

Vicente Ortiz Cervera,
*Llicenciat en Educació Física, Facultat de les
Ciències de l'Activitat Física i l'Esport.
First degree, Delaware, EUA.
Especialista en entrenament de força i
condicionament físic, EUA.*

TESTOSTERONA: EFECTES FISIOLÒGICS EN L'ORGANISME I RESPOSTES A L'ENTRENAMENT DE FORÇA

Resum

Revisió dels efectes fisiològics de la testosterona i de la seva resposta davant les variables de l'entrenament de força. Es conclou que les programacions de força amb un volum elevat d'entrenament, intensitat de càrrega elevada, períodes breus de recuperació entre sèries, determinat nombre de repeticions, entrenaments fets per les tardes i sessions prolongades amb pesos elevats són els factors determinants per a l'augment de la secreció de testosterona i, en conseqüència, d'un gran desenvolupament de la hipertròfia muscular i de la força.

Paraules clau: testosterona, entrenament de força, hipertròfia muscular, variables de l'entrenament.

Introducció

La testosterona és un androgen, és a dir, una hormona esteroide que determina les característiques distintives de la persona masculina. És una hormona amb efectes anabolitzants que influeix en el manteniment i el desenvolupament del múscul i de l'os (7); la produeixen les cèl·lules intersticials de Leydig (situades en els testicles) i l'escorça suprarenal. La testosterona és transportada en el plasma unida a una proteïna, la globulina B, que fixa del 97 al 99% de la testosterona plasmàtica, mentre que la resta queda com a fracció lliure. La

testosterona circula per la sang entre 15 i 30 minuts (8); es fixa en els teixits o es metabolitza en productes inactius, que posteriorment s'eliminen per l'orina (8), mitjançant el fetge. La dona en secreta quantitats molt petites tant en l'ovari com en les glàndules suprarenals.

La testosterona actua en la majoria dels teixits corporals com l'adipós, certs nuclis del cervell, el múscul esquelètic, etcètera (8, 7, 14).

Funcions fisiològiques

La testosterona, que probablement comença a ser elaborada pel fetus masculí el segon més de vida embrionària, té una influència crítica en la reproducció. La seva secreció per les crestes genitals i els testicles origina el desenvolupament de les característiques genitals i és d'una gran importància per al control de l'espermatoïtògenesis (7, 14). La testosterona té a veure, alhora, amb les característiques masculines com el desenvolupament dels caràcters sexuals primaris i secundaris (la distribució del pèl corporal, la calvície, la veu, la pell, l'aparició de l'acne, el desenvolupament de la libido i el comportament agressiu).

La testosterona contribueix positivament a l'estimulació, el creixement i el desenvolupament de les cèl·lules musculars (15), malgrat que no repercuteix en el nombre. L'increment de la massa muscular o hipertròfia muscular, el causa la síntesi de glicogen muscular i l'augment dels dipòsits de fosfocreatina i proteïnes contràctils del múscul (5).

El dipòsit de proteïnes finalitza al cap d'uns quants mesos, encara que hi hagi una aportació externa de testosterona (5, 7). Aquest procés no té lloc si s'estimula el múscle mitjançant un entrenament de força amb sobrecàrregues a partir de determinades edats (1, 2, 3). Alhora la testosterona produeix un increment en la gruixària de l'os i del dipòsit de sals càlciques, la qual cosa comporta un augment de la quantitat de matriu òssia i de la retenció càlcica; aquest procés té com a resultat ossos més grans i forts (3, 4, 7). D'altra banda, en alguns casos, si la concentració és elevada, comporta problemes en els plats epifisials dels ossos dels nens (14). La testosterona té efectes positius en el metabolisme basal; de fet, quantitats molt elevades de testosterona poden arribar a augmentar-lo d'un 15%. Malgrat que les investigacions sobre la testosterona i el seus efectes sobre l'augment de glòbuls vermells no són del tot clares, podria tenir-hi molt a veure. Altres investigacions inclouen l'increment en la gruixària de la pell, la resistència dels teixits cutanis, el dipòsit de quantitats creixents de melanina en la pell i la intensitat de secreció d'algunes glàndules sebàcies, en particular les de la cara (7, 14, 18).

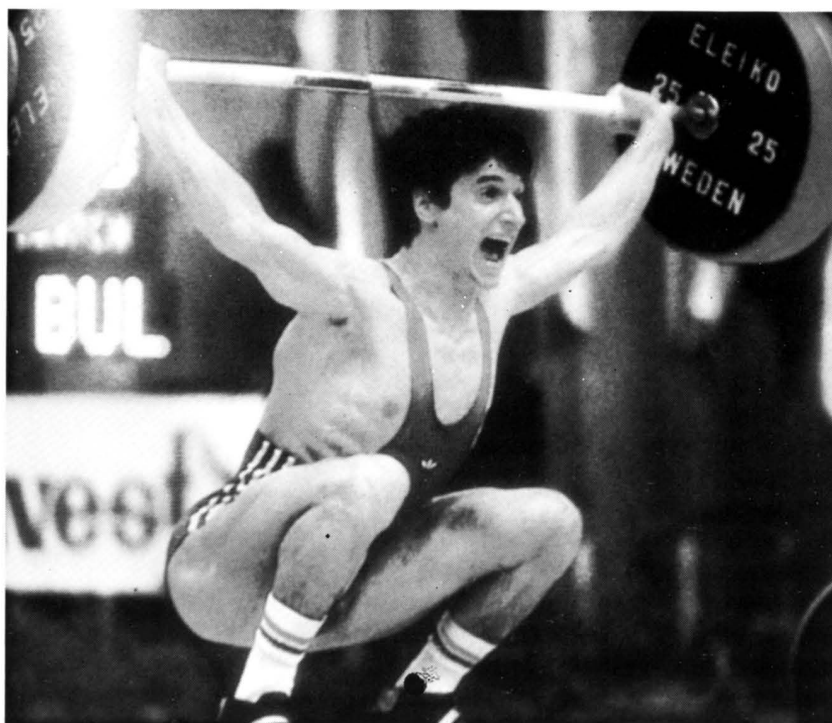
Evolució dels nivells de testosterona segons l'edat i el sexe

Les variacions de les secrecions hormonals són responsables de molts dels canvis significatius en nens i nenes durant la pubertat, però no anteriorment.

A mesura que el nen o la nena va creixent, augmenten la seva talla i el seu pes sense cap tipus d'entrenament a causa de la influència dels canvis hormonaals (7, 15). La testosterona té una relació directa amb el desenvolupament de la força de l'infant (16; vegeu la figura 1).

En les nenes, altres hormones com els estrògens i l'hormona del creixement fan funcions similars. La testosterona assoleix valors absoluts a partir dels 14 o 15 anys i posteriorment es manté constant fins als 40 anys d'edat, a partir dels quals devala progressivament fins als 70. La secreció de testosterona manté un ritme circadiari en el qual la concentració mitjana és menor pel matí que per la tarda.

Els homes tenen nivells de testosterona molt superiors a les dones (entre 10 i 20 cops superiors), la qual cosa és una de les causes de la gran diferència de massa muscular i de força entre homes i dones (7, 15, 23). En el període menstrual de la dona s'ha comprovat un augment dels nivells de testosterona i d'andrògens (hormona femenina secretada per la glàndula adrenal i pels ovaris) durant els dos terços del procés menstrual (21).



Respostes fisiològiques a l'entrenament de força

Segons les concepcions més actuals dins del camp de l'entrenament esportiu, la força es defineix com "la capa-

citat que té el múscul de generar tensió muscular"; segons el temps durant el qual es generi tensió muscular, el tipus de força variarà (17). Els diferents tipus de força són els següents:

1. Força explosiva: suposa aplicar la màxima tensió muscular en el mínim temps possible. Un clar exemple d'aquest tipus de força són els salts o els llançaments.
2. Força màxima: és l'aplicació de la màxima tensió muscular sense tenir en compte el factor temps (p. ex. un aixecament màxim en *power lifting*).
3. Força-resistència: és la generació d'una tensió muscular elevada però no màxima durant un període de temps llarg (p. ex. una prova de rem).

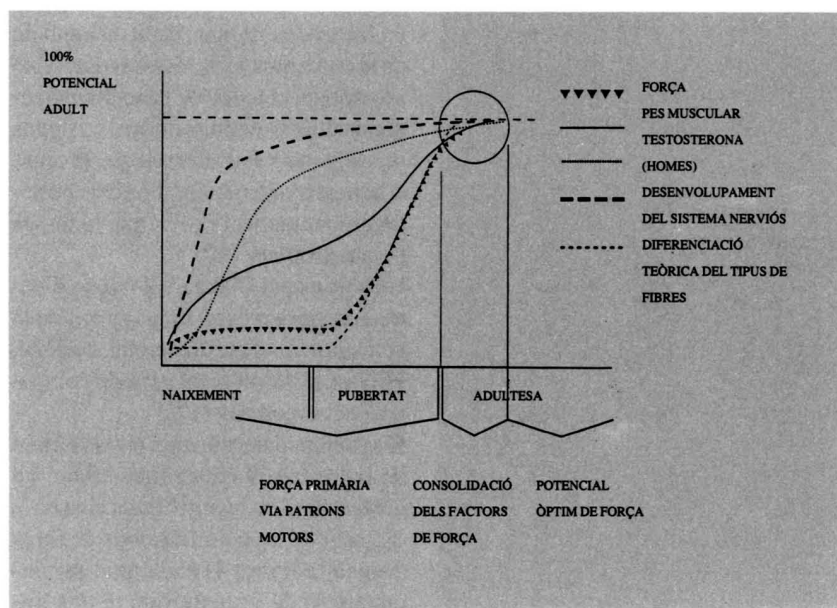


Figura 1

Amb les mesures fetes sobre la testosterona i la seva resposta a l'entrenament de força es demostra que l'entrenament de força amb sobrecàrregues incrementa la concentració de testosterona per damunt dels nivells que els practicants de l'halterofília posseeien en repòs (4, 8, 12, 22; vegeu la figura 2) sense



que hi hagi diferències significatives entre iniciats i avançats.

Les variables de l'entrenament de força explosiva i màxima (vegeu la figura 3) i la seva relació amb la producció de testosterona són factors molt importants que cal considerar.

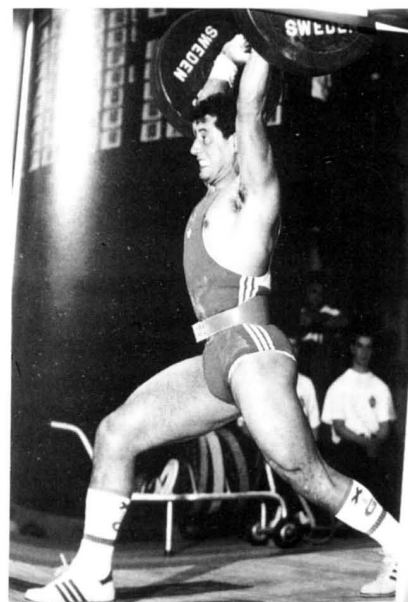
De fet, la producció de testosterona és més elevada quan els temps de descans entre sèries es redueixen malgrat que es mantingui la intensitat (3). Per tant, cal considerar que la intensitat de la càrrega i el temps de recuperació entre sèries comporten un augment de la secreció de testosterona. Altres investigacions afirmen que el temps total de la sessió és un factor determinant que té una relació directa amb el temps durant el qual els nivells de testosterona romanen elevats (8, 12).

Altres investigacions de gran rellevància ens mostren que els canvis en la con-

centració de testosterona només són acceptables ($p < 0,005$) si la càrrega és elevada i, més concretament, entre el 70 i el 100% de la intensitat màxima (10, 11, 15, 22).

Un altre aspecte a tenir en compte és l'hora en què es duen a terme els entrenaments de força. Les investigacions més recents ens indiquen que les concentracions de testosterona en plasma minven significativament al matí i, al contrari, augmenten significativament per la tarda i per la nit (3, 10).

La capacitat d'augmentar els nivells de testosterona a llarg termini pateix variacions segons el nivell d'entrenament i la qualitat de l'esportista. En iniciats se n'ha observat un considerable augment de la concentració després de dotze setmanes d'entrenament amb sobrecàrregues; en canvi, en aixecadors d'elit s'ha observat que la concentra-



ció de testosterona al llarg d'un any d'entrenament ha anat minvant considerablement. A mesura que els aixecadors se situaven en el període precompetitiu, la concentració de testosterona disminuïa i augmentava la de les hormones LH i FSH. Una de les conclusions a què es va arribar amb aquest estudi és que la disminució del volum d'entrenament (nombre d'entrenaments, sèries, repeticions, exercicis, etcètera) i de la intensitat (9, 10, 12) és un factor determinant de la disminució de la concentració de testosterona. Això no obstant, el nivell de testosterona romanien dins dels límits normals. Alguns investigadors suggereixen que la causa d'aquest manteniment dins dels períodes precompetitiu és l'actuació de les gonadotropines (10).

Un altre estudi fet durant dos anys d'entrenament demostra un augment de la concentració de testosterona, cortisol, FSH i LH després del període competitiu del segon any (12).

Els factors determinants en la millora de la força són neuro-musculars; no obstant això, la hipertrofia és clau en la inclusió de les planificacions de força (vegeu la figura 4) en la qual la concentració de testosterona té una importància crucial.

Ref.	Descripció del subjecte	Núm. d'exercicis	Sèries /rep.	Intensitat (% de 1RM)	Resposta test. (%)
4	Aixecador universitari (+ de 2 anys d'ent.)	1	5/5	-	+25
	Aixecador universitari iniciat	1	5/5	-	+14
	Aixecador iniciat d'ensenyament secundari	1	3/5	-	+3
8	Aixecador avançat (1 any d'ent.)	1	6/8 1/fins a la fallada muscular	70	+7
21	Esportistes familiaritzats amb l'ent. d'halterofília	4	3/fins a la fallada muscular	80	+22
12	Aixecadors d'elit d'entrenament de matí (a.m.)	3	5-10/1-3	70-100	+13
	Aixecadors d'elit d'entrenament de tarda (p.m.)	3	5-10/1-3	70-100	+37

Figura 2. Respostes de la testosterona a l'entrenament de força

- SÈRIES: bloc de repeticions d'un moviment realitzades de manera consecutiva.
- REPETICIONS: execució d'un moviment o exercici.
- TEMPS DE DESCANS: recuperació necessària entre sèries i exercicis per tornar als estats inicials d'ATP-PC al múscul.
- TEMPS D'EXECUCIÓ: temps necessari o establert per acabar una sèrie.
- TEMPS DE LA SESSIÓ: temps idoni de durada d'un entrenament segons les característiques de l'esportista, tipus de qualitat de força i tipus d'exercici, etc.
- ORDENACIÓ D'EXERCICIS: estructura i ordre en què estan ordenats els exercicis uns rere els altres en la sessió d'entrenament.
- ELECCIÓ D'EXERCICIS: tipus d'exercicis (localitzats o multiarticulars) i funció específica.
- INTENSITAT DE LA CÀRREGA UTILITZADA: implica la sobrecàrrega que s'ha de moure en cada exercici. Es mesura mitjançant el percentatge d'1 RM o mitjançant repeticions màximes.

Figura 3. Variables de l'entrenament de força

- Tenir en compte els períodes curts de recuperació entre sèries a l'hora de millorar la hipertrofia muscular (menys de 3 minuts).
- Buscar la fallada muscular en cada sèrie o combinar els períodes curts de recuperació entre sèries amb la fallada muscular.
- Planificar un volum alt d'entrenament si volem millorar la hipertrofia muscular.
- Establir intensitats elevades en l'entrenament a l'hora de planificar (per damunt del 70% d'1 repetició màxima).
- No ultrapassar els límits de durada de la sessió d'entrenament.
- Tenir en compte les diferències amb les esportistes a l'hora de planificar l'entrenament i posar també l'accent en altres factors (factors neuro-musculars) que milloren més la força en la dona.

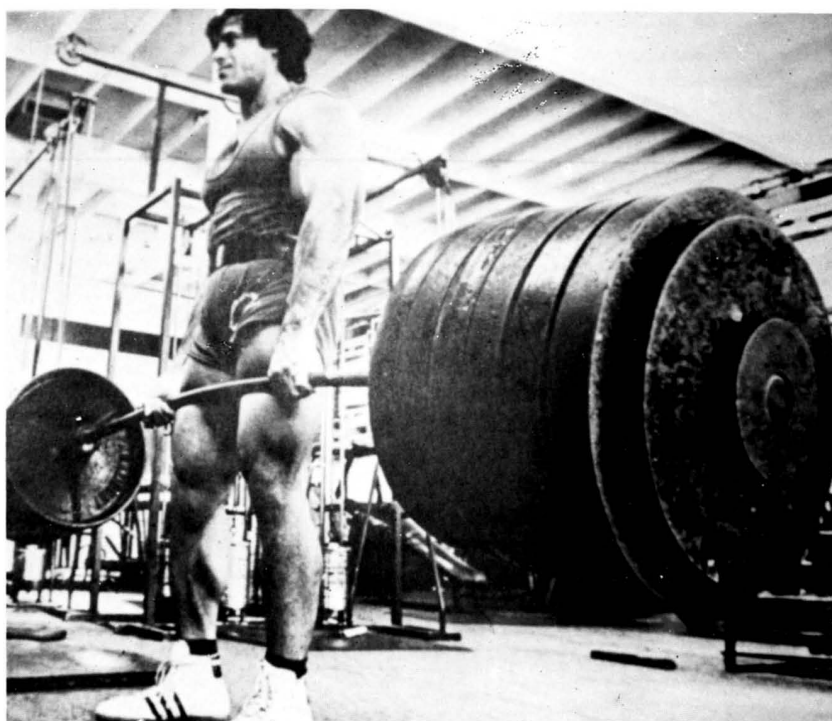
Les investigacions actuals postulen que, en les dones, els nivells de testosterona en repòs (23) i durant l'entrenament de força (22) són molt més baixos. Especialistes en aquest camp, com Hakkinen, Kraemer, Stone i altres, indiquen que probablement l'ús d'anabolitzants en les dones podria comportar uns resultats millors en el desenvolupament de la força que en els homes. Informes empírics afirmen que les dones aconsegueixen millors resultats en els tests tres o quatre dies després de l'inici de la menstruació.

Conclusions

Un cop valorada la revisió bibliogràfica sobre les respostes fisiològiques de la testosterona a l'entrenament de força, se suggereix l'aplicació de les conclusions següents a l'entrenament de força en esportistes adults:

- Insistir en el factor d'hipertrofia muscular com a generador de força un

cop la secreció de testosterona associada a nivells similars als dels adults (15-16 anys).



Bibliografia

- (1) ADLERCREUTZ, H., HARKONEN, M., KUOPPASALMI, K., NAVERI, H., HUHTANIEMI, L., TIK-



Preparació → 1 transició → Competició → 2 transició (descans actiu)

Fases	Hipertrofia	Força bàsica	Força i potència	Posada a punt * manteniment de la força
sèries	3-10	3-5	3-5	1-3
repetic.	8-12	4-6	2-3	1-3
dies d'entr. setmanal	3-4	3-5	3-5	1-5
núm. d'entr. diaris	1-3	1-3	1-2	1
intensitat en els cicles**	2-3/1	2-4/1	2-3/1	-
intensitat	baixa	alta	alta	de molt alta a baixa
volum	alt	moderat a baix	baix	molt baix

* Posada a punt de força per a esports amb una posada a punt definida i concreta o bé per a un manteniment de la força en esports amb un llarg període competitiu com el futbol americà.

** Intensitat en els cicles: establiment de 3 o 4 microcicles amb augment progressiu de la càrrega i un final de descàrrega.

Figura 4. Planificacions de força

- HANEN, H., REMES, K., DESSYPRIS, A. i KARNOVEN, J. (1986) "Effects of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise", *International Journal of Sports Medicine*, 7, p. 27-28, supplement.
- (2) BOONE JR, J.B., LAMBERT, C.P., FYNN, M.G., MICHAUD, T.J., RODRIGUEZ-ZAYAS, J.A. i ANDRÉS, F.F. (1990) "Resistance exercise effects on plasma cortisol, testosterone and creatine kinase activity in anabolic-androgenic steroids users", *International Journal of Sports Medicine*, 11, p. 293-297.
- (3) DOLVE, P.A., SEDIMAN, D.S., BURSTEIN, R., ARNON, R. i EPSTEIN, Y. (1990) "Androgenic response to long-term physical training in male subjects", *International Journal of Sports Medicine*, 11, p. 421-424.
- (4) FAHEY, TESTOSTERONA.D., ROLPH, R., MOUNGME, P., NAGEL, J. i MARTARA, S. (1976) "Serum concentration, body composition and strength of young adults", *Med. Sci. Sports*, 8, p. 31-34.
- (5) GRIGGS, R.C., KINGSTONE, W., JOZEFOWICZ, R.F., HERR, B.F., FORBES, G. i HALLIDAY, D. (1989) "Effects of testosterone on muscle mass and protein synthesis", *Journal of Applied*

- Physiology*, 66, p. 498-503.
- (6) GUEZENNEC, Y., LEGER, L., LHOSTE, F., AYMOND, M. i PESQUES, P.C. (1986) "Hormone and metabolite response to weight lifting training sessions", *International Journal of Sports Medicine*, 7, p. 100-105.
- (7) GUYTON, A.C. (1984) *Tratado de fisiología médica*, p. 1176-1182. México: Ed. Interamericana.
- (8) GUGLIELMINI, C., PAOLINI, A.R. i CONCONI, F. (1984) "Variations of serum testosterone concentration after physical exercise of different duration", *International Journal of Sports Medicine*, 5, p. 246-249.
- (9) HAKKINEN, K., PAKARINEN, A., ALEN, M., KAUHANEN, H. i KOMI, P.V. (1987) "Relationships between training volume, physical performance capacity, and serum hormone concentration during prolonged training in elite weightlifters", *International Journal of Sports Medicine*, 8, p.61-65, supplement.
- (10) HAKKINEN, K., PAKARINEN, A., ALEN, M., KAUHANEN, H. i KOMI, P.V. (1988) "Daily hormonal and neuromuscular responses to intensive strength training in 1 week", *International Journal of Sports Medicine*, 9, p. 422-428.
- (11) HAKKINEN, K., PAKARINEN, A., ALEN, M.,

KAUHANEN, H. i KOMI, P.V. (1988) "Neuromuscular and hormonal responses in elite athletes to two successive strength training sessions in one day", *European Journal of Applied Physiology*, 57, p. 133-139.

- (12) HAKKINEN, K., PAKARINEN, A., ALEN, M., KAUHANEN, H. i KOMI, P.V. (1988) "Neuromuscular and hormonal adaptation in athletes to strength training in two years", *Journal of Applied Physiology*, 65, p. 2406-2412.
- (13) HAKKINEN, K., PAKARINEN, A., ALEN, M., KAUHANEN, H. i KOMI, P.V. (1988) "Serum hormones during prolonged training of neuromuscular performance", *European Journal of Applied Physiology*, 53, p. 287-293.
- (14) HEDGE, G.A., COLBY, H.D. i GOODMAN, R.L. (1987) *Clinical Endocrine Physiology*. Filadèlfia: P.A. W.B. Saunders, p. 161-188
- (15) KRAEMER, W.J., MARCHITELLI, L., GORDON, S., HARMON, E., DZIADOS, J., MELLO, R., FRYKMAN, P., MCCURRY, D. i FLECK, S. (1990) "Hormonal and growth factors responses to heavy resistance exercise", *Journal of Applied Physiology*, 69, p. 1442-1450.
- (16) KRAEMER, W.J., FRY, A.C., FRYKMAN, P.N.M., CONROY, B. i HOFFMAN, J. (1989) *Resistance training and youth. Pediatric Exercise Science 1*, p. 336-350.
- (17) KOMI, P. (1994) *Strength and Power in Sport*, p. 150-170. Blackwell Scientific.
- (18) MOORADIAN, A. D., MORELY, J. E. i KORENMANN, S. G. (1987) "Biological actions of androgens", *Endocrine Reviews*, 8, p. 1-28.
- (19) POWERS, M. L. i FLORINI, J. R. (1975) "A direct effect of testosterone on muscle cells in culture", *Endocrinology*, 97, p. 1043-1047.
- (20) STONE, M. H., O'BRYAN, H. i GARHAMMER, J. (1981) "A Hypothetical Model for Strength training", *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 21, p. 342-351.
- (21) VALETTE, A., VERADOUR, B. i BOYER, J. (1983) "Plasma testosterone levels during the menstrual cycle", *Journal for Clinical Endocrinology and Metabolism*, 40, p. 160-162.
- (22) WEISS, L. W., CURETON, K. J. i THOMPSON, F. N. (1983) "Comparison of serum testosterone and androstenedione responses to weightlifting in men and women", *European Journal of Applied Physiology*, 50, p. 413-419.
- (23) WELLS, C. L. i PLOWMAN, S. A. (1983) "Sexual differences in athletic performance: biological or behavioral?", *The Physician and Sports Medicine*, 11, p. 52-63.