a les demandes que exigeixi cada especialitat esportiva. La planificació d'aquest procés ha de preveure el ritme d'adaptació de les diverses capacitats físiques[6]. Malgrat la importància que té la flexibilitat en gimnàstica artística masculina (GAM), no ens consten estudis que hagin analitzat el seu ritme d'adaptació al llarg de la temporada gimnàstica. Així, l'objectiu d'aquest estudi va ser caracteritzar l'evolució de la flexibilitat durant una temporada esportiva en GAM, d'acord amb el mètode trigonomètric i en funció d'una bateria de proves aplicables a un grup de joves gimnastes seleccionats. S'esperava que la flexibilitat millorés període rere període tot al llarg de tota la temporada esportiva. Els resultats van mostrar que aquesta hipòtesi inicial únicament es va complir en la prova de gir d'espatlles amb bastó en anteversió, mentre que van registrar ritmes d'adaptació diferents en la resta de variables analitzades. La cinètica de millora en l'extensió de l'espatlla potser va produir-se per les característiques pròpies del treball desenvolupat en GAM durant aquestes primeres etapes de formació, en què els gimnastes dediquen un elevat temps a l'assimilació i/o aprenentatge de la millor execució tècnica possible. En aquest sentit, i malgrat que el *Codi de puntuació* de la Federació Internacional de Gimnàstica no ho estableixi explícitament, actualment la majoria de models teòrics seguits pels entrenadors comporten l'execució d'una gran part de les habilitats gimnàstiques mitjançant la seva posició pràcticament en paral·lel i, en aquells casos en què les habilitats esmentades s'iniciïn, derivin o transcorrin amb el suport de mans invertit o vertical, en prolongació amb el cos (180 graus). Pot ser que tant l'elevat volum de pràctica, com l'elevat grau de perfeccionament tècnic exigit sobre determinades habilitats gimnàstiques, com la vertical, hagin contribuït a la millora significativa, període rere període, de la mobilitat de l'espatlla en flexió.

La resta de proves, malgrat no millorar amb el ritme d'adaptació suggerit, van mostrar en la majoria de casos increments significatius entre algun dels períodes de la temporada. La prova de gir d'espatlles amb bastó en retroversió i la prova de extensió de tronc assegut van millorar entre els períodes G i E. Respecte de la primera, la mobilitat de l'espatlla en flexió durant el període C, va mantenir els valors aconseguits al llarg del període E. El període G es va caracteritzar pel desenvolupament de la flexibilitat mitjançant la preponderància de mètodes passius i exercicis de caràcter general. Els dos períodes següents, en canvi, es van caracteritzar per desenvolupar-la d'una forma més activa i específica (E), i per manifestar-la durant l'execució dels exercicis competitius (C). Precisament pel fet que és en aquests dos períodes de la temporada quan l'aprenentatge (E) i la consecució (C) de les habilitats tècniques prenen preponderància sobre el treball de la preparació física, i tenint en compte que la majoria d'aquelles no necessiten una flexibilitat semblant a la manifestada en la prova del gir d'espatlles amb bastó en retroversió, se suggereix que el temps d'entrenament emprat pels entrenadors i gimnastes per millorar la mobilitat de l'espatlla en extensió va poder ser inferior al necessari per continuar millorant-la. D'altra banda, i independentment dels diversos ritmes d'adaptació segons sigui flexió o extensió, l'increment de la mobilitat de l'espatlla al llarg de la temporada no concorda amb els resultats observats en altres estudis realitzats amb gimnastes adults[9,20]. A més a més, Jancarik i Salmela[20] van suggerir que el recorregut articular de l'espatlla es correlaciona negativament amb el rendiment gimnàstic a mesura que augmenten l'edat i el nivell. Aquesta relació inversa entre rendiment i flexibilitat en el decurs de l'edat es podria explicar per les mateixes demandes suscitades en GAM. Efectivament, en etapes de formació avançada les habilitats que el gimnasta ha de desenvolupar exigeixen elevats nivells de força. Aquestes demandes augmenten progressivament amb l'edat i la dificultat exigida, tot preponderant-hi la demanda de les extremitats superiors pel fet que quatre dels sis aparells en GAM s'efectuen sobre aquestes. Amb tot, la manca de volum muscular en els gimnastes d'aquest estudi podria justificar la seva millor flexibilitat d'espatlles en relació amb els gimnastes adults[28].

La mobilitat multiarticular desenvolupada en la prova de flexió de tronc assegut també va millorar entre els períodes G i E, per bé que empitjorà entre els períodes E i C. L'elevat ROM registrat en aquesta prova a l'inici de l'estudi degué repercutir, possiblement, en el fet que la millora de la flexibilitat produïda durant el període E fos modesta, i que en el posterior període C empitjorés a causa del pràcticament inexistent temps dedicat al seu desenvolupament, més enllà de la manifestació d'aquesta habilitat en les rutines competitives dels gimnastes.

D'altra banda, les proves d'espagat lateral i frontal, ambdues manifestacions de la flexibilitat passiva de les extremitats inferiors, van millorar entre els períodes E i C, mentre que entre els períodes anteriors (G i E) van mantenir valors semblants de mobilitat. Sembla que la suma del treball realitzat en el transcurs del període G (principalment flexibilitat passiva) junt amb el realitzat durant el període E (prin-

cipalment flexibilitat activa) es va manifestar en el període C (flexibilitat aplicada als elements de competició). És interessant observar que el treball de flexibilitat passiva desenvolupat durant el període G no va afectar les extremitats inferiors de la mateixa manera que va afectar les extremitats superiors (gir d'espatlles amb bastó en anteversió i en retroversió). Això potser va produir-se perquè l'articulació coxofemoral es caracteritza per una major robustesa anatòmica en comparació amb l'articulació glenohumeral, la qual cosa podria justificar el ritme d'adaptació més lent registrat en el cas de la primera. A més, és interessant destacar que la manifestació activa de la flexibilitat en les extremitats inferiors, representada en aquest estudi per les proves d'elevació lateral i frontal de cama, no va millorar al llarg de tota la temporada. Així, la millora de mobilitat aconseguida en les proves passives de les extremitats inferiors no es va transmetre a les proves actives. Les raons podrien ser que el manteniment de l'elevació de la cama al voltant dels 90 graus implica biomecànicament el punt de més moment de força, és a dir, aquella posició en què la longitud del braç de resistència (condicionat aquest pel pes i el grau de tensió dels músculs posteriors de les extremitats inferiors) és major en comparació amb el braç de potència (nivell de tensió exercida pels músculs elevadors de les extremitats inferiors). La millora de la flexibilitat passiva en les extremitats inferiors (espagat lateral i frontal), juntament amb els resultats òptims en la prova de flexió de tronc assegut, semblen indicar que la millora en la flexibilitat activa de les extremitats inferiors quedaria condicionada, més per l'increment previ de la força dels músculs elevadors, que no pas per la manca d'extensibilitat de la musculatura posterior de les extremitats inferiors.

La prova del pont dorsal no va registrar diferències significatives durant la temporada. Malgrat ser classificada com una prova multiarticular en la qual tant l'esquena com l'espatlla intervenen en el resultat, en gimnàstica artística s'intenta minimitzar la implicació de la primera mitjançant l'extensió total de les extremitats inferiors, acció que de per si limita l'arc lumbar malgrat que sigui a costa d'augmentar la distància de separació entre peus i mans (DS_{pont}). D'aquesta manera, i entenent que segons la formulació trigonomètrica, com menor sigui la DS_{pont}, menor serà l'angle obtingut i, per tant, millor el rendiment de la prova, les diverses estratègies emprades per cada gimnasta s'homogeneïtzen implicant-hi més l'articulació de l'espatlla. D'altra banda, mentre que la mobilitat en la flexió d'aquesta va millorar període rere període en el curs de tota la temporada, el pont dorsal no ho va fer. Això suggereix que, o bé la mobilitat de l'esquena va condicionar d'una manera negativa el rendiment del pont dorsal al llarg de la temporada, o bé la transferència entre el grau de flexió d'espatlles definides en la prova de gir d'espatlles amb bastó en anteversió i el pont dorsal, no resulta clara. El mètode trigonomètric no permet descriure el nivell relacional que s'estableix entre l'espatlla i l'esquena en el resultat final del pont dorsal, fet que convida a continuar investigant sobre això.

Amb tot, gràcies a la utilització d'un mètode indirecte per a la valoració de la flexibilitat, s'han pogut trobar evidències sobre els diferents ritmes d'adaptació en GAM, en funció de la regió anatòmica analitzada i de la manifestació de la flexibilitat desenvolupada. Tanmateix, per poder analitzar la cinètica real dels ritmes d'adaptació de la flexibilitat en aquesta especialitat esportiva, caldria establir estudis longitudinals amb períodes d'observació més amplis i aplicats a gimnastes de diferents edats i nivells. Així mateix, en investigacions futures seria important incloure variables antropomètriques relacionades amb el perímetre corporal dels segments analitzats, la qual cosa facilitaria la comprensió de possibles regressions de la mobilitat articular a causa dels ineludibles canvis morfològics del component muscular. Finalment, per conèixer millor la influència de determinades habilitats gimnàstiques en el desenvolupament de la flexibilitat, també s'hi haurien d'incloure variables i procediments de control.

Conclusions

Des d'una perspectiva general, els resultats d'aquest estudi demostren que la flexibilitat dels gimnastes, en les seves primeres etapes de formació cap a l'elit esportiva, evoluciona al llarg de la temporada. No obstant això, l'esmentada evolució s'esdevé amb diferents ritmes d'adaptació, condicionats en funció de la regió anatòmica analitzada (extremitat superior, extremitat inferior o multiarticular) i la manifestació de la flexibilitat desenvolupada (passiva o activa). El desenvolupament de la flexibilitat durant la temporada va permetre, pràcticament en totes les proves, que els guanys de mobilitat es mantinguessin o fins i tot s'incrementessin durant el període competitiu. La millora ràpida i continuada en la mobilitat de l'espatlla va poder produir-se tant per les característiques anatòmiques d'aquesta articulació com pels alts volum de pràctica i grau de perfeccionament tècnic exigit sobre determinades habilitats gimnàstiques involucrades. La planificació de l'entrenament en GAM hauria d'incloure un desenvolupament més primerenc de la flexibilitat passiva de les extremitats inferiors. D'altra banda, els treballs per a la millora de la manifestació activa haurien de donar prioritat a aquells exercicis de força específica que possibilitin la realització òptima de totes les habilitats gimnàstiques que ho necessitin. La interpretació dels resultats en les proves multiarticulars resulta complexa, ja que el mètode trigonomètric, si bé descriu la presència o absència de millores, no permet localitzar-les. En tot cas, la flexió de tronc va ser l'única prova que va empitjorar al llarg dels dos últims períodes d'entrenament, fet que suggereix la necessitat de treballar-la més, especialment durant el període competitiu. Mentre que la mobilitat en la flexió de l'espatlla va millorar període rere període tot al llarg de la temporada, el pont dorsal no ho va fer. I més enllà de les possibles raons anteriorment descrites, convé continuar investigant sobre com localitzar el major o menor nivell d'afectació de totes les articulacions que intervenen en aquest tipus de proves multiarticulars.

Finançament

Amb el suport de la Secretaria General de l'Esport i el Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren no tenir cap conflicte d'interessos.

Bibliografia

1. Holt LE, Pelham TW, Holt J. Flexibility: A concise guide to conditioning, performance enhancement, injury prevention, and rehabilitation. New Jersey, USA: Humana Press Inc., 2008.
2. Alter MJ. Science of flexibility. Champaign, IL: Human Kinetics, 2004.
3. Zetaruk MN. The young gymnast. Clin Sports Med. 2000;19:757-80.
4. Fédération Internationale de Gymnastique. Code of Points (Gymnastique Artistique Masculine). Lausanne, Suisse: FIG; 2010.
5. Singh H, Rana RS, Walia SS. Effect of strength and flexibility on performance in men's gymnastics. En: Petiot B, Salmela JH, Hoshizaki TB, editors. World Identification Systems for Gymnastic Talent. Montreal, Canada: Sport Psyche Publications; 1987. p. 118-21.
6. Matveev L. Fundamentos del entrenamiento deportivo. Moscú: Ráduga; 1983.
7. Jemni M. Planification de l'entraînement de haut niveau avant la compétition. GYM' Technique FFG. 2000;31:17-20.
8. Faria IE, Faria EW. Relationship of the anthropometric and physical characteristics of male junior gymnasts to performance. J Sports Med Phys Fitness. 1989;29:369-78.
9. Gannon LM, Bird HA. The quantification of joint laxity in dancers and gymnasts. J Sports Sci. 1999;17:743-50.
10. Delas S, Zagorac N, Katic R. Effects of biomotor structures on performance of competitive gymnastics elements in elementary school male sixth-graders. Coll Antropol. 2008;32: 443-9.
11. Moras G, Torres S. El flexómetro: nuevo test para medir la flexibilidad. Revista de Entrenamiento Deportivo. 1989;3:14-20.
12. Moras G. Análisis crítico de los actuales tests de flexibilidad. Correlación entre algunos de los test actuales y diversas medidas antropométricas. Apunts Med Esport. 1992;29:127-37.
13. Moras G. Amplitud de moviment articular i la seva valoració: el test flexomètric. Tesi doctoral: Universitat de Barcelona, 2002.
14. Lima T, Alves C, Funayama CA. Proposal for a trigonometric method to evaluate the abduction angle of the lower limbs in neonates. J Child Neurol. 2008;23:1451-4.
15. Maffulli N, King JB, Helms P. Training in elite young athletes [the Training of Young Athletes (TOYA) Study]: injuries, flexibility and isometric strength. Br J Sports Med. 1994;28:123-36.
16. Hahn T, Foldspang A, Vestergaard E, Ingemann-Hansen T. Active knee joint flexibility and sports activity. Scand J Med Sci Sports. 1999;9:74-80.
17. Ramos D, González JL, Mora J. Diferencias en las amplitudes articulares entre varones y mujeres en edad escolar. Apunts Med Esport. 2007;153:13-25.
18. Rodas G, Moras G, Estruch A, Ventura JL. Heredabilidad de la flexibilidad: un estudio hecho con hermanos gemelos. Apunts Med Esport. 1997;128:21-7.
19. Marina M. Valoración, entrenamiento y evolución de la capacidad de salto en gimnasia artística de competición. Tesi doctoral: Universitat de Barcelona, 2003.
20. Jancarik A, Salmela JH. Longitudinal changes in physical, organic and perceptual factors in Canadian male gymnasts. En: Petiot B, Salmela JH, Hoshizaki TB, editors. World Identification Systems for Gymnastic Talent. Montreal, Canada: Sport Psyche Publications; 1987. p. 151-9.
21. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. Helsinki, Finland: 18th WMA General Assembly, 1964.
22. Ho R. Talent identification in China. En: Petiot B, Salmela JH, Hoshizaki TB, editors. World Identification Systems for Gymnastic Talent. Montreal, Canada: Sport Psyche Publications; 1987. p. 14-20.
23. Regnier G, Salmela JH. Predictors of succes in Canadian male gymnasts. En Petiot B, Salmela JH, Hoshizaki TB, editors. World Identification Systems for Gymnastic Talent. Montreal, Canada: Sport Psyche Publications; 1987. p. 143-50.
24. Douda H, Laparidis K, Tokmakidis P, Savvas P. Long-term training induces specific adaptations on the physique of rhythmic sports and female artistic gymnasts. Eur J Sport Sci. 2002;2:1-14.
25. Sands WA. Physiology. En: Sands WA, Caine DJ, Borms J, editors. Scientific aspects of women's gymnastics. Vol. 45. Bassel: Karger; 2003. p. 128-61.
26. Johnson BL, Nelson JK. The measurement of flexibility. En: Johnson BL, Nelson JK, editors. Practical measurements for evaluation in physical education. Minneapolis, Minnesota: Burgess Publishing Company; 1979. p. 76-93.
27. Sands WA, McNeal JR, Stone MH, Russell EM, Jemni M. Flexibility enhancement with vibration: acute and long-term. Med Sci Sports Exerc. 2006;38:720-5.
28. Petit P. L'épaule du gymnaste. GYM' Technique FFG. 1996;17: 4-7.