

# Excreción urinaria de andrógenos tras la realización de una sesión de fuerza

RAFAEL TIMÓN ANDRADA<sup>1</sup>  
 GUILLERMO OLCINA CAMACHO<sup>2</sup>  
 DIEGO MUÑOZ MARÍN<sup>2</sup>  
 ANGEL GALÁN MARTÍN<sup>3</sup>  
 JUAN I. MAYNAR MARIÑO<sup>3</sup>  
 MARCOS MAYNAR MARIÑO<sup>2</sup>  
 M<sup>a</sup> JESÚS CABALLERO LOSCOS

1. Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal. Facultad de Formación del Profesorado. Universidad de Extremadura. Cáceres.  
 2. Departamento de Fisiología. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura. Cáceres.  
 3. Departamento de Química Analítica. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura. Badajoz.  
 4. Departamento de Farmacología y Psiquiatría. Facultad de Medicina. Universidad de Extremadura. Badajoz

**CORRESPONDENCIA:**

Rafael Timón Andrada  
 Av/ Rodríguez de Ledesma 18, Blq. 6, 2ºA  
 10.001. Cáceres  
 Tlfno: 927-230122 Fax: 927257461  
 e-mail: rtimon@unex.es

APUNTS. MEDICINA DE L'ESPORT. 2003; 142: 27-32

**RESUMEN:** Las hormonas androgénicas, y de forma especial la testosterona, desempeñan un papel fundamental en la estimulación del anabolismo proteico, y por tanto también juegan un papel importante en la fase de recuperación tras la realización de un ejercicio. Por ello hemos tratado de valorar las modificaciones agudas de estas hormonas tras la realización de una rutina de trabajo de la fuerza, analizando los perfiles urinarios de las mismas.

La técnica de análisis de las muestras ha sido por comatografía de gases-espectrometría de masas (GC/MS), tras un proceso químico de preparación de la muestra.

Tras los análisis, pudimos observar como los niveles urinarios de testosterona, andrógeno de origen testicular, descendieron significativamente ( $p < 0.01$ ) después del ejercicio, observándose una recuperación a las 48h de haber acabado la sesión.

En el caso de las hormonas de origen suprarrenal observamos un comportamiento diferente, mientras que los niveles de DHEA descendieron significativamente ( $p < 0.05$ ) a las tres horas de finalizar la sesión, los niveles de androstenediona tendieron a elevarse.

**PALABRAS CLAVE:** Testosterona, DHEA, androstenediona, GC/MS, entrenamiento de la fuerza.

**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.

## INTRODUCCION

La realización de ejercicio físico de alta intensidad, y en especial el trabajo de fuerza, va a provocar variaciones en los niveles hormonales, no sólo de forma aguda, sino también de forma crónica. La hipótesis de que se produce una disfunción en el eje hipofisario-hipotalámico, con una producción hormonal alterada, se ve confirmada en una gran cantidad de estudios (Fry AC y cols, 1998<sup>(1)</sup>; Luger A y cols, 1987<sup>(2)</sup>; Urhausen A y cols, 1998<sup>(3)</sup>; Adlercreutz H, 1986<sup>(4)</sup>).

Las hormonas androgénicas, y de forma especial la testosterona, desempeñan un papel fundamental en la estimulación del anabolismo proteico, y por tanto también juegan un papel importante en la fase de recuperación tras la realización de un ejercicio. En este sentido, el ejercicio físico exhaustivo puede conducir a reducciones significativas en los niveles de testosterona en plasma (Hakkinen 1989<sup>(5)</sup>, Hakkinen y Pakkarinen, 1991<sup>(6)</sup>), encontrándose disminuida la capacidad secretora del testículo durante el periodo de recuperación (Kujala y cols, 1990<sup>(7)</sup>). Sin embargo, en otros estudios se ha comprobado que los niveles de testosterona no varían significativamente tras un periodo de entrenamiento ya sea de fuerza o de resistencia combinada con fuerza (Izquierdo M y cols, 2001<sup>(8)</sup>, Hakkinen K y cols 2000<sup>(9)</sup>, Brown G y cols, 2000<sup>(10)</sup>).

Si analizamos el comportamiento de la dehidroepiandrosterona (DHEA), andrógenos de origen suprarrenal, se vuelven a obtener resultados contradictorios en función del tipo de entrenamiento realizado (Nishikaze, 1998<sup>(11)</sup>; Filaire y Lac, 2000<sup>(12)</sup>; Keizer y col, 1989<sup>(13)</sup>).

Esta controversia puede encontrar una explicación en el hecho de que los niveles de hormonas esteroideas durante el entrenamiento, la competición o la recuperación responden a las cargas de trabajo utilizadas. La intensidad, duración y volumen durante el entrenamiento va a determinar el nivel de activación del sistema endocrino (Marx y cols, 2001<sup>(14)</sup>, Lehmann M, 1992<sup>(15)</sup>; Kraemer WJ, 1988<sup>(16)</sup>; Ballarin E, 1986<sup>(17)</sup>).

El *objetivo del estudio*, por tanto, es tratar de observar las variaciones de los niveles urinarios de andrógenos, testiculares y suprarrenales, tras la realización de un solo entrenamiento de fuerza submáxima.

## MATERIAL Y METODO

El estudio se llevó a cabo con un grupo de 15 universitarios, todos varones, de la Facultad de Ciencias del Deporte de la UEX, que no realizaban ejercicio de forma regular ni sistemática. Las características de los sujetos aparecen expuestas en la tabla I. Para ser incluidos en el estudio, los atletas no tenían que presentar ningún tipo de patología y además no podían ingerir ningún tipo de sustancias que pudieran interferir en la síntesis, metabolismo o excreción de andrógenos.

**Tabla I** Características de los sujetos de estudio

| Sujetos        | Edad  | Estatura (cm) | Peso (kg)    |
|----------------|-------|---------------|--------------|
| Universitarios | 22-26 | 178.8 ± 8.34  | 75.28 ± 9.58 |

Cada sujeto fue informado del procedimiento que se iba a seguir durante el estudio. De la misma forma, todos fueron sometidos a un examen de salud para poder descartar alguna patología y todos dieron su consentimiento voluntario aceptando las condiciones del estudio.

La rutina de ejercicios se realizó a las 12:00 del mediodía. La temperatura media y la humedad ambiental registrada en el gimnasio durante el entrenamiento fue de 23.4 ± 2.6 °C y entre 60%-70%, respectivamente.

La rutina de ejercicios, tras un calentamiento de 10-15 minutos con ejercicios generales y específicos, fue de 3 series x 10 repeticiones, con 3 minutos de recuperación entre serie y serie, a un 70%-75% de la fuerza máxima de carga (Cinco días antes de esta sesión se realizaron test máximos para determinar el 100% para 1RM, en cada uno de los grupos musculares a trabajar), en el orden y con los ejercicios que siguen:

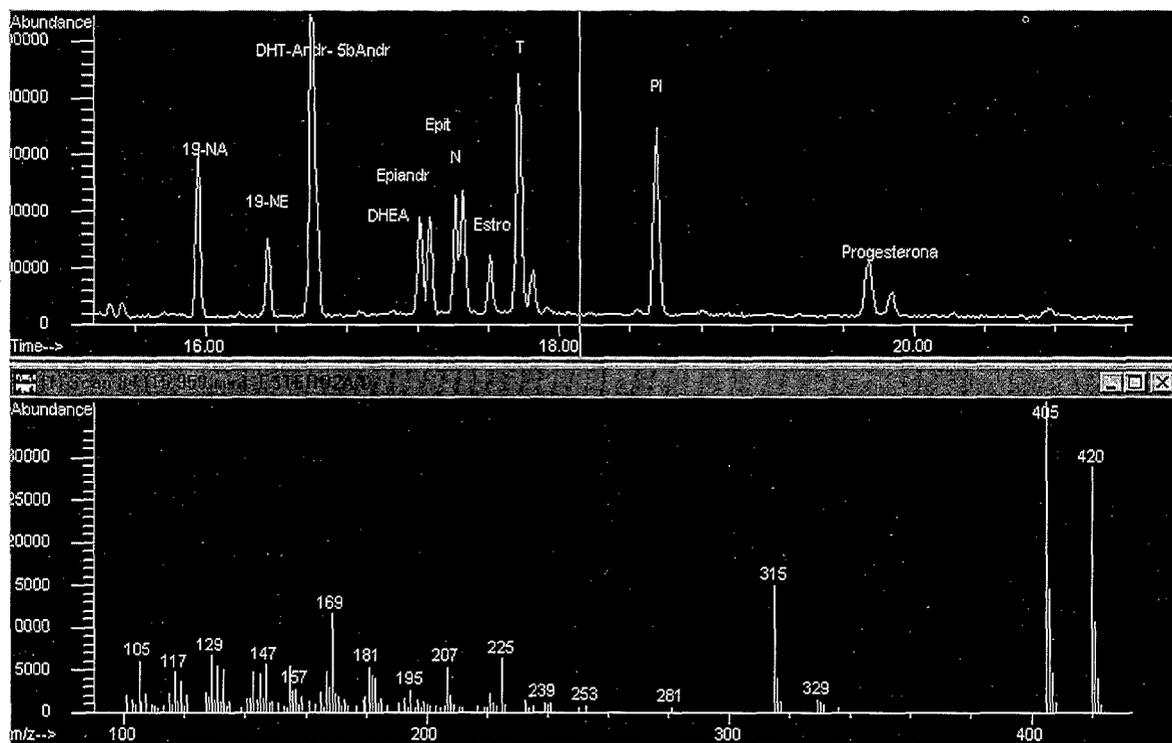
1. Press de banca.
2. Jalón Polea Dorsal.
3. Flexo-extensión rodillas en máquina.
4. Press tras nuca.
5. Isquiotibiales.
6. Curl de bíceps.
7. Tríceps.

Se tomaron muestras de orina para determinar la concentración de Testosterona, Dehidroepiandrosterona (DHEA) y Androstenodiona. Se analizaron un total de 4 muestras de orina por cada sujeto. Las orinas se cogieron en reposo antes de realizar el ejercicio (A), inmediatamente después (B), a las tres horas de acabar el ejercicio (C) y a las 48 horas (D).

Los análisis se realizaron por cromatografía de gases-espectrometría de masas según los métodos de Galán y cols (2001)<sup>(18)</sup> (en la figura I se puede observar un cromatograma y un espectro de una muestra de orina tras su tratamiento y análisis). El equipo empleado para el análisis cromatográfico fue un HP 5890 SERIES II con detector MSD 5972 (sistema GC/MS) en las siguientes condiciones:

- Gas portador: He N-50, Flujo: 1 ml/min, split 40
- Temperaturas: Detector: 280°C, Inyector 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 y espectro de metabolitos urinarios obtenidos por GC/MS.



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

El análisis y tratamiento de los datos se ha llevado a través del programa informático estadístico SPSS 10.0. Para ver el grado de significación se aplicó un modelo lineal general de medidas repetidas (par a par), exigiendo una significación superior al 95%.

## RESULTADOS

Las concentraciones que se obtuvieron para la testosterona, la Dehidroepiandrosterona (DHEA) y la androstenodiona, se pueden ver reflejados en las tablas II, III y IV.

**Tabla II** Excreción urinaria de testosterona

| Sustancia             | Significación |             |         |          |
|-----------------------|---------------|-------------|---------|----------|
| Testosterona<br>ng/ml | Antes (A)     | Después (B) | 3h. (C) | 48h. (D) |
|                       | 496.9         | 474         | 329.6   | 456.1    |

**\*\* Entre A-B, A-C, B-C, C-D,**

\*\*Variación significativa  $p < 0.01$

**Tabla III** Excreción urinaria de Dehidroepiandrosterona (DHEA)

| Sustancia                            | Significación |             |         |          |
|--------------------------------------|---------------|-------------|---------|----------|
| Dehidro-epiandrosterona (DHEA) ng/ml | Antes (A)     | Después (B) | 3h. (C) | 48h. (D) |
|                                      | 178.3         | 160         | 151.3   | 142.3    |

**\* Entre A-C,**

\*Variación significativa  $p < 0.05$

**Tabla IV** Excreción urinaria de androstenodiona

| Sustancia             | Significación |             |         |          |
|-----------------------|---------------|-------------|---------|----------|
| Androstenodiona ng/ml | Antes (A)     | Después (B) | 3h. (C) | 48h. (D) |
|                       | 40.8          | 44.4        | 50.5    | 58.3     |

**\* Entre A-C, C-D**  
**\*\* Entre A-C, A-D**

\*Variación significativa  $p < 0.05$

\*\*Variación significativa  $p < 0.01$

## DISCUSIÓN

Fijándonos en los datos obtenidos podemos observar como la excreción urinaria de testosterona, andrógeno de origen testicular, desciende significativamente ( $p < 0.01$ ) con res-

pecto al reposo, tanto después de la sesión de ejercicio como a las 3 horas de haber finalizado. Posteriormente, a las 48 horas se observa un aumento significativo ( $p < 0.01$ ) con respecto a las tres horas, y parece existir una tendencia a volver a los niveles iniciales.

Esta disminución aguda en la concentración de testosterona urinaria tras una sesión de ejercicios y a las 3 horas, podría hacernos pensar que es consecuencia de una menor síntesis de testosterona, sin embargo, algunos autores han planteado que podría ser consecuencia de una disminución en el aclaramiento de esta hormona por parte del hígado al reducirse la perfusión hepática que acompaña al ejercicio intenso (Sutton, 1973<sup>(19)</sup>; Cadoux-Hudson y cols, 1985<sup>(20)</sup>). Por otro lado, hay autores que plantean que con el ejercicio intenso se produce una disfunción en el eje hipotalámico-pituitario, con lo que la concentración de testosterona libre y total disminuye (Nindl y cols, 2001<sup>(21)</sup>; Kujala y cols, 1990<sup>(7)</sup>), con lo que también disminuiría su excreción.

También se habla del hecho de que la SHBG puede actuar como factor regulador de la excreción de andrógenos urinarios. Durante el ejercicio se produciría una elevación de SHBG, y este aumento actuaría como mecanismo compensador para proteger a los andrógenos de la excreción, en los casos de mayor demanda de los mismos (Caballero y cols, 1992<sup>(22)</sup>).

La elevación de los niveles tras las 48 horas podría indicar que el individuo está prácticamente recuperado y sus cambios hormonales producidos por el ejercicio tienden a estabilizarse, en consonancia con el estudio de Kraemer y cols, 1998<sup>(23)</sup>.

En el caso de las hormonas de origen suprarrenal observamos, a nivel general, un comportamiento diferente. Mientras que los niveles urinarios de dehidroepiandrosterona (DHEA) tienden a descender, los niveles urinarios de androstenediona tienden a subir tras la realización de un ejercicio agudo.

En el caso de la DHEA, el descenso es significativo ( $p < 0.05$ ) a las 3h de haber acabado el ejercicio, y en el caso de la androstenediona el aumento es significativo ( $p < 0.05$ ) para después del ejercicio y altamente significativo ( $p < 0.01$ ), a las 3 horas y a las 48 horas de haber finalizado la sesión

Estos resultados parecen indicar que cuando se produce un trabajo intenso de fuerza, el comportamiento de la dehidroepiandrosterona y de la androstenediona, podría ser diferente, aunque esta hipótesis está sujeta a posteriores estudios.

Se ha observado como inmediatamente después del ejercicio e incluso hasta las 48 horas después, la eliminación de dehidroepiandrosterona (DHEA) en orina es menor. Observando la bibliografía podemos dar una doble explicación. En primer lugar, se puede plantear que los niveles urinarios de DHEA son menores puesto que existe una mayor retención de testosterona por parte del organismo para hacer frente al estrés físico, y por tanto su metabolización en el hígado es menor (Maynar y cols, 1994<sup>(26)</sup>). La segunda hipótesis es que la actividad basal de la glándula adrenal disminuya como consecuencia del ejercicio intenso (Viru y cols, 2001<sup>(27)</sup>; Lucia A y cols, 2001<sup>(28)</sup>).

El aumento urinario de la androstenediona, principal precursor de la testosterona, tras la realización de una sesión de fuerza y a las 48 horas del ejercicio, se podría explicar a través del estudio desarrollado por Rivarola y cols en 1989<sup>(29)</sup>, sobre la interconversión y metabolismo de andrógenos. Existe un exceso de producción de androstenediona para tratar de aumentar los niveles de testosterona en sangre, con lo que su excreción también se vería aumentada.

Finalmente, es preciso decir que nuestro estudio viene a confirmar algunas hipótesis anteriores en las que se comentan las diferentes funciones que podrían desarrollar la vía hipofisaria testicular, más centrada en los procesos de recuperación, y la vía hipofisaria suprarrenal, más centrada en el esfuerzo y en el estrés. (Kuoppasalmi, 1980<sup>(30)</sup>; Pantaleoni y cols, 1991<sup>(31)</sup>). Podemos observar como los niveles de testosterona a las 48 horas de finalizar el ejercicio, tratan de volver a sus niveles basales, sin embargo, en el caso de los andrógenos suprarrenales podemos comprobar que se encuentran, tanto en el caso de la dehidroepiandrosterona como en el de la androstenediona, muy alejados de los niveles iniciales. Este hecho podría confirmar que la glándula suprarrenal está directamente afectada por el estrés al que es sometido un individuo.

## Bibliografía

- (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 Exer* 1998. 30: 407-414.
- (4) Adlercreutz H, Häkkinen 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, Zufiga 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, Reifenrath 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 anticortisol 17 ketosteroids sulfate conjugate as a biomarker in tissue repair and recovery". *Sangyo. Ika. Daigako 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, Farrell 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 JJ. "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) Lucía 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.