

Excreció urinària d'andrògens després de realitzar una sessió de força

RAFAEL TIMÓN ANDRADA¹

GUILLERMO OLCINA CAMACHO²

DIEGO MUÑOZ MARÍN²

ANGEL GALÁN MARTÍN³

JUAN I. MAYNAR MARIÑO³

MARCOS MAYNAR MARIÑO²

M^a JESÚS CABALLERO LOSCOS

1. Departament de Didàctica de
l'Expressió Musical, Plàstica i Corporal.

Facultat de Formació del Professorat.

Universidad de Extremadura. Càceres.

2. Departament de Fisiologia. Facultat

de Ciències de l'Esport. Universidad

de Extremadura. Càceres.

3. Departament de Química Analítica.

Facultat de Ciències. Universidad de

Extremadura. Badajoz.

4. Departament de Farmacologia i

Psiquiatria. Facultat de Medicina.

Universidad de Extremadura. Badajoz.

CORRESPONDÈNCIA:

Rafael Timón Andrada

Av/ Rodríguez de Ledesma 18, Blq. 6, 2^oA

10.001. Càceres

Tlfno: 927-230122 Fax: 927257461

e-mail: rtimon@unex.es

RESUM: Les hormones androgèniques, i de forma especial la testosterona, desenvolupen un paper fonamental en l'estimulació de l'anabolisme proteic i, per tant, també juguen un important paper en la fase de recuperació després de fer exercici. Per això hem intentat valorar les modificacions d'aquestes hormones després de realitzar una rutina de treball de força, analitzant els seus perfils urinaris.

La tècnica d'anàlisi de les mostres s'ha fet per cromatografia de gasos-espectrometria de masses (GC/MS) després d'un procés químic de preparació de la mostra.

Fetes les anàlisi van poder observar com els nivells urinaris de testosterona, androgen d'origen testicular, van baixar significativament ($p < 0,01$) després de l'exercici, observant-se una recuperació a les 48 hores d'haver finalitzat la sessió.

En el cas de les hormones d'origen suprarenal, vam observar un comportament diferent: mentre que els nivells de DHEA van disminuir significativament ($p < 0,05$) a les tres hores de finalitzar la sessió, les nivells d'androstendiona tendien a incrementar-se.

PARAULES CLAU: Testosterona, DHEA, androstendiona, GC/MS, entrenament de la força.

SUMMARY. Androgenic hormones, especially testosterone, play an essential role during stimulation of the protean anabolism. Therefore, they also play an important role during the recovery phase after workout. This is the reason why we evaluated the acute modifications of these hormones after a session of strength training, analyzing the urinary profiles.

The technique used to analyse the samples is gas chromatography – mass spectrometry (GC/MS) after undergoing a chemical process to prepare them.

Having analysed them, we found out that the testosterone urinary levels, androgen of testicular origin, significantly decreased ($p < 0,01$) after workout, with a recovery of 48 hours after workout.

Regarding hormones of suprarenal origin, we found out a different pattern: while the DHEA levels significantly decreased ($p < 0,05$) 3 hours after workout, the androstenedione levels increased.

KEY WORDS: Testosterone, DHEA, Androstenedione, GC/MS, Strength training.

INTRODUCCIO

La pràctica d'exercici físic d'alta intensitat, i en especial el treball de força, provocarà variacions en els nivells hormonaals, no només de forma aguda, sinó també de forma crònica. La hipòtesi que es produeix una disfunció en l'eix hipofisari-hipotalàmic, amb una producció hormonal alterada, es veu confirmada en nombrosos estudis (Fry AC i cols., 1998⁽¹⁾; Luger A i cols., 1987⁽²⁾; Urhausen A i cols., 1998⁽³⁾; Adlercreutz H, 1986⁽⁴⁾).

Les hormones androgèniques, i de forma especial la testosterona, desenvolupen un paper fonamental en l'estimulació de l'anabolisme proteic i, per tant, també juguen un paper important en la fase de recuperació després de realitzar un exercici. En aquest sentit, l'exercici físic exhaustiu pot conduir a reduccions significatives en els nivells de testosterona en plasma (Hakkinen, 1989⁽⁵⁾; Hakkinen i Pakkarinen, 1991⁽⁶⁾), trobant-se disminuïda la capacitat secretora del testicle durant el període de recuperació (Kujala i cols., 1990⁽⁷⁾). Tanmateix, en altres estudis s'ha comprovat que els nivells de testosterona no varien significativament després d'un període d'entrenament, tant si és de força com de resistència combinada amb força (Izquierdo M i cols., 2001⁽⁸⁾; Hakkinen K i cols., 2000⁽⁹⁾; Brown G i cols., 2000⁽¹⁰⁾).

Si analitzem el comportament de la dehidroepiandrosterona (DHEA), andrògens d'origen suprarenal, es tornen a obtenir resultats contradictoris segons el tipus d'entrenament realitzat (Nishikaze, 1998⁽¹¹⁾; Filaire i Lac, 2000⁽¹²⁾; Keizer i cols., 1989⁽¹³⁾).

Aquesta controvèrsia pot trobar una explicació en el fet que els nivells d'hormones esteroides durant l'entrenament, la competició o la recuperació responen a càrregues de treball utilitzades. La intensitat, durada i volum durant l'entrenament determinarà el nivell d'activació del sistema endocrí (Marx i cols., 2001⁽¹⁴⁾; Lehmann M, 1992⁽¹⁵⁾; Kraemer WJ, 1988⁽¹⁶⁾; Ballarín E, 1986⁽¹⁷⁾).

L'objectiu de l'estudi, per tant, és intentar observar les variacions dels nivells urinaris d'andrògens, testiculars i suprarenals, després de realitzar un únic entrenament de força submàxima.

MATERIAL I METODE

L'estudi es va realitzar amb un grup de 15 universitaris, tots homes, de la Facultat de Ciències de l'Esport de la UEX, que no feien exercici de forma regular ni sistemàtica. Les característiques dels subjectes són exposades a la taula 1. Per ser inclosos a l'estudi, els atletes no havien de presentar cap tipus de patologia i, a més a més, no podien ingerir cap tipus

Taula 1

Característiques dels subjectes d'estudi

Subjectes	Edat	Alçada (cm)	Pes (kg)
Universitaris	22-26	178.8 ± 8.34	75.28 ± 9.58

de substàncies amb capacitat per interferir en la síntesi, metabolisme o excreció d'andrògens.

Cadascun dels subjectes va ser informat del procediment que es seguiria durant l'estudi. Així mateix, tots van ser sotmesos a un examen de salut per tal de poder descartar alguna patologia i tots van donar el seu consentiment voluntari acceptant les condicions de l'estudi.

La rutina d'exercicis es va realitzar a les 12:00 del migdia. La temperatura mitja i la humitat ambiental enregistrada en el gimnàs durant l'entrenament va ser de 23,4±2,6°C i entre un 60-70%, respectivament.

La rutina d'exercicis, després d'un escalfament de 10-15 minuts amb exercicis generals, va ser de 3 series x 10 repeticions, amb 3 minuts de recuperació entre sèrie i sèrie, a un 70-75% de la força màxima de càrrega (cinc dies abans d'aquesta sessió es van realitzar test màxims per determinar el 100% per a 1RM en cadascun dels grups musculars que s'han de treballar), en el ordre i amb els exercicis següents:

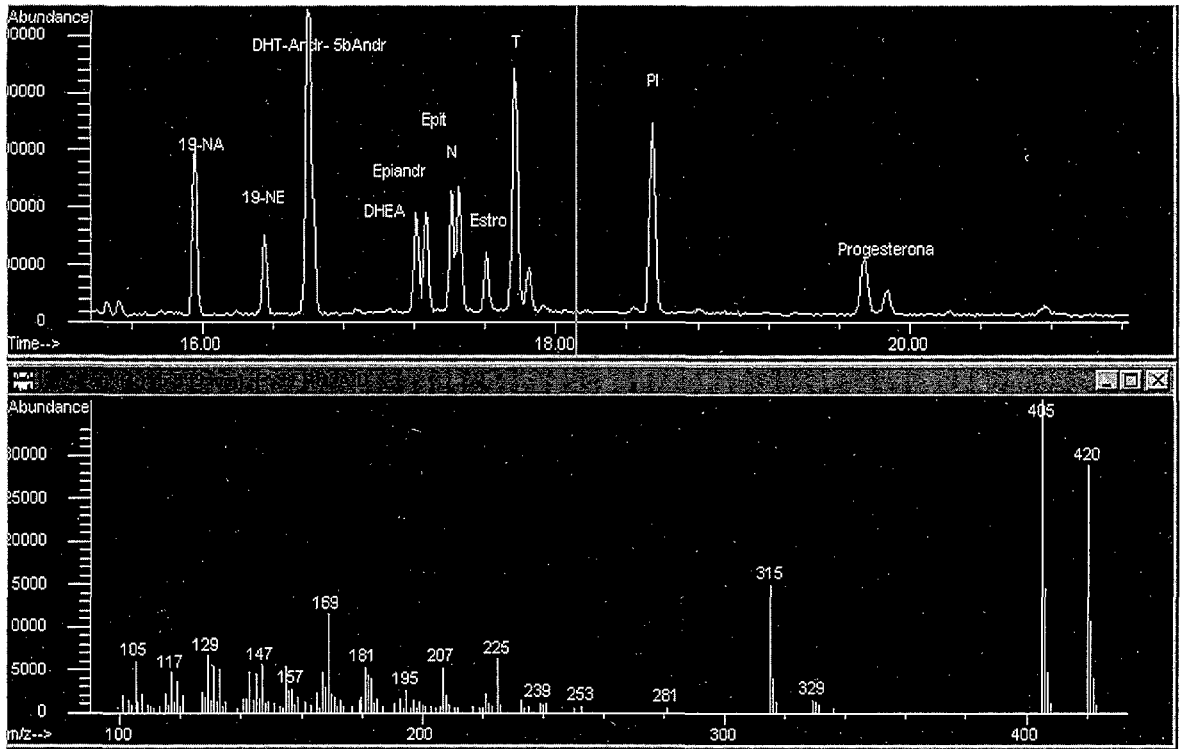
1. Press de banca
2. Tracció politija dorsal
3. Flexó-extensió de genolls en màquina
4. Press rera clatell
5. Isquiotibials
6. Curl de bíceps
7. Tríceps

Es van prendre mostres d'orina per determinar la concentració de testosterona, Dehidroepiandrosterona (DHEA) i Androstendiona. Es van fer un total de 4 mostres d'orina per cada subjecte. La orina es va recollir en repòs abans de realitzar l'exercici (A), immediatament després (B), a les hores d'acabar l'exercici (C) i a les 48 hores (D).

Les anàlisi es van realitzar per cromatografia de gasos-espectrometria de masses segons els mètodes de Galan i cols. (2001)⁽¹⁸⁾ (a la figura 1 es pot observar un cromatograma i un espectre d'una mostra d'orina després del seu tractament i anàlisi). L'equipament utilitzat per a l'anàlisi cromatogràfic va ser un HP 5890 SERIES II amb detector MSD 5972 (sistema GC/MS) en les següents condicions:

- Gas portador: He N-50, Fluxe: 1ml/min, split 40
- Temperatures: Detector: 280°C, Injector: 280°C
- Columna: HP-1 (Crosslinked Methyl Silicone Gum) de 25 m x 0,2 mm I.D. x 0,33 mm

Figura I Cromatograma i espectre de metabolits urinaris obtinguts per GC/MS.



- Forn: Inicial: 120°C, 2 min
 1ª Rampa: 20°C/min fins a 200°C, 0 min
 2ª Rampa: 5°C/min fins a 240°C, 5 min
 3ª Rampa: 30°C/min fins a 300°C, 5 min

L'anàlisi i el tractament de les dades s'ha fet mitjançant el programa informàtic estadístic SPSS 10,0. Per veure el grau de significació es va aplicar un model lineal general de mesures repetides (parell a parell), exigint una significació superior al 95%.

RESULTATS

Les concentracions que es van obtenir per a la testosterona, la dehidroepiandrosterona (DHEA) i la androstendiona, es poden veure reflectides en les taules II, III i IV.

Taula II Excreció urinària de testosterona

Substància	Significació				
Testosterona	Abans (A)	Després (B)	3h. (C)	48h. (D)	** Entre
ng/ml	496.9	474	329.6	456.1	A-B, A-C, B-C, C-D,

**Variació significativa p<0.01

Taula III Excreció urinària de Dehidroepiandrosterona (DHEA)

Substància	Significació				
Dehidro-epiandrosterona (DHEA) ng/ml	Abans (A)	Després (B)	3h. (C)	48h. (D)	* Entre
	178.3	160	151.3	142.3	A-C,

*Variació significativa p<0.05

Taula IV Excreció urinària de androstendiona

Substància	Significació				
Androstendiona ng/ml	Abans (A)	Després (B)	3h. (C)	48h. (D)	* Entre
	40.8	44.4	50.5	58.3	A-C, C-D ** Entre A-C, A-D

*Variació significativa p<0.05

**Variació significativa p<0.01

DISCUSSIO

Si ens fixem en les dades obtingudes, podem observar com l'excreció urinària de testosterona, androgen d'origen testicular, disminueix significativament (p<0,01) respecte al

repòs, tant després de la sessió d'exercici com a les 3 hores d'haver finalitzat. Posteriorment, a les 48 hores s'observa un augment significatiu ($p < 0,01$) respecte a les tres hores i sembla existir una tendència a recuperar els nivells inicials.

Aquesta davallada aguda en la concentració de testosterona urinària després d'una sessió d'exercicis i a les 3 hores, podria fer-nos pensar que és conseqüència d'una menor síntesi de testosterona; tanmateix, alguns autors han plantejat que podria ser conseqüència d'una davallada en l'aclariment d'aquesta hormona per part del fetge al reduir-se la perfusió hepàtica que acompanya a l'exercici intens (Sutton, 1973⁽¹⁹⁾; Cadoux-Hudson i cols., 1985⁽²⁰⁾). Per altra banda, hi ha autors que fan el següent plantejament: amb l'exercici intens es produeix una disfunció en l'eix hipotalàmic-pituitari, fet amb el qual la concentració de testosterona lliure i total disminueix (Nindl i cols., 2001⁽²¹⁾; Kujala i cols., 1990⁽⁷⁾), disminuint també la seva excreció.

També es parla del fet que la SHGB pot actuar com a factor regulador de l'excreció d'andrògens urinaris. Durant l'exercici es produiria un increment de SHBG i aquest increment actuaria com mecanisme compensador per protegir els andrògens de l'excreció, en aquells casos en els quals el requeriment és major (Caballero i cols., 1992⁽²²⁾).

L'augment dels nivells passades 48 hores podria indicar que l'individu està pràcticament recuperat i que els seus canvis hormonals produïts per l'exercici tendeixen a estabilitzar-se en consonància amb l'estudi de Kraemer i cols., 1998⁽²³⁾.

En el cas de les hormones d'origen suprarenal, observem, a nivell general, un comportament diferent. Mentre que els nivells urinaris de dehidroepiandrosterona (DHEA) tendeixen a disminuir, els nivells urinaris d'androstendiona tendeixen a incrementar-se després de la realització d'un exercici agut.

En el cas de la DHEA, la davallada és significativa ($p < 0,05$) a les 3 hores d'haver acabat l'exercici; en el cas de l'androstendiona, l'augment és significatiu ($p < 0,05$) després de l'exercici, i altament significatiu ($p < 0,01$) a les 3 hores i a les 48 hores de finalitzar la sessió.

Aquests resultats semblen indicar que quan es produeix un treball intens de força, el comportament de la dehidroepiandrosterona i de l'androstendiona podria ser diferent, tot i que aquesta hipòtesi està subjecta a estudis posteriors.

S'ha observat com immediatament després de l'exercici i fins 48 hores després, l'eliminació de dehidroepiandrosterona (DHEA) per l'orina és menor.

Segons la bibliografia, podem donar una doble explicació. En primer lloc, es pot plantejar que els nivells urinaris de DHEA són menors doncs existeix una major retenció de testosterona per part de l'organisme per fer front a l'estrès físic i, per tant, la seva metabolització en el fetge és menor (Maynar i cols., 1994⁽²⁶⁾). La segona hipòtesi és que l'activitat basal de la glàndula adrenal disminueixi a conseqüència de l'exercici intens (Viru i cols., 2001⁽²⁷⁾; Lucia A i cols., 2001⁽²⁸⁾).

L'increment urinari de l'androstendiona, principal precursor de la testosterona, després de realitzar una sessió de força i a les 48 hores de l'exercici, es podria explicar a partir de l'estudi desenvolupat per Rivarola i cols. l'any 1989⁽²⁹⁾, sobre la interconversió i el metabolisme d'andrògens. Existeix un excés de producció d'androstendiona per intentar incrementar els nivells de testosterona a la sang, fet pel qual la seva excreció es veuria augmentada.

Per últim, cal dir que el nostre estudi confirma algunes hipòtesis anteriors en les quals es comenten les diferents funcions que podrien desenvolupar la via hipofisària testicular, més centrada en els processos de recuperació, i la via hipofisària suprarenal, més centrada en l'esforç i l'estrès (Kuopasalmi, 1980⁽³⁰⁾; Pantaleoni i cols., 1991⁽³¹⁾). Podem veure que els nivells de testosterona a les 48 hores de finalitzar l'exercici, intenten tornar als seus nivells basals; tanmateix, en el cas dels andrògens suprarenals, podem comprovar que es troben, tant en el cas de la dehidroepiandrosterona com en el de l'androstendiona, molt allunyats dels nivells inicials. Aquest fet podria confirmar que la glàndula suprarenal es veu directament afectada per l'estrès al qual es veu sotmès un individu.

Bibliografia

- (1) Fry AC, Kraemer WJ, Ransley LT. "Pituitary-adrenal-gonadal response to high-intensity resistance exercise overtraining". *J Appl Physiol*. 1998. 85: 2352-3599.
- (2) Luger A, Deuster PA, Kyle SB, Gallucci WT, Montgomery LC, Gold PW, Loriaux DL, Chrousos GP. "Acute hypothalamic-pituitary-adrenal responses to the stress of treadmill exercise. Physiologic adaptations to physical training". *N Engl J Med*. 1987. 316: 1309-1315.
- (3) Urhausen A, Gabriel HH, Kindermann W. "Impaired pituitary hormonal response to exhaustive exercise in overtrained endurance athletes". *Med Sci Sports Exerc* 1998. 30: 407-414.
- (4) Adlercreutz H, Härkönen M. "Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise". *Int J Sports Med*. 1986. 46: 27-28
- (5) Hakkinen K. "Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. A review". *Int J Sports Med*. 1989. 29:9-26.
- (6) Hakkinen K y Pakkarinen A. "Serum hormones in male strength athletes during intensive short term strength training". *Eur J Appl Physiol* 1991. 63:194-199.
- (7) Kujala UM, Alen M, Huntaniemi IT. "Gonadotropin-releasing hormone and human chorionic gonadotrophin tests reveal that both hypothalamic and testicular endocrine functions are suppressed during acute prolonged physical exercise". *Clin Endocrinol* 1990. 33: 219-225.
- (8) Izquierdo M, Hakkinen K, Ibañez J, Garrues M, Anton A, Zuñiga A, Larrion JI, Gorostiaga EM. "Effects of strength training on muscle power and serum hormones in middle-aged and older men". *J. Appl Physiol* 2001. 90:1497-1507
- (9) Hakkinen K, Pakkarinen A, Kraemer WJ, Newton RU, Alen M. "Basal concentrations and acute responses of serum hormones and strength development during heavy resistance training in middle-aged and elderly men and women". *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000. 55B: 95-105.
- (10) Brown G, Vukovich M, Reifnath T, Uhl N, Parsons K, Sharp R, King D. "Effects of anabolic precursors on serum testosterone concentrations and adaptations to resistance training in young men". *Int J Sport Nutr and Exerc Metabol* 2000. 10:340-359.
- (11) Nishikaze O, Furuya E. "Stress and anticortisols 17 ketosteroids sulfate conjugate as a biomarker in tissue repair and recovery". *Sangyo. Ika. Daigaku Zasshi*. 1998.20:273-295.
- (12) Filaire E, Lac G "Dehydroepiandrosterone (DHEA) rather testosterone shows saliva androgen responses to exercise in elite female handball players". *Int Sports Med* 2000. 21: 17-20.
- (13) Keizer H, Janssen GM, Menheere P, Kranenburg G. "Changes in basal plasma testosterone, cortisol, and DHEAS in previously untrained males and females preparing for a marathon". *Int J Sport Med* 1989. 10 Supl 3:139-145.
- (14) Marx JO, Ratamess NA, Nindl BC, Gotshalk LA, Volek JS, Dohi K, Bus JA, Gomez AL, Mazzetti SA, Fleck SJ, Hakkinen K, Newton RU, Kraemer WJ. "Low volume circuit versus high-volume periodized resistance training in women". *Med Sci Sports Exerc*. 2001. 33 : 635-43.
- (15) Lehmann M, Gastmann U, Petersen KG, Bachl N, Seldel A, Khalar AN, Fischer S, Keul J. "Training-overtraining: performance, and hormone levels, after a defined increase in training volume versus intensity in experienced middle- and long-distance runners". *Br J Sports Med*. 1992. 26:233-42.
- (16) Kraemer WJ "Endocrine responses to resistance exercise". *Med Sci Sports Exerc*. 1988. 20: S152-157.
- (17) Ballarin E, Guglielmini C, Martinelli S, Casoni Y, Borsetto C, Conconi F "Unmodified performance in runners following anabolic steroid administration". *Int J Sports Med*. 1986. 7: 302-306.
- (18) Galán AM, Maynar JJ, García de Tiedra MP, Rivero JJ, Caballero MJ, Maynar M. "Determination of nandrolone and metabolites in urine samples from sedentary persons and sportsmen". *Journal of Chromatography*. 2001. 761:229-236.
- (19) Sutton. JR, Coleman MJ, Casey J, Lazaros L. "Androgen responses during physical exercise". *British Med J* 1973. 1:520-522
- (20) Cadoux-Hudson. TA, Few. JD, Imms FJ "The effect of exercise on the production and clearance of testosterone in well trained young men". *Eur J. Appl. Physiol*. 1985 54:321-325.
- (21) Nindl BC, Kraemer WJ, Deaver DR, Peters J, Marx JO, Heckman JT, Loomis GA. "LH Secretion and testosterone concentrations are blunted after resistance exercise in men". *J Appl Physiol*. 2001. 91: 1251-1258.
- (22) Caballero MJ, Mena P, Maynar M. "Changes in sex hormone binding globulin, high density lipoprotein cholesterol and plasma lipid levels in male cyclist during training and competition". *Eur J Appl Physiol*. 1992. 64: 9-13.
- (23) Kraemer WJ, Hakkinen K, Newton RU, McCormick M, Nindl BC, Volek JS, Gotshalk LA, Fleck SJ, Campbell WW, Gordon SE, Farell PA, Evans WJ. "Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in younger and older men". *J Appl Physiol* 7: 206-211.
- (24) Hakkinen K, Pakkarinen A, Alen M, Kauhanen H, Komi PV. "Relationship between training volume, physical performance capacity and serum hormone concentrations during prolonged training in elite weightlifters". *Int J Sports Med*. 1987. 8:61-65.
- (25) Hakkinen K, Pakkarinen A, Alen M, Kauhanen H, Komi PV. "Neuromuscular and hormonal responses in elite athletes to two successive strength training sessions in one day". *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1988 57: 133-139.

- (26) Maynar M, Caballero MJ, Mena P, Rodríguez C, Cortes R, Maynar JI. "Urine excretion of androgen hormones in professional racing cyclists". *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994. 68: 200-204.
- (27) Viru AM, Hackney AC, Valja E, Karelson K, Janson T, Viru M. "Influence of prolonged continuous exercise on hormone responses to subsequent exercise in humans" *Eur J Appl Physiol*. 2001. 85: 578-85
- (28) Lucia A, Díaz B, Hoyos J, Fernández C, Villa G, Bandres F, Chicharro JL. "Hormone levels of world class cyclists during the Tour of Spain stage race". *Br J Sports Med*. 2001. 35: 424-430.
- (29) Rivarola MA, Belgorosky A. "Metabolism, interconversion and protein transport of androgen" In: Forest MG. *Androgens in childhood Pediatric and Adolescent Endocrinology*. 1989 Vol 19 pp: 24-36
- (30) Kuoppasalmi K, Nasveri H, Harkonen M, Adlercreutz H. "Plasma cortisol, androstenedione, testosterone and luteinizing hormone in running exercise of different intensities". *Scand J Clin Lab Invest*. 1980. 40 :403-409.
- (31) Pantaleoni M, Barini A, Valerio L, Zizzo G, Coletta F, Velardo A. "Changes in the blood levels of adrenal hormones after prolonged physical activity". *Minerva Endocrinol* 1991. 16: 17-20.