

EFECTO DE LA PRIVACIÓN DEL SUEÑO SOBRE EL RENDIMIENTO FÍSICO

EFFECT OF SLEEP PRIVATION ON PHYSICAL PERFORMANCE

RESUMEN

Se sabe, desde los escritos bíblicos, que una persona cuando no duerme bien o posee períodos de sueño frustrados o alterados, se vuelve irritable, depresiva, de mal humor, agresiva, disminuyendo su rendimiento físico. El presente estudio tuvo como objetivo verificar el efecto tanto de la privación total como selectiva del sueño, sobre el rendimiento físico en distintos niveles de esfuerzo, en individuos adultos jóvenes del sexo masculino.

Se seleccionaron 30 adultos jóvenes del sexo masculino con edad media de 19.46 ± 0.77 años (edad centesimal), que fueron divididos en 3 grupos de 10 sujetos y se les sometió a tres tratamientos distintos, durante tres días, alternando los grupos para que todos se sometieran a los tres tratamientos: Tratamiento A - dormir normalmente durante toda la noche; Tratamiento B - permanecer despierto durante la noche; y, Tratamiento C - dormir de manera fraccionada durante la noche. Después de cada tratamiento, los sujetos fueron sometidos a una batería de tests compuesta por Von Döbeln Test (potencia aeróbica); Flegner Power Test (potencia anaeróbica aláctica); Forty Seconds Run Test (potencia anaeróbica láctica); y, la Escala de Borg.

Los resultados observados para los tratamientos A, B, y C respectivamente, fueron: Capacidad Aeróbica: $3,599 \pm 0,334$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$) - $3,405 \pm 0,218$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$) - $3,333 \pm 0,221$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$); Capacidad Anaeróbica Aláctica: $2,722 \pm 0,491$ - $2,320 \pm 0,438$ - $2,460 \pm 0,354$; Capacidad Anaeróbica Láctica: $267,93 \pm 12,91$ (m) - $258,06 \pm 10,64$ (m) - $257,00 \pm 9,33$ (m).

Se concluye que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los valores medios de los tests, tras una noche normal de sueño, cuando se comparan con los valores medios de los tests después de una noche sin dormir (privación total) o con un sueño fraccionado (privación selectiva). Esta tendencia fue encontrada para todos los tests utilizados, lo que demuestra que la privación total del sueño, así como de su fase REM en individuos adultos jóvenes, parece disminuir el rendimiento físico, alterando inclusive la sensación subjetiva de cansancio.

Palabras claves: sueño, vigilia, rendimiento, entrenamiento, ciclo circadiano, REM, SWS.

SUMMARY

It is known, that when the sleep-wakefulness pattern is reversed or altered, a normal subject, becomes irritable, bad tempered, aggressive, depressive, weakened and suffers loss of intellectual and physical performance. The aim of the present study was to verify the effect of total and selective deprivation of sleep on physical performance at different levels of effort. The sample comprised 30 male subjects of age 19.46 ± 0.77 yr.

The sample was divided into three groups of 10 subjects who were subjected to three different, simultaneous treatments over a period of three days. A rotating shift was established, so that all of the groups could experience all of the treatments. The first treatment consisted of sleeping normally for the whole night; the second consisted of staying awake during the night and the third, of sleeping intermittently during the night. After each treatment the persons were subjected to a set of tests consisting of Von Döbeln Test; Flegner Power Test; Forty Second Run Test and Borg Scale.

The results obtained for the measured variables following treatments A, B and C respectively, were: Aerobic Performance: $3,599 \pm 0,344$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$) $3,333 \pm 0,221$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$); Anaerobic Alatic Performance: $2,722 \pm 0,491$ - $2,320 \pm 0,438$ - $2,460 \pm 0,354$; Anaerobic Lactic Performance: $267,93 \pm 12,91$ (m) - $258,06 \pm 10,64$ (m) - $257,00 \pm 9,33$ (m).

The findings show that there are significant differences ($p < 0.05$) between the average values in the tests after a sleepless night or intermittent sleep and a normal night's sleep. Comparing the results after the sleepless night with those of intermittent sleep, no significant differences were found.

This tendency has been observed in all of the findings of the tests, showing that the deprivation of REM sleep in humans seems to diminish their physical performance and also to alter the subjective sensation of fatigue.

Key words: sleep, wakefulness, training, circadian cycle, REM, SWS

Cabral de Oliveira, A.C.

Departamento de Educação Física. Universidade Federal de Sergipe - Brasil. Becario CAPES/MEC-Brasil.

CORRESPONDENCIA:

Antonio Cesar Cabral de Oliveira. Rua Anamias Azevêdo 754. 49020080 Aracaju. Sergipe. Brasil.

Aceptado: 09.07.01

INTRODUCCIÓN

La influencia del sueño sobre el rendimiento físico en el hombre y de la actividad física sobre el periodo de sueño, constituyen temas de gran interés para muchos profesionales como médicos, psicólogos, profesores de educación física, entrenadores etc.

Según varios autores^(10, 17, 18), la supresión de horas de sueño provoca un deterioro notable en algunas capacidades físicas y psíquicas del hombre.

Poco se sabe todavía, sobre las funciones y particularidades del sueño, que generalmente ocupa un tercio del tiempo diario del individuo⁽²⁰⁾. Sin embargo, es un consenso que el sueño es un proceso activo y no una mera ausencia de vigilia^(16, 36).

El sueño en el ser humano está dividido en dos fases distintas^(11, 19, 28), una, en la cual el sueño provoca un movimiento ocular rápido, es denominada de fase REM o paradójica; y la otra, es conocida como fase no-REM, en la cual se destaca el período SWS o sueño de ondas lentas⁽³⁰⁾. El SWS en el individuo adulto representa un 80% del sueño diario total y este es interrumpido periódicamente por episodios de sueño REM que representa el 20% restante del sueño⁽³⁶⁾. Según varios autores^(18, 36), el hombre experimenta el sueño REM en periodos de aproximadamente 80 minutos y es en esta fase donde el organismo recupera los substratos necesarios para la generación de potenciales de acción y se reestructuran todas las funciones fisiológicas.

En el deportista, la ruptura del ciclo sueño-vigilia provoca alteraciones en la homeostasis, asociados a cambios en el esfuerzo físico^(3, 33), promoviendo una disminución del rendimiento y contribuyendo a la instalación del proceso de sobreentrenamiento^(5, 32).

El objetivo de este estudio fue verificar el efecto tanto de la privación total como selectiva del sueño sobre las capacidades aeróbica, anaeróbica (láctica y aláctica) y de la sensación subjetiva de cansancio, en individuos adultos del sexo masculino.

MATERIAL Y MÉTODO

La muestra fue compuesta de 30 sujetos adultos

jóvenes (edad centesimal de 19,46 ± 0,77 años) del sexo masculino, integrantes de una corporación militar brasileña. Esto permitió un control eficiente de todas las variables intervinientes como nivel de actividad física de los participantes; número de horas y patrón diario del sueño; niveles de salud; ingesta calórica diaria; consumo de tabaco, alcohol y café; y, condiciones ambientales.

El diseño experimental (Tabla I) fue el siguiente: los participantes se dividieron aleatoriamente en tres grupos (G1, G2 y G3) de diez sujetos cada uno y fueron sometidos a los tres tratamientos que continuación se describen: Tratamiento "A" - permanecer en un estado de sueño normal durante la noche, desde las 22 a las 6 horas; Tratamiento "B" - permanecer en estado de vigilia durante la noche; Tratamiento "C" - permanecer en un estado de sueño normal durante la noche, pero eran despertados sistemáticamente a cada 60 minutos. Los tres grupos realizaron los tres tratamientos, alternándose en las tres etapas separadas por siete días.

Etapas	Tratamientos		
	A	B	C
1ª	G1	G2	G3
2ª	G3	G1	G2
3ª	G2	G3	G1

TABLA I.- Diseño experimental.

A la siete de la mañana, en las tres etapas del experimento, todos los sujetos fueron sometidos a una batería compuesta por los siguientes tests: Von Döbeln Test⁽²⁾; Flegner Power Test⁽¹²⁾; Forty Seconds Run Test⁽²⁴⁾ y la Escala de Borg⁽⁶⁾.

El Von Döbeln Test es una prueba que determina la capacidad submáxima de trabajo y de forma indirecta el VO₂máx. El protocolo consiste en pedalear a 60 rpm, en un cicloergómetro, una carga de 1 watt/kg del peso corporal durante dos minutos, como calentamiento, seguido de una carga de 2,5 watts/kg del peso corporal durante cinco minutos. Inmediatamente al final del quinto minuto se mide la frecuencia cardíaca. El cálculo del VO₂máx es efectuado partir de la siguiente ecuación: $VO_{2max} = 1,29 (6C / FC - 60) e^{-0,00884 \times I}$, donde: "C" es la carga en watts; "FC" es la frecuencia cardíaca al final del quinto minuto; "I" es la edad del individuo en años; y, "e" es una constante (2,71828).

El Flegner Power Test determina de forma indirecta la potencia anaeróbica aláctica absoluta y relativa. El protocolo consiste en 10 saltos horizontales consecutivos, ejecutados a partir de una posición estática (de pie sobre una superficie plana), utilizándose el auxilio de los brazos y con los pies juntos. El cálculo de la potencia anaeróbica absoluta es efectuado a partir de la ecuación: $PAA = W \times D/t$, donde "W" es el peso en kilos del individuo; "D" es la distancia en metros alcanzada en los diez saltos; y, "t" el tiempo en segundos utilizado para ejecutar los diez saltos. El cálculo de la potencia anaeróbica relativa es igual a: $PAR = PAA/W$.

El Forty Seconds Run Test evalúa de forma indirecta la potencia anaeróbica láctica. El protocolo consiste en que el sujeto recorra la mayor distancia posible en 40 segundos utilizando una pista de atletismo. La potencia anaeróbica láctica es representada por la distancia recorrida en metros.

La Escala de Borg, adaptada para valores de 0 a 10 y aplicada inmediatamente después de la realización de cada test, determina la "Sensación Subjetiva de Cansancio" (SSC) del individuo frente a un esfuerzo realizado.

Para el análisis estadístico se utilizó ANOVA con un nivel de significancia de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Los valores medios obtenidos con los distintos tests están recogidos en las siguientes tablas:

Von Döbeln Test - Tabla II; Flegner Power Test - Tablas III y IV; Forty Seconds Run Test - Tabla V; y, Escala de Borg - Tabla VI.

En relación con la capacidad aeróbica, hay una diferencia significativa entre el resultado medio de los individuos cuando fueran sometidos al tratamiento A (grupo control), en comparación a los resultados de los tratamientos B y C. No hemos encontrado diferencias significativas al comparar los resultados medios de los sujetos sometidos tanto a los regímenes de privación total, como selectiva del sueño. Los valores medios de la SSC expresados por cada individuo en el Von Döbeln Test en las tres etapas, se

mostraron diferentes significativamente cuando se comparó los resultados del tratamiento A con los demás. La comparación entre los datos de la SSC obtenidos de los tratamientos B y C, no mostró diferencia significativa.

Tratamientos	X (L.min ⁻¹)	ANOVA (*p<0,05)
A	3,599 ±0,334	A x B *
B	3,405 ±0,218	A x C *
C	3,333 ±0,221	B x C

TABLA II.-
Resultados del Von
Döbeln Test.

Con relación a la capacidad anaeróbica aláctica, los resultados mostraron diferencias significativas solamente cuando comparamos los resultados medios obtenidos con los tratamientos B y A. En las demás comparaciones, las diferencias no se manifestaron distintas estadísticamente. Los valores medios de la SSC para cada individuo al realizar el Flegner Power Test en las tres etapas, mostraron diferencias significativas, solamente entre el tratamiento A con B y C.

Tratamientos	X	ANOVA (*p<0,05)
A	2,722 ±0,491	A x B *
B	2,320 ±0,438	A x C
C	2,460 ±0,354	B x C

TABLA III.-
Resultados del
Flegner Power Test
(PAA).

Tratamientos	X	ANOVA (*p<0,05)
A	172,072 ±39,081	A x B *
B	147,679 ±35,394	A x C
C	157,509 ±33,975	B x C

TABLA IV.-
Resultados del
Flegner Power Test
(PAR).

En cuanto a la capacidad anaeróbica láctica, los datos muestran significativas diferencias al comparar los resultados obtenidos del tratamiento A con los tratamientos B y C. En nuestros datos, no hubo diferencias entre los resultados de privación total y selectiva. La comparación de los datos de la SSC, mostró diferencias significativas entre las medias obtenidas por los sujetos que estaban tanto bajo los efectos de la privación total, como selectiva del sueño frente al grupo control. En las demás comparaciones no hubo diferencias estadísticas.

Tratamientos	X (m)	ANOVA (*p<0,05)
A	267,93 ±12,91	A x B *
B	258,06 ±10,64	A x C *
C	257,00 ±9,33	B x C

TABLA V.-
Resultados del Forty
Seconds Run Test.

Tratamientos	Von Döbeln Test	Flegner Power Test	Forty Second Run Test
A	4,10 ±1,80	1,83 ±0,67	2,33 ±0,81
B	6,46 ±1,38	2,46 ±0,74	4,40 ±1,12
C	7,06 ±1,08	2,66 ±0,48	4,73 ±1,09
ANOVA (*p<0,05)			
A x B	*	*	*
A x C		*	*
B x C	*		

TABLA VI.-
Resultados de la
Escala de Borg.

En las tres sesiones de aplicación de los tratamientos, el orden de realización de los tests fue siempre el mismo (Von Döbeln Test, Flegner Power Test, Forty Seconds Run Test). Por este motivo, se planteó identificar los posibles efectos de cada sesión de tests sobre los resultados, ya que podrían provocar un “efecto de entrenamiento”. Para verificar los posibles efectos de dicho entrenamiento, los resultados ya presentados, fueron reagrupados por día de realización de los tests en los siguientes grupos: G4 – resultados de los individuos que realizaron los tests en la primera sesión; G5 – resultados de los individuos que realizaron los tests en la segunda sesión; y, G6 – resultados de los individuos que realizaron los tests en la tercera sesión.

Utilizando ANOVA con los resultados medios de los sujetos para G4, G5 y G6, en los tests de VO_2 máx, potencia anaeróbica aláctica y láctica, y sus respectivos valores en la sensación subjetiva de cansancio, no verificamos diferencias significativas en cualquier variable evaluada, lo que demuestra que no hubo “efecto de entrenamiento” a causa del diseño experimental utilizado para la aplicación de los tests, por lo que, cualquier variación encontrada en los resultados posteriores a los respectivos tratamientos, debe ser atribuida exclusivamente a la privación del sueño.

DISCUSIÓN

El VO_2 max alcanzado tras el tratamiento A, fue significativamente diferente y superior a los resultados conseguidos por los tratamientos B y C, mientras que estos no se diferenciaron entre sí. Resultados semejantes fueron hallados por otros autores^(7, 8, 10, 17, 22, 23, 34). Sin embargo, algunos estudios^(4, 14, 37) no encontraron disminución de la capacidad aeróbica con la privación del sueño.

Tanabe y col⁽³⁵⁾, afirman que la privación del sueño causa deficiencia en la concentración de magnesio celular y disminuye la tolerancia al ejercicio. El magnesio es un activador de la ATP-asa N_a -K de las membranas celulares, enzima que asegura la función de la bomba de N_a , lo que permite la entrada de K en la célula. Una alteración en los niveles intracelulares de magnesio provoca una fatiga precoz. Este argumento puede explicar de alguna manera, la disminu-

ción del rendimiento observada en nuestro trabajo, principalmente en la potencia aeróbica tras la privación del sueño.

Los valores de potencia anaeróbica aláctica, también sufrieron un decrecimiento significativo después de la aplicación de los tratamientos B e C. Hay que resaltar que solamente en la variable potencia anaeróbica aláctica, no observamos diferencia significativa entre los resultados medios del tratamiento A y C; o sea, los individuos que han dormido normalmente no tuvieron resultados distintos de cuando dormían de manera selectiva. Hill y col⁽¹⁵⁾, no observaron cambios de la capacidad anaeróbica tras privación del sueño, para ambos sexos. Holland⁽¹⁷⁾, al analizar la influencia de la privación total del sueño por una noche en el Jump Test, no encontró diferencias significativas frente al grupo control. Según este autor, la tarea de saltar no es lo suficientemente compleja como para ser influida por la privación de un día de sueño. En nuestros resultados, verificamos que la privación selectiva del sueño, no fue capaz de causar alteraciones en los resultados, aunque la privación total sí provocó alteración significativa. Se puede considerar que la realización de los diez saltos, no es tan expresiva hasta el punto de ser afectada únicamente por la privación de la porción REM del sueño, ya que hubo registros de disminución del rendimiento, cuando los individuos sufrieron privación de las porciones REM y SWS del sueño.

Los resultados medios de la potencia anaeróbica láctica se mostraron también sensibles a los tipos de privación del sueño. Mougín y col⁽²⁶⁾, encontraron elevados niveles de lactato sanguíneo tras ejercicio, en sujetos sometidos a privación selectiva del sueño. Los mismos autores afirman que elevadas concentraciones de lactato pueden provocar cambios en las tasas de secreción de cortisol o en su catabolismo. También se relata una disminución acentuada en la actividad del cortisol después de la privación del sueño⁽¹³⁾. El cortisol es el principal glucocorticoide en el hombre y está involucrado en la movilización de los combustibles vitales para la práctica deportiva. La cortisolemia está sometida al ritmo circadiano, que a su vez es afectado por la privación total o selectiva del sueño, interfiriendo en el aporte energético celular.

Los registros obtenidos de la sensación subjetiva de cansancio en todos los tests, presentaron diferencias

significativas al relacionarse la privación del sueño con el sueño normal. Varios autores^(21, 27, 29), también verificaron una disminución significativa en el estado de humor y en la percepción del esfuerzo en individuos sometidos a privación del sueño. Antle y col⁽¹⁾, afirman que la privación del sueño puede rápidamente alterar el ciclo circadiano de los individuos y cambiar significativamente la cronobiología hormonal con repercusión sobre los estados físico y psicológico.

En la literatura encontramos diversos trabajos^(9, 25, 31), en los que se ha privado parcialmente el sueño de sujetos y donde se han estudiado sus efectos sobre diversos parámetros subjetivos, motores y de rendimiento físico con resultados distintos a nuestro estudio. Sin embargo, hay que resaltar que en estos trabajos no se priva efectivamente a los sujetos de las distintas fases del sueño, si bien, los sujetos son privados del número de horas de sueño, lo que cambia substancialmente el análisis de los resultados.

En general, el rendimiento de las distintas áreas sufrió disminuciones significativas después que los individuos fueron sometidos a los distintos regímenes de privación de sueño. El régimen de privación total, no facilitó a los sujetos, una recuperación amplia. Los sujetos cuando fueron sometidos al

régimen de privación selectiva, no se les permitió entrar durante toda la noche en la fase REM del sueño, para lo que eran despertados sistemáticamente a cada 60 minutos. Según diversos autores^(18, 36) el hombre experimenta el sueño REM a cada periodo de aproximadamente 80 minutos y es en esta fase en la que se recupera el sujeto. Según la bibliografía, la privación de la fase REM del sueño provoca un extremo cansancio y bajo rendimiento físico y psicológico⁽³⁶⁾. Hay que resaltar, que tanto la privación total como selectiva del sueño, alteran substancialmente el ritmo circadiano de los individuos.

Los datos parecen indicar, que la supresión del sueño así como de su fase REM, provocando cambios en la cronobiología, son las causas principales que pueden explicar la disminución del rendimiento físico y psíquico en individuos con privación total y selectiva del sueño.

CONCLUSIÓN

Estos resultados nos permiten concluir que el rendimiento físico en sujetos del sexo masculino, en edad adulta, representado por las variables estudiadas, se reduce significativamente tras la privación, tanto total como selectiva, del sueño por una noche.

B I B L I O G R A F I A

- 1 **ANTLE, M.C., MISTLBERGER, R.E.:** "Circadian clock resetting by sleep deprivation without exercise in the Syrian hamster". *J. Neurosci.*, 20(24): 9326-9332, 2000.
- 2 **ARAÚJO, C.G.S.:** "Manual de teste de esforço". Pág. 56-57. Ao Livro Técnico S.A.. Rio de Janeiro, Brasil, 1985.
- 3 **ATKINSON, G., REILLY, T.:** "Circadian variation in sports performance". *Sports Med.*, 21(4): 292-312, 1996.
- 4 **BOND, V., BALKISSOON, B., FRANKS, B.D., BRWNLOW, R., CAPRAROLA, M., BARTLEY, D., BANKS, M.:** "Effects of sleep deprivation on performance during submaximal and maximal exercise". *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 26(2): 169-174, 1986.
- 5 **BOND, V., KRESHAM, K., BALKISSOON, B., TUCKSON, L., CAPRAROLA, M., JOHNSON, D., BARTLEY, D.:** "Effects of sleep deprivation on muscle function during an isokinetic contraction". *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 28(1): 1-6, 1988.
- 6 **BORG, G.A.:** "Perceived exertion: a note on "history" and methods". *Med. Sci. Sports*, 5(2): 90 - 93, 1973.
- 7 **BRODAN, V., KUKN, E.:** "Physical performance in man during sleep deprivation". *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 7: 28-30, 1967.
- 8 **BRODAN, V., VOJTECHOVSKY, M., KUHN, E., CEPELAK, J.:** "Changes of mental and physical performance in sleep deprivation healthy volunteers". *Acta Nerv. Sup.*, 11: 175-184, 1969.
- 9 **CABEDO, J., SANROMA, I.:** "Jet-lag: un estudio sobre la privación de sueño y los efectos sobre el rendimiento humano". *Apunts: Educació Física i Esports*, 21: 67-72, 1991.
- 10 **COPEES, K., ROSENTHWIEG, J.:** "The effects of sleep deprivation upon motor performance of ninth grade students". *J. Sports Med.*, 12: 47-54, 1972.
- 11 **DEMENT, W.C., KLEITMAN, N.:** "Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility and dreaming". *Electroenceph. Clin. Neurophys.*, 9: 673-690, 1957.

- 12 FLEGNER, A.J.: "Development of predictive field test for determining physical performance". Vanderbilt University Press. Tennessee, 1980.
- 13 GARCÍA-GARCÍA, F., DRUCKER-COLÍN, R.: "Endogenous and exogenous factors on sleep-wake cycle regulation". *Progress in Neurobiology*, 58: 297-314, 1999.
- 14 GOODMAN, J., RADOMSKI, M., HART, L., PLYLEY, M., SHEPARD, R.J.: "Maximal aerobic exercise following prolonged sleep deprivation". *Int. J. Sports Med.*, 10(6): 419-423, 1989.
- 15 HILL, D.W., BORDEN, D.O., DARNABY, K.M., HENDRICKS, D.N.: "Aerobic and anaerobic contributions to exhaustive high intensity exercise after sleep deprivation". *J. Sports Sciences*, 12(5): 455-461, 1994.
- 16 HOBSON, J.A.: "Sleep after exercise". *Science*, 162: 1503-1505, 1968.
- 17 HOLLAND, G.J.: "Effects of limited sleep deprivation on performance of selected motor task". *Research Quarterly*, 39: 285-294, 1968.
- 18 KLEITMAN, N.: "Sleep and wakefulness". Pág. 138. The University of Chicago Press. Chicago, 1966.
- 19 KUBITZ, K.A., LANDERS, D.M., PETRUZZELLO, S.J., HAN, M.: "The effects of acute and chronic exercise on sleep – a meta-analytic review". *Sports Med.* 21(4): 277-291, 1996.
- 20 LANGEN, D.: "Distúrbios do sono". Pág. 29. Ao Livro Técnico. Rio de Janeiro, Brasil, 1983.
- 21 MARTIN, B.J., CHEN, H.: "Sleep loss and the sympathoadrenal responses to exercise". *Med. Sci. Sports Exerc.*, 16: 56-59, 1984.
- 22 MARTIN, B.J., GADDIS, G.M.: "Exercise after sleep deprivation". *Med. Sci. Sports Exerc.*, 13: 220-223, 1981.
- 23 MARTIN, B.J.: "Effect of sleep deprivation on tolerance of prolonged exercise". *Eur. J. Applied. Physiol.*, 47: 345-354, 1981.
- 24 MATSUDO, V.K.R.: "Forty seconds run test: perspectives of a decade". *Humanbiol. Budapest.*, 18: 127-131, 1988.
- 25 MOUGIN, F., BOURDIN, H., SIMON, M.L., DIDIER, J.M., TOUBIN, G., KANTELIP, J.P.: "Effects of a selective sleep deprivation on subsequent anaerobic performance". *Intern. J. Sports Med.*, 17(2): 115-119, 1996.
- 26 MOUGIN, F., BOURDIN, H., SIMON-RIGAUD, M.L., NGUYENNHU, U., KANTELIP, J.P., DAVENNE, D.: "Hormonal responses to exercise after partial sleep deprivation and after a hypnotic drug-induced sleep". *J. Sports Sci.* 19(2): 89-97, 2001.
- 27 MYLES, W.S.: "Sleep deprivation, physical fatigue, and the perception of exercise intensity". *Med. Sci. Sports Med.*, 17: 580-584, 1985.
- 28 NICOLAU, M.C., AKAÁRIR, M., GAMUNDI, A., GONZÁLEZ, J., RIAL, R.V.: "Why we sleep: the evolutionary pathway to the mammalian sleep". *Progress in Neurobiology*, 62: 379-406, 2000.
- 29 OPSTAD, P.K. et al: "Performance, mood and clinical symptoms in man exposed to prolonged, severe physical work and sleep deprivation". *Aviat. Space Environ. Med.*, 49: 1065-1073, 1978.
- 30 RECHTSCHAFFEN, A., KALES, A.: "A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stage of human subjects". U.S. Government Printing Office, Washington D.C., 1968.
- 31 REILLY, T., DEYKIN, T.: "Effects the partial sleep loss on subjective states, psychomotor and physical performance tests". *J. Human Movement Studies*, 9(4): 157-170, 1983.
- 32 RODRIGUES, F.A.: "Fisiología del entrenamiento deportivo, fatiga y sobreentrenamiento". *Apunts: Medicina Deportiva*, 24: 71-80, 1987.
- 33 SHEPARD, R.J., SIDNEY, K.H.: "Effects of physical exercise on plasma growth hormone and cortisol levels in human subjects". *Exerc. Sport Sci. Rev.*, New York: Academic Press. New York, 1974.
- 34 TANABE, K., YAMAMOTO, A., SUZUKI, N., AKASHI, Y., SEKI, A., SAMEJIMA, H., OYA, M., MURABAYASHI, T., NAKAYAMA, M., YOKOYAMA, Y., OSAKA, N., ITOH, H., MIYAKE, F., MURAYAMA, M.: "Exercise-induced changes in plasma atrial natriuretic peptide and brain natriuretic peptide concentrations in healthy subjects with chronic sleep deprivation". *Jpn. Circ. J.* 63(6): 447-452, 1999.
- 35 TANABE, K., YAMAMOTO, A., SUZUKI, N., OSADA, N., YOKOYAMA, Y., SAMEJIMA, H., SEKI, A., OYA, M., MURABAYASHI, T., NAKAYAMA, M., YAMAMOTO, M., OMIYA, K., ITOH, H., MURAYAMA, M.: "Efficacy of oral magnesium administration on decreased exercise tolerance in a state of chronic sleep deprivation". *Jpn. Circ. J.* 62(5): 341-346, 1998.
- 36 VANDER, A.J., SHERMAN, J.H., LUCIANO, D.S.: "Fisiología Humana". Pág. 245. McGraw-Hill do Brasil Editora. São Paulo, Brasil, 1981.
- 37 VANHELDER, T., RADOMSKI, M.W.: "Sleep of privation and the effect on exercise performance". *Sports Med.*, 7(4): 235-247, 1989.