

Valoració de la freqüència cardíaca durant l'entrenament en joves gimnastes*

ALFREDO IRURTIA AMIGÓ**

Llicenciat en Educació Física. Professor de l'INEFC-Barcelona

MICHEL MARINA EVRARD***

Doctor en Educació Física. Professor de l'INEFC-Barcelona

PEDRO A. GALILEA BALLARINI****

Llicenciat en Medicina. Metge del Departament de Fisiologia del CAR de Catalunya

ALBERT BUSQUETS FACIABÉN*****

Llicenciat en Educació Física. Investigador en Formació de l'INEFC-Barcelona

Correspondència amb autors

** alfredo.irurtia@inefc.net

*** michel.marina@inefc.net

**** galilea@car.edu

***** albert.busquets@inefc.net

Resum

L'increment en la durada dels exercicis, i per tant la necessitat de mantenir valors elevats de força muscular durant més temps, podria fer reconsiderar la importància de la preparació aeròbica en gimnàstica artística masculina (GAM). D'altra banda, igual com la demanda cardíaca durant la competició té poca veure amb la de l'entrenament, també es poden esperar diferències entre gimnastes adults (amb més dificultats i un major repertori) i gimnastes joves (amb elements de base i un repertori menor).

En aquest estudi, es registra la FC durant 15 sessions d'entrenament en 5 gimnastes de 9 anys d'edat. A més a més de voler determinar les exigències cardíques (FC) a què es veuen sotmesos, es pretén d'esbrinar si la FC és un indicador útil de la càrrega d'entrenament.

Els resultats demostren que la FC, igual com s'esdevé quan es valora l'esforç competitiu en gimnastes adults d'elit, no resulta convenient com a indicador de l'esforç d'entrenament en joves gimnastes. Malgrat estructurar la sessió mitjançant BM (blocs metodològics amb continguts de treball intencionadament semblants), l'afectació cardíaca varia, no solament entre subjectes, sinó per a un mateix subjecte en dies diferents. Pot ser que determinades formulacions d'estimació de la càrrega externa, basades més en el contingut que no pas en la demanda cardíaca, resultin més convenients per ajustar la càrrega d'entrenament.

Paraules clau

Entrenament, Freqüència cardíaca, Gimnàstica artística, Nens.

Abstract

Heart rate monitoring during training in young gymnasts

The increase of exercises' duration, and therefore the necessity of high muscle strength value maintenance during more time, could invite us to reconsider the importance of the aerobic training in men's artistic gymnastics (MAG). On the other hand the profile of the cardiac demand during competition has little to do with the one during training, besides the expected differences between adults (with more difficulties and a larger repertoire) and young gymnasts (with basic elements and a smaller repertoire).

In this study the heart rate is monitored during 15 training sessions with 5 gymnasts of 9 years of age. In addition, to determine the cardiac demand (HR) during training, we want to verify if the heart rate (HR) is a useful register of the work load.

The results demonstrated that HR, used in the same way as we register the competitive effort in adult elite gymnasts, is not convenient as an indicator of the training effort in young gymnasts. In spite of having organised the session by means of BM (methodological blocs with intentionally similar work contents), the cardiac affection varies, not only between subjects, but also for a same subject in different days. It is possible that some estimation formulae of the external work load, based more on the content than on the cardiac demand, may be more appropriate to adjust the training load.

Key words

Training, Heart rate, Artistic gymnastics, Children.

Introducció

L'any 2006 va suposar una revolució per a la gimnàstica artística (GA). La Federació Internacional de Gimnàstica (FIG) va posar en vigència el nou codi de puntuació que, segons les seves pròpies fonts, devia representar una nova forma de plantejar-se la competició gimnàstica, així com el mateix procés de preparació.

L'objectiu final era que els gimnastes realitzessin

més dificultats, de forma més variada, i amb una execució tècnica millor. Això va suposar tota una declaració d'intencions, on l'augment del nombre de dificultats per unitat de temps, com el mateix augment del temps dels exercicis, hauria de jugar un paper determinant.

Això va ser així des dels primers campionats (Taula 1): exercicis de terra amb 4 diagonals acrobàtiques a més a més d'un lateral que pràcticament es pot con-

* Estudi realitzat 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.

siderar una 5a diagonal; exercicis d'anelles amb més elements de força; exercicis de paral·leles acusadament dinàmics i cada vegada més semblants a la barra fixa quant a la composició, etc.

Com es pot apreciar a la taula 1, totes les rutines de competició, excepte les de paral·leles i salt, van veure incrementada substantivament la durada si les comparem amb les realitzades en l'any 1999 (Jemni, Friemel, Sands, Mikesky, 2001).

Des d'aquesta perspectiva, el nou marc ofereix l'oportunitat, tant a tècnics com a científics, de replanjar-se algun dels factors condicionants del rendiment gimnàstic que fins ara no havien estat prou considerats.

La investigació sobre bioenergètica en GA es troba condicionada per les característiques intrínseques d'un esport tècnic-combinatori on la variabilitat de factors de rendiment és més elevada i complexa que en altres esports (Beli i Goodway, 1990; Martos, 1991). El rol més important en el procés d'entrenament i competició l'adquireixen els factors neuromusculars, principalment els relacionats amb aspectes coordinatius i/o d'habilitat, és a dir, els relacionats amb components tècnics (Astrand i Rodahl, 1977). Es valora el rendiment competitiu a través de l'avaluació de l'excel·lència tècnica, segons l'establiment d'uns criteris arbitraris, estandarditzats i normatius, definits en el codi de puntuació de la FIG. A tot plegat cal afegir el fet que el component tècnic en GA comporta, de forma implícita, la necessitat imperativa de tenir nivells de condició física elevats (Beli i Goodway, 1990; Martos, 1991; Sands, Irvin, Major, 1995).

La contribució internacional de les ciències experimentals en GA s'ha vist incrementada de forma notable any rere any. Les aportacions esmentades es vinculen a estudis en relació amb factors morfològics, biomecànics, epidemiològics, esportius, i metabòlics. En relació amb aquests últims, predominen els que centren l'anàlisi en la gimnàstica artística durant l'esforç gimnàstic de competició, en gimnastes adults d'elit (Taula 2). En canvi, són molt més escassos els referits als joves gimnastes en el seu procés d'entrenament i de formació cap a l'alt rendiment esportiu (Taula 3).

En relació amb la valoració metabòlica del procés d'entrenament gimnàstic, cal adonar-se d'alguns factors que la condicionen, com ara el mateix comportament de la freqüència cardíaca (FC). Efectivament, una munió d'accions musculars, constants canvis po-

Aparells	Codi FIG antic (s)*	Codi FIG 2006 (s)**
Terra	61 ± 4	64 ± 6
Cavall amb Arcs	32 ± 6	39 ± 8
Anelles	31 ± 5	44 ± 5
Plataforma de Salts	6 ± 0,5	5 ± 0,5
Paral·leles	41 ± 5	38 ± 2
Barra Fixa	37 ± 7	44 ± 3

* Campionat del Món Tianjin, 1999 (Jemni et al., 2001).
** Campionat d'Europa Volos, 2006 (dades pròpies).

Taula 1

Comparació entre la durada (s) dels exercicis competitius en GAM sota l'estructura del Codi FIG antic i de l'actual.

sionals i rotacions del cos, dificulten el fet de poder valorar-la de la mateixa manera que en els esforços constants i estables que es protocolaritzen als laboratoris (Jemni, Friemel, Sands, Mikesky, 2001). Tot això s'aguditzava, per exemple, quan es tracta de valorar esforços isomètrics màxims en poblacions prepuberals: la majoria de tests es basen en protocols submàxims (30%-50% d'una contracció màxima isomètrica) a causa de la incapacitat dels joves subjectes a l'hora de mantenir una contracció isomètrica màxima prou temps com per efectuar mesuraments hemodinàmics estables (Braden i Strong, 1989). N'hi ha prou assenyalant l'exemple d'un simple suport invertit mantingut durant 30 s, anomenat comunament "vertical" o "pi", per adonar-se de la complexitat que suposa valorar uns paràmetres fisiològics determinats en aquesta especialitat esportiva: quan el gimnasta es col·loca en vertical, es produeix una disminució aproximada del 20% de la FC a partir dels 5 s. Un cop que aquesta ha finalitzat i transcorreguts 10 s, la FC torna als seus valors inicials. La disminució de la FC s'explica per l'augment del volum d'ejecció sistòlica produït per compensar el sobtat augment del retorn venós durant la inversió del cos (Montpetit, 1976).

Un altre dels fenòmens que condicionen la FC durant l'esforç gimnàstic, és la maniobra de Valsalva, àmpliament analitzada (Colman, 1965; Hill, 1991; Fuenmayor, Fuenmayor, Winterdaal, Londono, 1992; Turley, Martin, Marvin, Cowley, 2002), i esmentada en diversos estudis realitzats amb gimnastes (Montpetit, 1976; Goswami i Gupta, 1998; Jemni, Friemel, Le Chevalier, Origas, 2000; Viana i Lebre, 2005).

Subjects (n)	Edat (anys)	Pes (kg)	Alçada (cm)	Sexe	Nivell	Pràctica (h/setm.)	FCmàx Laborat. (bat/min)	FCmàx Situació pràctica (bat/min)	FCmitja Situació pràctica (bat/min)	VO ₂ màx Laboratori (ml/kg/min)	VO ₂ Situació de pràctica (ml/kg/min)	Autor, data
10	23,7 ± 1,8	69 ± 4,5	172,4 ± 4,0	M	Nacional	-	-	151	136 ± 9,0	-	18,5 ± 3,4	Seligier, 1970
8	Adults	-	-	M	Internacional	-	-	181,7 ± 4,6	≥ 140	51,6	19,5 ± 3,0	Montpetit, 1976
5	24,2 ± 3,1	63,5 ± 2,4	169,4 ± 4,0	M	Universitari	5	-	186,0 ± 10,6	169,5 ± 13,6	49,6 ± 4,9	-	Goswami i Gupta, 1998
7	18,4 ± 1,1	66,1 ± 3,9	171,6 ± 6,2	M	Internacional	20	188,9 ± 8,0	179,5 ± 10,2	166,3 ± 10,1	52,6 ± 3,02	47,03 ± 4,35	Jemmi et al., 1998
9	18,6 ± 1,2	65,3 ± 4,4	169,3 ± 6,4	M	Nacional Internacional	-	191 ± 8,0	-	-	53,1 ± 3,2	-	Le Chevalier et al., 1998
7	18,7 ± 1,3	66 ± 3,0	170 ± 6,0	M	Nacional Internacional	-	190 ± 8,0	188	122 ± 7,0	52,5 ± 2,9	-	Le Chevalier et al., 1999

▲ **Taula 2**

Estudis amb gimnastes adults en GAM partint de la relació entre FC i VO₂.

Subjects (n)	Edat (anys)	Pes (kg)	Alçada (cm)	Sexe	Nivell	Pràctica (h/setm.)	FCmàx Laborat. (bat/min)	FCmàx Situació pràctica (bat/min)	FCmitja Situació pràctica (bat/min)	VO ₂ màx Laboratori (ml/kg/min)	VO ₂ Situació de pràctica (ml/kg/min)	Autor, data
30 + 30	9,3 ± 0,4	25,5 ± 4,5	131,2 ± 2,3	F/M	Recreacional	Esporàdic 20' pràctica	-	170,6 ± 19,9	146,6 ± 20,5	-	-	Faria i Phillips, 1970
5	15 ± 1,4	56,5 ± 12,6	160 ± 1,0	M	Nacional Internacional	16-18	197,6 ± 9,4	180	160	54 ± 3,5	-	Groussard i Delamarche, 2000

▲ **Taula 3**

Estudis amb joves gimnastes en GAM partint de la relació entre FC i VO₂.

Si ens fixem en estudis realitzats en situació de pràctica real, generalment durant la competició, s'ha observat una resposta anticipatòria en forma d'augment de la FC prèvia a l'execució de l'exercici gimnàstic (Montpetit, 1976; Goswami i Gupta, 1998; Jemni et al., 2000; Viana i Lebre, 2005). La preadaptació del sistema simpàtic, condicionat per un entorn hormonal hiperactivat, podria ser la principal causa d'aquest fet (Vander, Sherman, Luciano, 1970).

Tampoc no es poden obviar factors d'origen pseudofisiològic, com ara la por o la pròpia ansietat davant la realització d'unes acrobàcies determinades, que condicionen de la mateixa manera el comportament de la FC (Kniffin, Whitaker, Harry, 1976; Tremayne i Barry, 1988; Marina, 1990; Jemni, Friemel, Le Chevalier, Origas, Barbieri, Thoule, Mermet, 1998). Els factors esmentats podrien provocar, en certs casos, un augment de la FC sense el corresponent augment del $\dot{V}O_2$, en no produir-se cap demanda física (Montgomery i Beaudin, 1982). Des d'aquesta perspectiva, els mateixos autors assenyalen la pertinència d'utilitzar la FC, per sobre del $\dot{V}O_2$, per valorar l'estrès total (físic i psicològic) del sistema cardiovascular en GA. Per això i per factors anteriors, el mateix model d'estimació del $\dot{V}O_2$ i la despesa energètica a través de la FC se sobreestimaria al voltant d'un 15 % (Astrand i Rodahl, 1977; Rodríguez i Aragonès, 1992; Bunc i Petrizilkova, 1994).

En gimnàstica artística masculina (GAM) la participació del tren superior és protagonista indiscutible en els aparells de cavall amb arcs, anelles, paral·leles i barra fixa. Caldria així tenir en compte les diferències en les respostes metabòliques entre braços i cames. En aquest sentit, la literatura mostra resultats dispars. Si ens fixem en estudis recents realitzats sobre població no esportista, en tots s'hi registren valors menors de la FC en realitzar moviments amb els braços (Yoshiga i Higuchi, 1999; Marais, Dupont, Maillat, Weissland, Vanvelcenacher, Pelayo, 2002; Schneider, Wing, Morris, 2002). En canvi, no es van trobar diferències significatives a nivell de FC en un exercici de pedaleig realitzat amb braços i cames al 20, 40, 60, 80% de la potència màxima desenvolupada (Marais et al., 2002), igual com en intensitats superiors al llindar anaeròbic (Schneider et al., 2002). Entre altres raons, els autors anteriors justifiquen aquest fet a partir d'un major reclutament de fibres musculars del tipus II en el treball de braços, insuficients metabòlicament per a aquest tipus d'intensitats. Conscients de la disparitat de resultats, els mateixos autors assenyalen la conveniència de tenir en compte l'especificitat de l'exercici valorat.

Una cosa semblant s'esdevé en els estudis que descriuen les adaptacions circulatòries davant d'esforços realitzats en diferents postures. Un dels pocs efectuats amb nens (Braden i Strong, 1989) assenjala que en la posició d'estirats, es produeix un augment del retorn venós cap al cor que provoca un increment del volum sistòlic en repòs i una concomitant disminució de la FC màxima i submàxima.

Un altre punt a destacar són els efectes del moment d'inèrcia a què es veu sotmès el cos del gimnasta; en el cas del Tkatchev en barra fixa arriba a registrar moments angulars, durant la fase de suspensió, de $94,1 \pm 3,7 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ a una velocitat del centre de masses de $5,4 \pm 0,13 \text{ m/segon}$ (Bruggemann, Cheetham, Alp, Arampatzis, 1994). La FC augmentaria a causa, principalment de la força centrífuga que generen els moments cinètics esmentats, tal com passa per exemple davant de situacions provocades d'hipergravetat (Iwasaky, Shiozawa, Kamiya, Michikami, Hirayanagi, Yajima, Iwase, Mano, 2005). L'exercici de barra fixa en GAM, és un clar exemple d'aquest fet (Goswami i Gupta, 1998; Jemni et al., 1998).

L'estat físic (Kozar, 1962), les condicions ambientals (Skubic i Hodgkins, 1967) i la mateixa edat del subjecte (Kirby i Kirby, 1997) serien, finalment, altres valors que es podrien tenir en compte a l'hora d'utilitzar la FC com a indicador de l'esforç gimnàstic.

Es pot assenyalar que, si bé tots els factors de confusió esmentats anteriorment testifiquen la no conveniència d'utilitzar la FC com a indicador vàlid de l'esforç competitiu en GA d'alt nivell (Jemni et al., 2000), sí que es reconeix la utilitat pràctica del paràmetre esmentat a l'hora de valorar i controlar la globalitat de l'esforç d'entrenament, i serà un indicador útil per a l'entrenador a l'hora de reflectir l'estrès global del sistema cardiovascular per a cada esdeveniment gimnàstic, en determinats moments de la temporada (Faria i Phillips, 1970; Montgomery i Beaudin, 1982; Marina, 1990).

Potser, per ser capaços d'afrontar les noves regles del codi FIG, sigui recomanable analitzar les demandes metabòliques de l'esforç d'entrenament durant els primers anys de formació del jove gimnasta. Com més se sàpiga sobre aquestes demandes metabòliques, més i millors criteris es tindran per aconseguir gimnastes no únicament més tècnics, forts i flexibles, sinó també més resistents.

El nostre estudi descriu les demandes cardíques (FC) durant el procés d'entrenament de joves gimnas-

Blocs metodològics (BM)	Nombre BM/ nombre dies	TT/TP Passada (s)	Nombre puntes (Nombre Passades)	Temps total BM (min)	Continguts
1. Escalfament general	15/15	TT Continuo	–	15	Implicació metabòlica general/Implicació articular (rotacions i estiraments)/Tonificació Muscular...
2. Escalfament específic	15/15	20/40	10	10	Elements de base tècnica: verticals, olímpics, tombarelles, mortals...
3. Tècnica de base a terra	15/15	20/70	20	30	Sèries d'elements combinats senzills, i progressions cap a elements acrobàtics a terra...
4. Bloc de força	15/15	45/180	8	30	Circuit de 8 estacions de força resistència específica: Incidència sobre el tren superior, tren inferior, tren abdominal, i de forma conjunta.
5. Cavall amb arcs	07/15	20/70	20	30	Sèries de molins al bolet.
6. Barra fixa	15/15	30/120	12	30	Treball combinat amb cintes i calleres de: vols, kippes, quarts, canvis...
7. Paral·leles	08/15	20/70	20	30	Vols en recolzament de mans.
8. Plataforma de salts	15/15	70/20	20	30	Circuit de 3 estacions a realitzar de forma consecutiva; 1) salt d'inversió, 2) Progressió de flic-flac endavant en tumbling; 3) Sèrie de recolzaments a terra.
9. Llit elàstic	15/15	20/70	20	30	Treball en circuit de dues estacions: llit elàstic i minitramp: elements acrobàtics senzills: mortals, flic-flacs, combinació amb diferents impulsos.
10. Flexibilitat	15/15	TT Continuo	–	20	Espagats (frontal, laterals); gripau, pont; "sit and reach" (1 minut per contingut, realitzant tres voltes senceres de forma consecutiva...).
11. Transició entre blocs	75/15	–	–	5	Període destinat al canvi d'aparell o transició entre BM i BM.

Taula 4

Característiques bàsiques de cada un dels BM utilitzats per a una sessió de 4 hores, aproximadament. (TT: Temps de Treball; TP: Temps de Pausa entre passades)

tes seleccionats (GAM), en les seves primeres etapes de formació cap a l'alt rendiment esportiu.

Objectius

El primer objectiu és determinar quines són les exigències cardíaques (FC) a què es veuen sotmesos els joves gimnastes amb talent durant el seu procés de formació cap a l'alt rendiment.

El segon objectiu és valorar la viabilitat de la FC com a indicador de càrrega en el procés d'entrenament d'aquests joves gimnastes. Per fer-ho, es verificarà si per a un mateix bloc metodològic (Taula 4): a) es mantenen valors de FC similars en finalitzar cada una de les passades; b) es mantenen valors de FC similars en un subjecte tot al llarg de diferents sessions; c) es mantenen valors de FC similars entre subjectes.

Mètode

A l'estudi hi van participar 5 gimnastes barons de $9 \pm 0,6$ anys d'edat (alçada: 140 ± 2 cm; pes: 35 ± 2 kg), el bagatge esportiu dels quals era de 30 mesos d'entrenament al Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallès, amb una intensitat de 24 hores per setmana (6 sessions per setmana).

Es va realitzar el test de camp de Léger (Léger, Lambert, Goulet, Rowan, Dinelle, 1984) o "Course Navette", en 3 ocasions amb 7 dies de diferència entre tests, i es va obtenir la FC_{màx} i el $\dot{V}O_2$ _{màx} estimat per a cada gimnasta. Es va monitoritzar la FC (bat/min) a intervals de 5 s (Polar® Accurex Plus) durant 15 sessions d'entrenament. Cada sessió es va estructurar en un seguit de blocs metodològics (BM) de contingut fix (n=11), amb un protocol que assegurés, en la mesura que fos possible, la repetibilitat dels elements gimnàstics realitzats durant el període

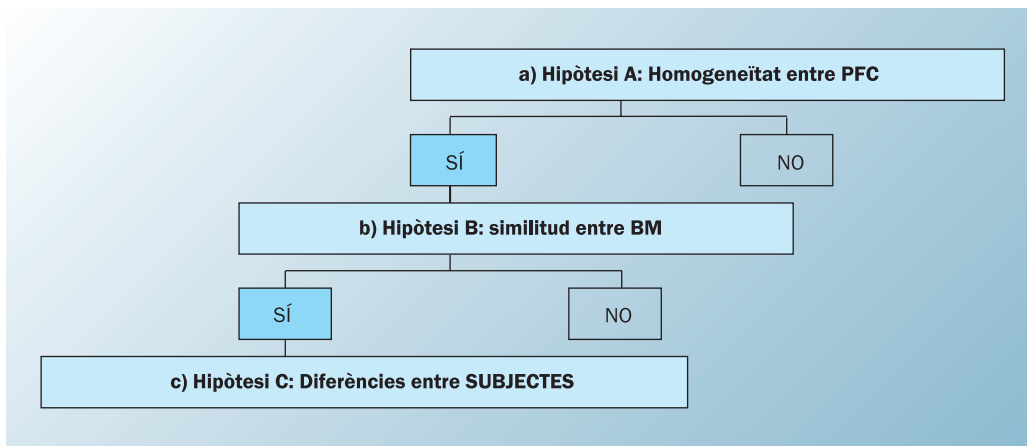


Figura 1
Estructura temporal que reproduceix la lògica interna del tractament estadístic utilitzat per valorar la viabilitat de la FC com a indicador de càrrega durant l'entrenament dels gimnastes objecte d'estudi.

d'estudi. Prenguem l'exemple del BM "2" (escalfament específic) que es va realitzar 15 vegades durant els 15 dies monitoritzats, amb un temps de treball per passada de 20 s i un temps de recuperació de 40 s El nombre total de passades (equivalent al nombre total de valors màxims i/o puntes de freqüència cardíaca màxima –PFC–) es va establir en 10. Per tant, el temps total del BM "2" va ser de 10 minuts (Taula 4).

Per descartar l'efecte de l'entrenament al llarg de les 3 "Course Navette" registrades, i per verificar la fiabilitat i variabilitat del test en aquest col·lectiu, es va utilitzar el coeficient de correlació intraclasse (CCI), el coeficient de variació (CV), i el coeficient de correlació de Pearson (r).

Per resoldre el primer objectiu: a) es van determinar els estadístics descriptius de la FC (bat/min) per a cada un dels BM partint del promig dels PFC (final de la pujada a l'aparell), el promig de les FCmín (final de la recuperació), i el promig de tot el BM (tot el rang de valors); b) es va realitzar una anàlisi de freqüències

per comprovar en quins intervals de treball (%FCmàx) es van situar els gimnastes durant l'entrenament.

Per resoldre el segon objectiu es va desenvolupar una seqüència lògica d'hipòtesis, on únicament l'acceptació de la hipòtesi precedent permet d'abordar la següent (Fig. 1).

El tractament estadístic utilitzat va ser el següent (Fig. 2): a) per comprovar el grau d'homogeneïtat entre els valors dels PFC "intrabloc" en finalitzar cadascuna de les passades a l'aparell, es va utilitzar el coeficient de correlació intraclasse (CCI); b) per comprovar el grau de similitud entre els valors de PFC de cada BM tot al llarg de les sessions, es va utilitzar l'ANOVA d'un factor (factor = sessió); c) per comprovar les diferències entre els valors de PFC de cada subjecte, es va utilitzar l'ANOVA d'un factor (factor = subjecte).

Resultats

La magnitud de les diferències entre cada una de les proves registre o "Course Navette" no són signifi-

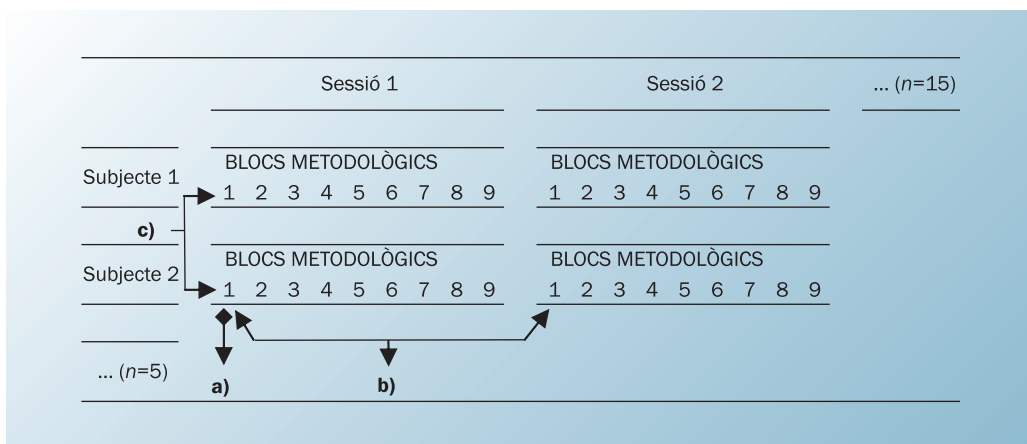


Figura 2
Model d'anàlisi estadística utilitzada. El BM "1" (Escalfament General) s'utilitza a tall d'exemple.

	x	r	CCI	CV (%)	p ≤
FCmàx (bat/min)	200,5 ± 1,5	0,97	0,93	0,7	0,001
VO ₂ màx (ml/kg/min)	55,5 ± 1,4	0,89	0,90	2,5	0,001

Taula 5

Valors de mitjana i estadístics de fiabilitat (r: coeficient de correlació de Pearson; CCI: coeficient de correlació intraclass; CV: coeficient de variació; p: probabilitat d'atzar) aplicats en el test de la cursa de llançadora ("Course Navette") en gimnastes prepúbbers.

Blocs metodològics (BM)	FCmàx (bat/min)	FCmín (bat/min)	FCmitja (bat/min)
1. Escalfament general	161 ± 9,2	89 ± 8,9	124 ± 9,1
2. Escalfament específic	178 ± 4,1	110 ± 7,6	150 ± 6,2
3. Tècnica de base a terra	168 ± 7,1	96 ± 8,3	131 ± 6,9
4. Bloc de força	161 ± 9,0	89 ± 7,2	121 ± 7,7
5. Cavall amb arcs	173 ± 4,7	96 ± 8,5	131 ± 6,0
6. Barra fixa	174 ± 8,3	95 ± 7,8	128 ± 8,6
7. Paral-leles	173 ± 8,4	96 ± 5,3	131 ± 7,2
8. Plataforma de salts	164 ± 3,8	106 ± 6,9	139 ± 4,4
9. Llit elàstic	171 ± 6,6	92 ± 6,1	128 ± 5,1
10. Flexibilitat	143 ± 8,6	95 ± 7,8	116 ± 8,7
11. Transició entre blocs	127 ± 8,0	97 ± 7,8	112 ± 7,3

Taula 6

Estadístics descriptius bàsics de cada un dels BM utilitzats.

catives ($p \leq 0,001$) en cap dels subjectes estudiats. La resta d'estadístics indiquen l'alt grau de fiabilitat assolit (Taula 5).

A la taula 6 es mostren els valors de FC (bat/min) de cada un dels BM utilitzats per estructurar les sessions d'entrenament. Els valors esmentats corresponen al promig de les FCmàx (final de la pujada a l'aparell), el promig de les FCmín (final de la recuperació) i el promig de tot el BM (tot el rang de valors). L'escalfament específic destaca com a BM de major intensitat cardíaca en tots els casos. Tenint en compte els valors mitjans, l'aparell de salt (plataforma de salts) registra els valors més elevats següents ($139 \pm 4,4$ bat/min). Els aparells de terra, cavall amb arcs, paral-leles, barra fixa i llit elàstic registren valors semblants. Cal assenyalar els reduïts valors mitjans obtinguts al bloc de força ($121 \pm 7,7$ bat/min). El BM de menor sol·licitació cardiovascular de tots els que conformen la sessió d'entrenament correspon al de flexibilitat. En relació amb els períodes corresponents a la transició entre aparells, en destaquen els elevats valors mínims: $97 \pm 7,8$ bat/min.

A la figura 3 es mostren els intervals de FC (bat/

min) en què se situen els gimnastes durant la totalitat de la sessió d'entrenament (4 hores). S'observa que únicament es registren valors per sota del 50 % de la FCmàx durant el 10 % del temps de la sessió. A la banda oposada, aquests joves gimnastes assolixen valors superiors al 80 % de la FCmàx el 7 % del temps total de la sessió. Pel que fa a aquesta, la major part del temps (36 %) els gimnastes es mantenen en valors compresos entre 120-140 bat/min (60-70 % FCmàx). Finalment, cal destacar els 45 minuts (19 % del temps de la sessió) en què s'assoleixen valors del 70-80 % de la FCmàx.

En tots els casos, el grau d'homogeneïtat entre els PFC que conformen cada un dels BM és significativament molt elevat ($CCI = 0,72-0,96$; $p \leq 0,001$). Per tant, sí que es mantenen valors de FC similars en finalitzar cada una de les passades a l'aparell dins d'un mateix BM.

Es troben diferències molt significatives ($p \leq 0,001$) en comparar els PFC d'un mateix BM repetit al llarg del temps per un mateix subjecte. Per tant, per a un mateix BM, no es mantenen valors de FC similars en un mateix subjecte tot al llarg de diferents sessions. Aquests resultats descarten

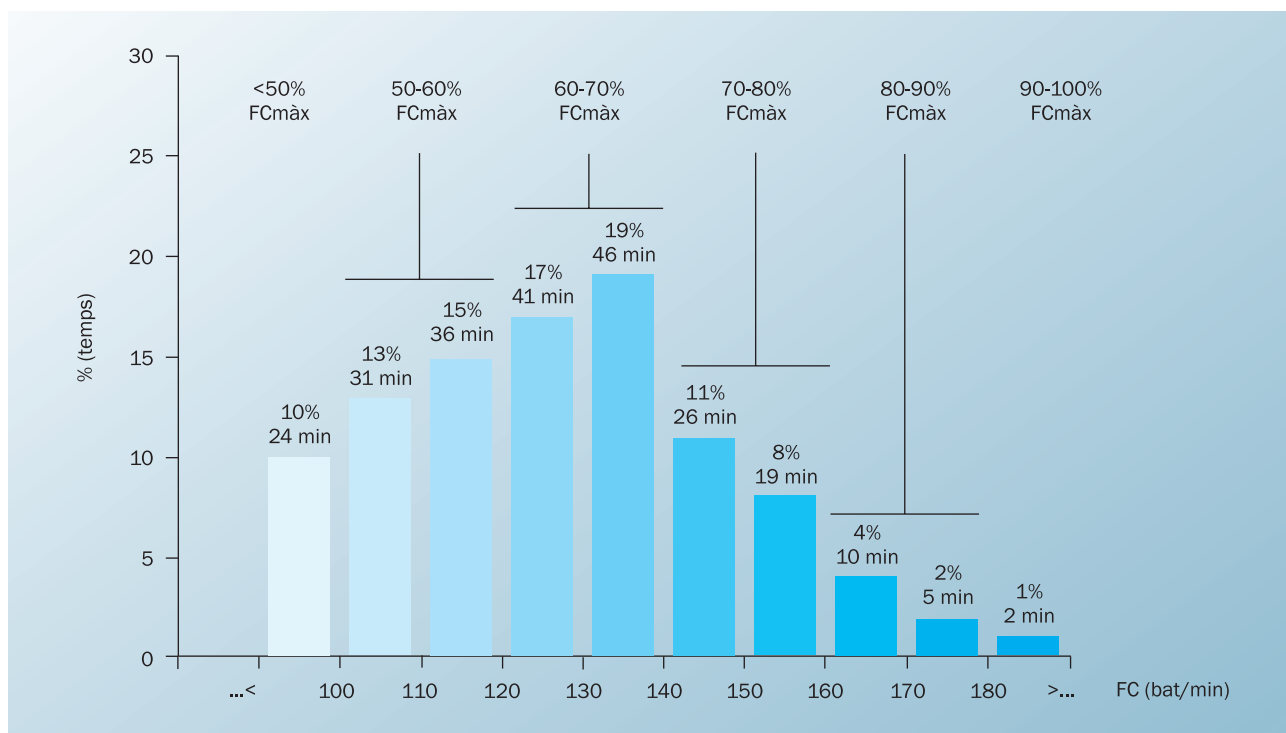


Figura 3

Distribució de freqüències en intervals de treball sobre els valors mitjans estimats per a la totalitat del grup de gimnastes: Sessió d'entrenament: 4 hores.

la pertinència d'analitzar la magnitud de les diferències entre subjectes per a un mateix BM.

Discussió

Es confirmen resultats anteriors sobre la fiabilitat i validesa del test de la "Course Navette" en població infantil (Léger, Mercier, Gadoury, Lambert, 1988), aquest cop en relació amb una mostra de gimnastes pre-púbbers prèviament seleccionats i l'especialització motriu dels quals no és precisament la de la cursa bipèdica. Els resultats de la taula 5 també permeten descartar que hi hagués un efecte d'entrenament per les dues primeres proves.

Tenint en compte els valors de $\dot{V}O_2$ màx obtinguts ($55,5 \pm 1,4$ ml/kg/min), els gimnastes d'aquest estudi se situen en valors semblants a l'únic estudi realitzat amb una mostra semblant (Groussard i Delamarche, 2000). En ambdós casos, aquests valors estan considerats com a satisfactoris si els comparem amb poblacions de la mateixa edat (Léger, 1996).

Segons les característiques metodològiques de cada

BM (Taula 4), s'observa que l'escalfament específic (10 min) té un dels temps de recuperació més reduïts (40 s, aproximadament). Malgrat les pauses més reduïdes, els valors de FC del BM "2" suggereixen que tots els subjectes mantenen una elevada intensitat de treball, fins i tot malgrat la diversitat i complexitat dels elements gimnàstics que executen (posicions invertides de força mantinguda, suports invertits amb espatlles semidislocades...). L'alta especificitat d'aquests elements hauria de condicionar un comportament metabòlic certament complex durant l'execució (Jemni et al., 1998; Jemni et al., 2000).

Des d'una perspectiva similar, podrien justificar-se els elevats valors mitjans trobats en l'aparell de salt. Els escassos 20 s de recuperació corresponen al temps en què el gimnasta passa d'una estació a una altra, el desenvolupament de la qual s'eleva fins als 70 s, aproximadament. Sota aquestes circumstàncies (70 % FCmàx; Temps Total: 30 min), aquest BM seria l'únic de tots els que estructuraven la sessió d'entrenament gimnàstic que podria considerar-se com un bloc d'incidència en la millora de la base

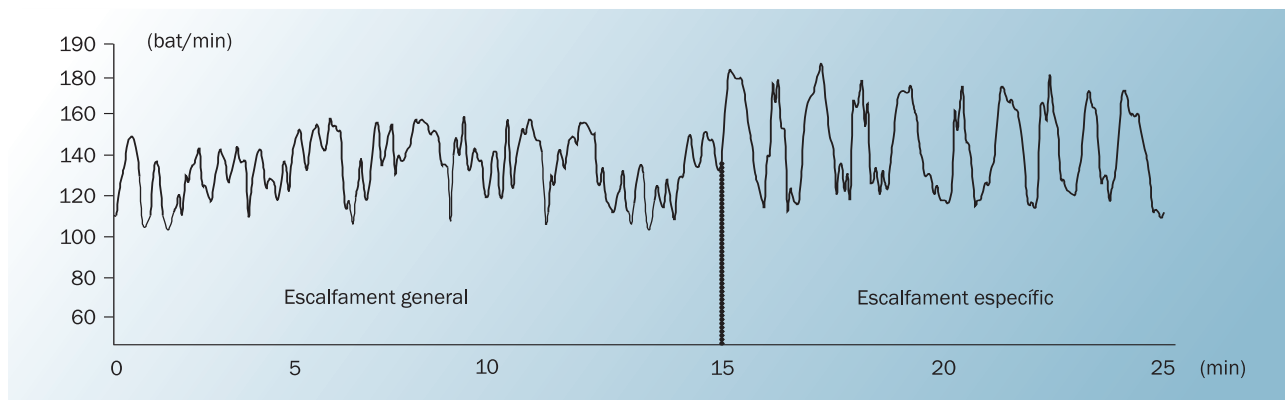


Figura 4

Corba de FC (bat/min) registrada al llarg dels BM d'Escalfament General i Escalfament Específic.

aeròbica (Tschien, 1984). Aquest fet torna a constatar les grans diferències entre el que suposa l'esforç d'entrenament i el de competició entre gimnastes adults d'elit (saltos d'alta dificultat que requereixen temps de recuperació elevats) i joves gimnastes en les seves primeres etapes de formació cap a l'alt rendiment (entrenament en circuit amb temps escassos de recuperació activa).

En el cas de la tècnica de base en terra, en primera instància es podria aplicar l'argumentació esmentada, tanmateix en el cas concret que ens ocupa, això no es produeix. Efectivament, en els 15 dies de seguiment els joves gimnastes van realitzar a terra elements senzills, acusadament estàtics i amb temps de pausa prou amplis com per recuperar-se pràcticament del tot. Això no exclou que aquest BM, a criteri de cada entrenador, pugui ser el més adient per orientar la càrrega d'entrenament cap a dinàmiques de treball amb més incidència aeròbica. Aquest és el cas de gimnastes d'edat més elevada que no pas els de la mostra d'estudi, el repertori acrobàtic dels quals es va ampliant en diversitat i dificultat amb el pas del temps.

El fet que després de 300 hores (15 dies; 4 h/dia; 5 gimnastes) de registre de FC, amb uns continguts de treball acusadament diferents entre aparells, els valors de terra, cavall amb arcs, paral·leles, barra fixa i lilit elàstic, siguin pràcticament idèntics, suggereix que els valors de FC depenen més de la relació entre el temps de treball i de recuperació, que no pas del propi contingut per si mateix, almenys en aquestes edats. Efectivament, si s'observen les característiques bàsiques de cadascun d'aquests BM (Taula 4), a excepció de la barra fixa, tots tenen els registres següents (TT: 20 s; TP: 70 s; Temps Total: 30 min).

D'altra banda, cal assenyalar els reduïts valors mitjans obtinguts al bloc de força $121 \pm 7,7$ bat/min. Pot ser que les característiques del mateix circuit, on el temps de recuperació és de 3 min, condicionin els valors esmentats. Ara bé, de la mateixa forma, els valors màxims ($161 \pm 9,0$ bat/min), en relació amb els altres BM, són certament reduïts. Aquest fet podria justificarse, o bé perquè els mateixos continguts de treball (accions musculars dinàmiques amb autocàrrega del tren superior, inferior i abdominal) no van ser prou exigents per als gimnastes o bé, un cop més, per un temps de treball excessiu que els va impedir de desenvolupar intensitats més elevades.

Per entendre la baixa sol·licitació cardíaca del BM de flexibilitat, se'n pot explicar la ubicació i la naturalesa dins la sessió: al final de tots els BM, i sota l'esquema d'una fase de tornada a la calma (estiraments estàtics passius). Igual com en l'escalfament general, el temps de treball va ser continu, fet que queda patent en les gràfiques de FC, amb la no aparició dels característics pics màxims de la resta dels BM (Figura 4). A més a més, els gimnastes, seleccionats per entrenar en el Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallès, ja tenien elevats nivells d'amplitud de moviment. En cas contrari, amb tota probabilitat aquest BM s'hauria caracteritzat per valors significativament més elevats de FC. Seria el cas, per exemple, de treballs assistits o resistits que permetessin d'assolir els rangs de moviments considerats com a òptims.

Els elevats valors mínims (FC_{mín}) de les transicions s'emmarquen en la mitjana d'altres aparells (terra, cavall amb arcs, paral·leles, barra fixa...). Aquest fet podria ser a causa de la constant motivació dels gimnastes que, gràcies a la frisança de l'entrenador, trigaven

Terra	Cavall amb arcs	Anelles	Plataforma de salts	ParaHeles	Barra fixa	Referència
139	–	–	–	151	–	Seliger, 1970
–	179 ± 4	181 ± 4	–	180 ± 6	182 ± 5	Montpetit, 1976
183 ± 11	173 ± 9	175 ± 10	–	175 ± 15	182 ± 12	Goswami i Gupta, 1998
186 ± 11	185 ± 11	–	162 ± 14	180 ± 11	185 ± 9	Jemni et al., 1998
186	188	187	160	183	187	Le Chevalier et al., 1999
182 ± 2	174 ± 8	170 ± 15	–	176 ± 5	183	Viana i Lebre, 2005

Taula 7

Valors de FCmàx (bat/min) obtinguts en diferents estudis de gimnastes adults durant les diferents rutines competitives.

menys del que és habitual a canviar d'un BM a l'altre, a més d'estar sempre en moviment i dempeus.

De les 4 h d'entrenament, aproximadament 2:30 h els gimnastes treballen entre el 50-70 % de la FCmàx (100-140 bat/min). Aquests valors podrien considerar-se dins de la normalitat en contemplar la dinàmica dels BM utilitzats. Tanmateix, aquests valors de FC no reflecteixen la demanda cardíaca de la globalitat de l'entrenament. Així, les dades obtingudes mostren intensitats de treball prou elevades (70-80%-80 FCmax) i mantingudes en el temps (45 minuts) com per a poder suggerir un tipus d'entrenament en què s'incideix en la millora del component aeròbic (Tschiene, 1984). Tanmateix, per la pròpia naturalesa de l'esforç gimnàstic i com ja s'ha justificat anteriorment, únicament el BM de salt (30 minuts) podria enquadrar-se sota aquesta perspectiva.

En representar únicament el 7 % del temps total de la sessió, no es pot considerar que els valors de FC superiors al 80 % de la FCmàx siguin prou representatius de l'esforç total d'aquesta. No obstant això, aquestes intensitats sí que són representatives de totes les pujades a l'aparell que han suposat un esforç submàxim. A més a més, encara que els seus valors no arribin a ser tan elevats, són els que es trobaran com a més pròxims posteriorment, en finalitzar la seva rutina competitiva (Grousard i Delamarche, 2000).

Les dades del nostre estudi suggereixen que el perfil de la demanda cardíaca durant l'entrenament dels joves gimnastes no coincideix en absolut amb la de gimnastes adults durant la competició (Taula 7). A més a més, únicament s'ha trobat un estudi, estrictament descriptiu, sobre el comportament de la FC durant l'esforç d'entrenament en adults (Marina, 1990). Els seus resultats confirmen les diferències, cada vegada més grans, entre el procés d'entrenament de gimnastes de diferent edat i nivell.

Els PFC són homogenis únicament quan els circumscriu dins d'un mateix BM, durant un determinat dia,

en un subjecte en concret. Tanmateix, les següents 2 hipòtesis de l'estudi no es confirmen: el perfil de FC de cada BM no es reproduceix d'una sessió a una altra per a un mateix subjecte, i com a conseqüència de l'anterior, tampoc entre subjectes. L'alta variabilitat mostrada per la FC no permet d'establir més relacions que la trobada en el primer objectiu de l'estudi. Finalment, cal assenyalar que s'inicia una línia d'investigació inèdita fins ara: analitzar les demandes metabòliques en gimnàstica artística amb poblacions prepuberals durant l'entrenament.

Conclusions

En gimnàstica artística, l'esforç realitzat en l'elit competitiva difereix del realitzat pels joves gimnastes durant les primeres etapes de preparació. No obstant això, la millora de la base aeròbica en aquest període tampoc no queda assegurada per l'entrenament gimnàstic, ja que estarà condicionada a l'elecció per part de l'entrenador del tipus i distribució dels continguts.

La FC, igual com s'esdevé quan es valora l'esforç competitiu en gimnàstica artística d'elit, no resulta convenient com a indicador de l'esforç d'entrenament en joves gimnastes. Malgrat estructurar la sessió mitjançant BM (blocs metodològics amb continguts de treball intencionadament semblants), l'afectació cardíaca varia, no solament entre subjectes, sinó també per a un mateix subjecte en dies diferents. La seva utilitat se circumscriu així a la valoració de l'entrenament d'un subjecte en un moment determinat.

Amb tot, determinades formulacions d'estimació de la càrrega externa, basades més en la dificultat, volum de repeticions i temps utilitzat a realitzar-les (Gajdos, 1983), i malgrat no reflectir realment la via energètica preponderant ni la demanda metabòlica del moment, resulten més convenientes per als entrenadors a l'hora d'ajustar la càrrega d'entrenament. Els continguts treballats i el grau

de compliment d'aquests representen així un dels paràmetres més objectius que es poden utilitzar en GA.

La FC es troba condicionada, a més a més, per la contínua optimització de l'aprenentatge tècnic, que fa que l'execució de l'element tècnic sigui més eficaç i eficient. Això últim disminueix, per a un mateix element, l'exigència física al llarg de la carrera esportiva del gimnasta. En aquest sentit, la durada de l'estudi (15 dies), que sí que reflecteix l'alta variabilitat de la FC, no és suficient per observar-ne la tendència a disminuir.

Un altre aspecte a considerar és la mateixa dinàmica de l'entrenament en aquesta especialitat esportiva, on les magnituds de la càrrega no es mesuren en metres, quilos o segons. Tot això repercuteix en continus canvis "in situ", la qual cosa dificulta el compliment rigorós dels protocols de seguiment propis del mètode científic.

Referències

- Astrand, P. i Rodahl, K. (1977). Textbook of work physiology. New York, NY: McGraw-Hill.
- Bale, P. i Goodway, J. (1990). Performance variables associated with the competitive gymnast. *Sports Medicine*, 10 (3), 139-145.
- Braden, D. S. i Strong, W. B. (1989). Cardiovascular responses and adaptations to exercise in childhood. *Youth, exercise and sport*. A. C.V. Gisolfi i D.R. Lamb: Perspectives in exercise science and sports medicine (pàgs. 293-334). Indianapolis: Benchmark.
- Bruggemann, G. P.; Cheatham, P. J.; Alp, Y. i Arampatzis, D. (1994). Approach to a biomechanical profile of dismounts and release-regrasp skills of the high bar. *Biomechanics*, 515-537.
- Bunc, V. i Petrizilkova, Z. (1994). Energy cost of selected exercise in elite female gymnasts. *Acta Universitatis Carolinae Kinaanthropologica*, 30 (2), 11-18.
- Colman, A. L. (1965). The Valsalva maneuver: a versatile clinical tool. *Am Acad Gen Practice* (31), 92-98.
- Faria, I. E. i Phillips, A. (1970). A study of telemetered cardiac response of young boys and girls during gymnastics participation. *Journal of Sports Medicine* (10), 145-150.
- Fuenmayor, A. J.; Fuenmayor, A. M.; Winterdaal, D. M. i Londono, G. (1992). Cardiovascular responses to Valsalva maneuver in physically trained and untrained normal subjects. *J Sports Med Phys Fitness*, 32 (3), 293-298.
- Gajdos, A. (1983). Charge de entraînement et sa détermination en gymnastique sportive. A. A. Gadjos, Préparation et entraînement a la gymnastique sportive (pàgs. 103-112). Paris (France): Éditions Amphora.
- Goswami, A. i Gupta, S. (1998). Cardiovascular stress and lactate formation during gymnastic routine. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* (38), 317-322.
- Grossard, C. i Delamarche, P. (2000). Profil physiologique de jeunes gymnastes masculin de niveau national et international. A. B. G. Bardy, T. Pozzo, P. Nouillot, N. Tordi, P. Delemarche, C. Ferrand, Y. Leziart, D. Hauw, J. Aubert, M. Loquet, A. Durny, i J. F. Robin. Actes des 2smes Journées Internationales d'Etude de l'AFRAGA (pàgs. 48-51). Université de Rennes, Rennes, France: L'Association Française de Recherche en Activités Gymniques et Acrobatiques (AFRAGA).
- Hill, D. W. i Butler, S. D. (1991). Hemodynamic responses to weightlifting exercise. *Sports Med*, 12 (1), 1-7.
- Iwasaki, K.; Shiozawa, T.; Kamiya, A.; Michikami, D.; Hirayanagi, K.; Yajima, K.; Iwase, S. i Mano, T. (2005). Hypergravity exercise against bed rest induced changes in cardiac autonomic control. *Eur J Appl Physiol*, 94 (3), 285-91.
- Jemni, M.; Friemel, F.; Le Chevalier, J. M.; Origas, M.; Barbieri, L.; Thoule, B. i Mermet, P. (1998). Gymnastique Artistique Masculine: Fréquence cardiaque et lactatémie. *GYM'Technic* (22), 27-32.
- Jemni, M.; Friemel, F.; Le Chevalier, J. M. i Origas, M. (2000). Heart rate and blood lactate concentration analysis during a high-level men's gymnastics competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14 (4), 389-394.
- Jemni, M.; Friemel, F.; Sands, W. i Mikesky, A. (2001). Evolution of the physiological profile of gymnasts over the past 40 years. A review of the literature. *Can J Appl Physiol*, 26 (5), 442-56.
- Kirby, B. J.; Kirby, R. M. (1997). Heart rate variability in 11- to 16-year-olds. A. B. Armstrong, B. Kirby, i J. Welsman. *Children and Exercise XIX* (pàgs. 434-439). London: E i FN Spon.
- Kniffin, M.; Whitaker, D. C. i Harry, D. (1976). Intensity of exercise during selected gymnastics skills. *International Gymnast*, 51 (2), 51.
- Kozar, A. J. (1962). Telemetered heart rates recorded during gymnastic routines. *The Research Quarterly*, 34 (1), 102-106.
- Le Chevalier, J. M.; Origas, M.; Stein, J.-F.; Fraisse, F.; Barbieri, L.; Mermet, P.; Thoulé, B.; Colombo, C.; Friemel, F. i Jemni, M. (1999). Comparaison de 3 séances d'entraînement type chez des gymnastes espoirs. *GYM'Technic* (27), 24-31.
- Le Chevalier, J. M.; Origas, M.; Szczesny, S.; Fraisse, F.; Stein, J.-F. B. L.; Mermet, P.; Thoulé, B.; Colombo, C. i Friemel, F. J. M. (1998). Profil physiologique des gymnastes espoirs masculins. *GYM'Technic* (25), 23-27.
- Léger, L. (1996). Aerobic Performance. A. D. Docherty (Editor), *Measurement in Pediatric Exercise Science* (pàgs. 183-224). United States of America: Human Kinetics.
- Leger, L.; Lambert, J.; Goulet, A.; Rowan, C. i Dinelle, Y. (1984). Aerobic capacity of 6 to 17-year-old Quebecois--20 meter shuttle run test with 1 minute stages. *Can J Appl Sport Sci*, 9 (2), 64-9.
- Leger, L.; Mercier, D.; Gadoury, C. i Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*, 6 (2), 93-101.
- Marais, G.; Dupont, L.; Maillat, M.; Weissland, T.; Vanvelcenaher, J. i Pelayo, P. (2002). Cardiorespiratory and efficiency responses during arm and leg exercises with spontaneously chosen crank and pedal rates. *Ergonomics*, 45 (9), 631-9.
- Marina, M. (1990). Valoración de la frecuencia cardíaca en gimnasia artística. *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, IV (5), 7-13.
- Martos, E. (1991). Performance measurement of female gymnasts. *Hungarian Review of Sports Medicine*, 32 (2), 99-106.
- Montgomery, D. L. i Beaudin, P. A. (1982). Blood lactate and heart rate response of young females during gymnastic routines. *J Sports Med Phys Fitness*, 22 (3), 358-65.
- Montpetit, R. R. (1976). Physiology of gymnastics. A. J. H. Salmela. *The Advanced Study of Gymnastics* (pàgs. 183-214). Springfield, IL: Charles C. Thomas.
- Rodríguez, F. A. i Aragonés, M. T. (1992). Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico. A. J. González (ed.), *Fisiología de la actividad física y del deporte* (pàgs. 237-278). Madrid: Interamericana-McGraw/Hill.
- Sands, W. A.; Irvin, R. C. i Major, J. A. (1995). Women's gymnastics: The time course of fitness acquisition. A 1 year study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9 (2), 110-115.
- Schneider, D. A., Wing, A. N., i Morris, N. R. (2002). Oxygen uptake and heart rate kinetics during heavy exercise: a comparison between arm cranking and leg cycling. *Eur J Appl Physiol*, 88 (1-2), 100-6.
- Seliger, V.; Budka, I.; Buchberger, J.; Dosoudil, F.; Krupova, J., Libra, M. i Yabe, K. (1970). Métabolisme énergétique au cours des exercices de gymnastique. *Kinaanthropologie* (2), 159-169.
- Skubic, V. i Hodgkins, J. (1967). Relative strenuousness of selected sports as performed by women. *Research Quarterly*, 38 (2), 305-313.
- Tremayne, P. i Barry, R. J. (1988). An application of psychophysiology in sports psychology: heart rate responses to relevant and irrelevant stimuli as a function of anxiety and defensiveness in elite gymnasts. *Int J Psychophysiol*, 6 (1), 1-8.
- Tschieni, P. (1984). El sistema dell'allenamento. *Rivista Di Cultura Sportiva. Scuola Dello Sport*, 3 (1), 43-51.
- Turley, K. R.; Martin, E.; Marvin, E. i Cowley, K. S. (2002). Heart rate and blood pressure responses to static handgrip exercise of different intensities: Reliability and adult versus child differences. *Pediatric Exercise Science* (14), 45-55.
- Vander, A. J.; Sherman, J. H. i Luciano, D. S. (1970). *Human physiology. The mechanisms of body functions*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Viana, J. i Lebre, E. (2005). Heart rate analysis during men and women's artistic gymnastics routines. 5^{ème} Journées Internationales de l'AFRAGA (pàgs. 81-83). Créteil (France): Edition AFRAGA.
- Yoshiga, C. C. i Higuchi, M. (2002). Heart rate is lower during ergometer rowing than during treadmill running. *Eur J Appl Physiol*, 87 (2), 97-100.