

Valoração da influência dos ritmos circadianos no rendimento desportivo de velocistas

Valuation of the influence of the circadian rhythms in the athletic efficiency of runners

Ordoñez, F.J.;
Rosety-Rodríguez, M.;
Rosety M.;
Gómez del Valle, M.
Díaz-Ordoñez A.;
Rosety J.M.;
Fornieles-Gonzalez G.

Resumo

Neste trabalho estuda-se a influência que os ritmos circadianos exercem no rendimento desportivo de velocistas em provas de 50 metros rasos. Para isso, 13 velocistas seguirão um estrito protocolo que fixa os horários de sono/vigília, refeições e controle de variáveis (rendimento em velocidade, teste de Bosco, testes de auto-estima psíquica e física e temperatura corporal) durante 3 dias não consecutivos. No primeiro dia, seguiu-se o horário base, enquanto que no segundo (dia de antecipação) e terceiro (dia de atraso) se adiantou e atrasou o mesmo horário em 2 horas, respectivamente. Da análise dos resultados deduz-se que o momento máximo de rendimento em velocidade se produz à tarde (19 horas). Existe uma maior dificuldade ao modificar os picos de máximo rendimento no sentido de antecipar, registrando um deterioro estatisticamente significativo do rendimento médio do dia de antecipação em relação ao dia de controle. Por último, o teste de Bosco, o teste de auto valoração psíquica e física apresentaram uma relação muito direta com o rendimento em velocidade pelo que podem ser empregues em autorritometria.

PALAVRAS-CHAVE: ritmos circadianos, rendimento desportivo, autorritmetria.

Abstract

This work studies the influence that circadian rhythms exert in the athlete efficiency of runners in 50 flat meters tests. To do so, 13 runners followed a strict protocol that set schedules for sleep/rest, meals, and variable control (speed efficiency, Bosco test, psychic and physical self-esteem tests and body temperature) during 3 non-consecutive days. On the first day schedule were followed accordingly. On the second day – anticipation day – and on the third day - delay day - 2 hours were anticipated and delayed, respectively. From the analysis of the results, we could infer that the best speed efficiency takes place in the afternoon (7pm). When you anticipate the maximum peak of speed efficiency a statistically significant deterioration is registered, when compared to the control day. Also, the Bosco test and psychic and physical self-esteem tests presented a very direct relation with the speed efficiency, thus being able to be employed in autorhythmometric.

KEYWORDS: circadian rhythms, athlete efficiency, autorhythmometric.

Correspondência: Francisco Javier Ordoñez
Departamento de Ciências Morfológicas. Facultad de Medicina.
Pza. Fragela s/n, 11003 Cádiz. España
Tlfn. 956 01 52 01
E-mail: franciscojavier.ordonez@uca.es

Introdução

O nosso relógio biológico central, localizado no Núcleo Supraquiasmico (NSQ) do hipotálamo, impõe um horário ao que devem ajustar-se os diferentes sistemas do organismo, o que permite regular uma complexa série de ritmos (Zisapel 2001).

Os ritmos biológicos podem ser definidos como a mudança regular e de periódica uma função fisiológica (Halberg, 1969). Hoje sabemos que numerosas atividades fisiológicas humanas (sono/vigília, frequência cardíaca, temperatura corporal, secreções hormonais, etc.) mudam ciclicamente num período de 24 horas, denominando-se ritmos circadianos (Reilly 1990).

De tudo isto, pode deduzir-se que os diferentes sistemas funcionais do nosso organismo não apresentam os mesmos níveis de atividade fisiológica durante as 24 horas do dia (Hollmann e Hettinger, 1980; Millar-Craig *et al.* 1978).

Mesmo assim, Atkinson e Reilly (1996) referiram que o rendimento físico dos desportistas varia ao longo do dia. Neste sentido, o ritmo sono/vigília é de maior relevância para examinar o rendimento desportivo (Reilly, 1990).

Na atualidade, podemos considerar o esporte de alto rendimento um “espetáculo”, mas sem dúvida nenhuma, são os resultados obtidos que predominam sobre qualquer outra questão. Neste sentido, segundos, décimos de segundo ou, inclusive, milésimos de segundos podem supor uma enorme barreira entre o sucesso e o fracasso (Platonov, 1991). Por isso, é muito importante conhecer em que momento do dia nosso organismo apresenta uma maior predisposição para alcançar melhores resultados.

A estas questões temos que acrescentar o fato de que vivemos num mundo que tende a uma globalização, até mesmo em nível de competições desportivas. Estas competições, portanto, podem ser celebradas em qualquer país dos cinco continentes, podendo afetar o rendimento final dos atletas devido à influência das trocas de horários. Como consequência, a importância que se dá à influência dos ritmos circadianos nos resultados desportivos é muito grande. Muitos autores, como Steendland e Deddens (1997) e Smith *et al.* (1997), que estudaram o efeito deste tipo de viagem nos jogadores profissionais das ligas nacionais de basquete e futebol americanos, concluíram que o uso sistemático de fármacos (melatonina) para acelerar o processo de adaptação ou sincronização às novas condições horárias é recomendável.

As razões anteriormente expostas, somadas à escassez de investigações sobre este tema, conduziram-nos a projetar este estudo no qual se pretende conhecer a influência nos ritmos circadianos no rendimento desportivo. Os objetivos do trabalho foram:

- 1) conhecer o momento do dia ideal para alcançar o máximo de rendimento em provas de 50 metros rasos;
- 2) modificar os picos de rendimento através de manobras simples para poder ajustá-los a horários de competição quando seja necessário
- 3) estabelecer variáveis que indiquem de maneira indireta o rendimento e, que por sua vez possam ser medidas pelo próprio desportista (autorritometria).

Material e método

Neste estudo, participaram 13 velocistas do sexo masculino com 18,3 $\pm$ 0,4 anos, 66,4 $\pm$ 8,4 kg de peso, 174,5 $\pm$ 5,0 cm de altura, 12 horas de treino semanal e uma história desportiva de 3 $\pm$ 0,7 anos. No momento da experiência, nenhum deles padecia de algum tipo de doença nem se encontrava sob o efeito de nenhum tipo de fármacos ou hábito tóxico que pudesse alterar o seu rendimento ao realizar as provas. Tudo isto foi constatado na exploração médica prévia à sua participação no estudo.

Os participantes submeteram-se a um estrito protocolo que determinava os horários de sono, refeições e controle de variáveis (Tabela 1 em anexo). No primeiro dia, seguiu-se o horário base, enquanto que no segundo, se adiantava este em 2 horas e no terceiro se atrasava o mesmo em outras 2 horas. Será conveniente referir que entre cada um dos três dias de estudo existiram três dias de descanso.

As variáveis que se estudaram em cada controle foram: o rendimento na velocidade em prova de 50 metros rasos, o teste de Bosco (Squat jump e Counter Movement Jump), testes de auto-estima psíquica e física (Halberg *et al.* 1972) (Tabela 2 em anexo) e a temperatura corporal.

As provas de velocidade desenvolveram-se numa pista de atletismo homologada e conhecida pelos participantes. Como material de campo utilizamos: cronômetro, apito, plataforma ergo-jump Bosco system e testes de auto-estima psíquica e física. Para a determinação da temperatura corporal introduzimos um termômetro clínico de mercúrio na cavidade bucal dos participantes durante 5 minutos.

Os resultados obtidos foram expressos como média $\pm$ SD, no entanto, para comparar o valor médio do rendimento em velocidade dos três dias e determinar se existem diferenças estatisticamente significativas ($p > 0.05$) aplicamos o teste de *t* de Student para os dados emparelhados.

Resultados

O rendimento médio da velocidade do primeiro dia foi de 7.04 $\pm$ 0.19 s com um pico máximo às 19 horas (6.94 s) e um mínimo às 15 horas (7.11 s). O valor máximo do rendimento no segundo dia foi de 7.14 $\pm$ 0.27 segundos pelo que foi significativamente menor que o primeiro dia ($p = 0.0388$; $p < 0.05$). No terceiro dia, o rendimento médio foi de 7.09 $\pm$ 0.22 não existindo diferenças estatisticamente significativas relativamente ao rendimento do primeiro dia ($p = 0.5054$; $p > 0.05$).

No que diz respeito aos testes de Squat Jump e Counter Movement Jump, observou-se um comportamento similar ao do rendimento em velocidade com um pico máximo no primeiro dia de 41.4 e 44.9 cm, ambos às 19 horas e um valor médio de 39.8 $\pm$ 5.2 e 44.10 $\pm$ cm, respectivamente.

A autoavaliação psíquica do primeiro dia também apresentou um comportamento similar ao rendimento em velocidade, com um máximo de 4.8 pontos às 19 horas e um valor médio de 4.5 $\pm$ 0.92 pontos. Pelo contrário, na autoavaliação física encontramos valores muito homogêneos que não seguiam o comportamento do rendimento em velocidade. O valor máximo foi alcançado às 17 horas (3.91 pontos) enquanto que o valor médio foi de 3.91 $\pm$ 0.51 pontos.

O comportamento da temperatura também esteve muito relacionado com o rendimento apresentado pela velocidade, se bem que entre ambos sempre houve uma defasagem de 2 horas de adiantamento em relação à performance em velocidade, em relação à temperatura. Assim, o máximo do primeiro dia (37.1° C) foi registrado às 21 horas enquanto que a média foi de 36.7 +/- 0.21° C.

Discussão

A literatura referente à influência que os ritmos circadianos podem exercer sobre o rendimento dos desportistas é escassa. Para além disto, nem sempre se estudam as mesmas modalidades desportivas nem os participantes apresentam as mesmas características, tudo isto condiciona e limita a capacidade de discussão deste trabalho.

A maioria dos estudos realizados anteriormente, incluindo o nosso, confirmam a influência que os ritmos circadianos desempenham sobre o rendimento físico (Marth *et al.* 1998; Smith *et al.* 1997). No entanto, autores como Dalton *et al.* (1997) e Bernard *et al.* (1998) não encontram um efeito estatisticamente significativo, dos ritmos circadianos sobre o rendimento de ciclistas.

Do nosso estudo também se depreende que o momento ótimo para o desenvolvimento deste tipo de provas é à tarde, em concreto às 19 horas. Este fato coincide com os resultados referidos por Javierre *et al.* (1997) e, especialmente, por Wyse *et al.* (1994) para os quais a melhor hora para medir a força das pernas se encontra entre às 18 e 19 horas.

Coincidindo com o post-lunch dip descrito anteriormente por autores como Blake (1967) deparamo-nos com um decaimento do rendimento físico depois do almoço (controle das 15 horas) enquanto que este não aparece no resto das refeições do dia, como já avançavam Javierre *et al.* (1996). Porém, ao comparar os valores de rendimento médio na prova dos 50 metros dos três dias, apreciou-se uma diferença, estatisticamente significativa entre o 1º e 2º dias e não entre o 1º e 3º dias.

Este fato sugere a maior dificuldade de modificar os picos de rendimento em sentido de adiantar o horário o que pode estar relacionado com a duração da ritmicidade circádica endógena de 24.7 horas, o que obriga a uma sincronização de 1 hora adicionada às que tenham sido impostas pelos investigadores. No outro extremo, o atraso de 2 horas do horário base não prejudica o nível de rendimento porque a adaptação é mais progressiva e suave.

Evidenciou-se um realce muito direto entre o comportamento do rendimento em velocidade e o teste de Bosco, já que este último reflete fielmente a força explosiva dos sujeitos.

A boa relação entre os resultados do teste de auto-estima psíquica e o rendimento em velocidade, que já referiram Balague (1982) e Trine e Morgan (1995) voltou a ser confirmado neste estudo. Pelo contrário, os resultados do teste de auto-estima física não apresentaram tal relação com o rendimento da velocidade. Mesmo assim, os seus resultados foram muito homogêneos ao longo dos três dias, o que pode indicar a escassa influência que o cansaço teve nos resultados deste trabalho.

De acordo com Reilly e Garret (1998), encontramos uma relação direta entre a temperatura corporal e o rendimento em velocidade. Assim, observamos que os picos máximos de ambas variáveis ocorrem à tarde. Portanto, a existência destes ritmos deve ser levada em conta pelos desportistas, as ciências aplicadas do desporto, em geral, e pela medicina desportiva em particular assim como os organizadores de eventos desportivos. Tudo isto porque consideramos de grande importância programar os treinos e competições tendo em consideração o biorritmo dos desportistas.

Conclusão

Da análise dos resultados obtivemos as seguintes conclusões:

1. O pico máximo de rendimento em velocidade em prova de 50 metros apareceu pela tarde, em concreto às 19 horas.
2. A modificação do horário de sono e refeições permite modificar os picos de rendimento. Neste sentido, existe uma maior dificuldade de modificá-los em sentido de adiantamento, encontrando um deterioro estatisticamente significativo quando comparamos o rendimento em velocidade com o obtido no dia de controle.
3. O teste de Bosco (Squat Jump e Counter Movement Jump), o teste de auto-estima psíquica e a temperatura corporal podem utilizar-se em autorritmia como variáveis que indiquem indiretamente o rendimento em velocidade dos desportistas.

Referências Bibliográficas

1. ATKINSON, G. y REILLY, T. Circadian variation in sports performance. *Sports med.* 1996; 21: 292-312.
2. BALAGUE, N. Correlation between Cooper's test and a simple self-assessment test for a group of Spanish children. *4th European research seminar on testing physical fitness. Cardio-respiratory aspects.* International Olympia Academy. Olympia. Greece. 1982, p.91-97.
3. BERNARD, T., GIACOMONI, M., GAVARRY, O., SEYMAT, M. y FALGAYRET G. Time-of-day effects in maximal anaerobic leg exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1998; 77: 133-138.
4. BLAKE, M.J.F. Time-of-day effects on performance in a range of tasks. *Psychon. Sci.* 1967.
5. DALTON, L., MCNANGHTON, L., y DAVOREN, B. Circadian rhythms have no effect on cycling performance. *Int. J. Sports Med.* 1997; 18: 538-542.
6. HALBERG F., JOHNSON E.A., NELSON W., RUNGE W., SOTHERN R. Autorhythmometry- procedures for physiologic self-measurements and their analysis. *Physiology Teacher* 1972; 1: 1-11.

7. HALBERG, F. Chronobiology. *Ann. Rev. Psychol.* 1969; 31: 675-725.
8. HOLLMAN W. y HETTINGER T. (1980). *Sportmedizin Arbeit-Und Trainingsgrmdlagen*. Stuttgart-New York.
9. JAVIERRE, C., VENTURA, J.L., SEGURA, R., CALVO, M. y GARRIDO, E. Is the post-lunch dip in sprinting performance associated with the timing of food ingestion?. *Rev. Esp. Fisiol.* 1996; 52: 247-253.
10. MARTH, P.D., WOODS, R.R. & HILL, D.W. Influence of time-of-day on anaerobic capacity. *Percept. Motor Skills.* 1998; 86: 592-594.
11. MILLAR-CRAIGH, M. W., BISHOP, C.N. y RAFTERY E.B. Circadian variation of blood pressure. *The Lancet.* 1978; 1: 795-797.
12. PLATONOV, V.N. (1991). La adaptación en el deporte. *Paidotribo*. Barcelona
13. REILLY, T. Human circadian rhythms and exercise. *Crit. Rev. Biomed. Eng.* 1990; 18: 165-180.
14. REILLY, T. y GARRET, R. Investigation of diurnal variation in sustained exercise performance. *Ergonomics.* 1998; 41: 1085-1094.
15. SMITH, R.S., GUILLEMINAULT, C. y EFRON, B. Circadian rhythms and enhanced athletic performance in the National Football League. *Sleep.* 1997; 20: 362-365
16. STEENLAND K. y DEDDENS J. A. Effect of travel and rest on performance of professional basketball players. *Sleep* 1997; 20: 366-369.
17. TRINE, M.R. & MORGAN, W.P. Influence of time of day on psychological responses to exercise: a review. *Sports. Med.* 1995; 20: 328-337.
18. WYSE, J.P., MERCER, T.H. y GLESSON, N.P. Time-of-day dependence of isokinetic leg strength and associated interday variability. *Br. J. Sports. Med.* 1994; 28: 167-170.
19. ZISAPEL, N. Circadian rythm sleep disorders: pathophysiology and potential approaches to management. *CNS Drugs.* 2001; 15: 311-328.

Tabela 1. Protocolo com horário base ao que os participantes se submeterão no primeiro dia do encontro. No segundo e no terceiro dia haverá modificações, adiantando e atrasando duas horas respectivamente

HORÁRIO	ATIVIDADE PROGRAMADA
8h	Levantar-se
9h	Controle
10h	Café da manhã
11h	Controle
13h	Controle
14h	Almoço
15h	Controle
17h	Controle
18h	Lanche
19h	Controle
20h	Jantar
21h	Controle
23h	Controle
23h30min	Descanso

Tabela 2. Testes de autoavaliação psíquica e física.
P: Pontuação

HUMOR	P	VIGOR
Depressivo	1	Inativo
Ligeiramente deprimido	2	Ligeiramente inativo
Um pouco abaixo do Estado Humor habitual	3	Um pouco abaixo do normal Atividade habitual
Estado habitual	4	Estado habitual
Um pouco acima do Estado Humor habitual	5	Um pouco acima do normal Atividade habitual
Ligeiramente alegre	6	Ligeiramente ativo
Alegre	7	Ativo

Valoración de la influencia de los ritmos circadianos en el rendimiento deportivo de velocistas

Ordoñez, F.J.¹;
Rosety-Rodríguez, M.¹,
Rosety M.¹;
Gómez del Valle, M.²
Díaz-Ordoñez A.³;
Rosety J.M.³;
Ribelles, A.¹
Carrasco C.³.

Resumen:

En el presente trabajo se estudia la influencia que los ritmos circadianos ejercen en el rendimiento deportivo de velocistas en pruebas de 50 metros lisos. Para ello, 13 velocistas seguirán un estricto protocolo que fija los horarios de sueño/vigilia, comidas y control de variables (rendimiento en velocidad, test de Bosco, tests de autoestima psíquica y física y temperatura corporal) durante 3 días no consecutivos. El primer día se siguió el horario base, mientras el segundo (día de adelanto) y el tercero (día de retraso) se adelantó y retrasó el mismo en 2 horas respectivamente. Del análisis de los resultados se deduce que el momento de máximo rendimiento en velocidad se produjo por la tarde (19:00 horas). Existe una mayor dificultad al modificar los picos de máximo rendimiento en el sentido de adelanto, registrando un deterioro estadísticamente significativo del rendimiento medio del día de adelanto en relación con el obtenido el día de control. Por último, el test de Bosco, el test de autovaloración psíquica y la temperatura corporal presentaron una relación muy directa con el rendimiento en velocidad por lo que pueden ser empleadas en autorritmometría.

PALABRAS-CLAVE: ritmos circadianos, rendimiento deportivo, autorritmometría.

¹ Escuela Profesional de Medicina de la Educación Física y el Deporte. Universidad de Cádiz.

² Facultad de Ciencias de la Educación. Departamento de Expresión Corporal. Universidad de Cádiz.

³ Facultad de Medicina. Departamento de Ciencias Morfológicas. Universidad de Cádiz.

Introducción

Nuestro reloj biológico central, localizado en el Núcleo Supraquiasmático (NSQ) del Hipotálamo, impone un horario al que deben ajustarse distintos sistemas del organismo lo que le permite regular una compleja serie de ritmos (Zisapel, 2001).

Los ritmos biológicos pueden ser definidos como el cambio regular y periódico de una función fisiológica (Halberg, 1969). Hoy sabemos que numerosas actividades fisiológicas humanas (sueño/vigilia, frecuencia cardíaca, temperatura corporal, secreciones hormonales, etc.) cambian cíclicamente con un periodo de 24 h, denominándose ritmos circadianos (Reilly, 1990).

De todo esto puede deducirse que los diferentes sistemas funcionales de nuestro organismo no presentan los mismos niveles de actividad fisiológica durante las 24 horas del día (Hollmann y Hettinger, 1980; Millar-Craig et al. 1978).

Asimismo, Atkinson y Reilly (1996) refirieron que el rendimiento físico de los deportistas también fluctuaba periódicamente a lo largo del día. En este sentido, el ritmo sueño/vigilia es el de mayor relevancia para examinar el rendimiento deportivo (Reilly, 1990).

Las razones anteriormente expuestas, sumadas a la escasez de investigaciones sobre este tema, nos condujeron a diseñar este estudio en el que se pretende conocer la influencia de los ritmos circadianos en el rendimiento deportivo. Los objetivos de este trabajo fueron:

- i. conocer que momento del día es el mas optimo para alcanzar el máximo rendimiento en pruebas de velocidad de 50 metros lisos.
- ii. modificar los picos de rendimiento máximo a través de maniobras sencillas para poder ajustarlos a los horarios de competiciones cuando sea necesario.
- iii. establecer variables que indiquen de manera indirecta el rendimiento y que a su vez puedan ser medidas por el propio deportista (autorritmometría).

Material y metodo

En este estudio participaron 13 velocistas varones con 18.3 ± 0.4 años, 66.4 ± 8.4 kg de peso, 174.5 ± 5.0 cm de altura, 12 horas de entrenamiento semanales y una historia de práctica deportiva de 3 ± 0.7 años. En el momento de la experiencia ninguno de ellos padecía enfermedad alguna ni se encontraba bajo los efectos de ningún fármaco o hábito tóxico que pudiera alterar su rendimiento al realizar las pruebas.

Tabla 1. Protocolo con horario base al que se someterán los participantes el primer día del estudio. En el segundo y tercer día, el mismo se modificara adelantándose y retrasándose 2 horas respectivamente.

HORARIO	ACTIVIDAD PROGRAMADA
08 : 00 h.	Levantarse
09 : 00 h.	Control
10 : 00 h.	Desayuno
11 : 00 h.	Control
13 : 00 h.	Control
14 : 00 h.	Almuerzo
15 : 00 h.	Control
17 : 00 h.	Control
18 : 00 h.	Merienda
19 : 00 h.	Control
20 : 00 h.	Cena
21 : 00 h.	Control
23 : 00 h.	Control
23 : 30 h.	Retirada

Los participantes se sometieron a un estricto protocolo que determinaba los horarios de sueño, comidas y control de variables (Tabla 1). En el primer día se siguió el horario base mientras que en el segundo se adelantaba este en 2 horas y en el tercero se retrasaba en otras 2 horas. Conviene matizar que entre cada uno de los tres días de estudio hubo tres días de descanso.

Tabla 2. Tests de autovaloración psíquica y física. P: puntuación.

HUMOR	P	VIGOR
Depresivo	1	Inactivo
Ligeramente deprimido	2	Ligeramente inactivo
Un poco por debajo del estado habitual de humor	3	Un poco por debajo del estado habitual de actividad
Estado habitual	4	Estado habitual
Un poco por encima del estado habitual de humor	5	Un poco por encima del estado habitual de actividad
Ligeramente alegre	6	Ligeramente activo
Alegre	7	Activo

Las variables que se estudiaron en cada control fueron: el rendimiento en velocidad en prueba de 50 metros lisos, el test de Bosco (Squat Jump y Counter Movement Jump), tests de autoestima psíquica y física (Halberg, 1972) (Tabla 2) y la temperatura corporal.

Las pruebas de velocidad se desarrollaron en una pista de atletismo homologada y conocida por los participantes. Como material de campo empleamos: cronómetro, silbato, plataforma ergo-jump Bosco system y tests de autoestima psíquica y física. Para la determinación de la temperatura corporal introducíamos un termómetro clínico de mercurio en la cavidad bucal de los participantes durante 5 minutos.

Los resultados obtenidos fueron expresados como media $\pm$ SD. Asimismo, para comparar el valor medio del rendimiento en velocidad de los tres días y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) aplicamos el test de la t de Student para datos apareados.

Resultados

El rendimiento medio en velocidad del primer día fue de 7.04 ± 0.19 s con un pico máximo de rendimiento a las 19 horas (6.94 s) y uno mínimo a las 15 horas (7.11 s).

El valor medio del rendimiento el segundo día fue de 7.14 ± 0.27 s por lo que fue significativamente menor que el del primer día ($p = 0.0388$; $p < 0.05$). En el tercer día el rendimiento medio fue de 7.09 ± 0.22 s no existiendo diferencias estadísticamente significativas con respecto al rendimiento del primer día ($p = 0.5054$; $p > 0.05$).

En cuanto a los tests de Squat Jump y Counter Movement Jump, se observó un comportamiento similar al del rendimiento en velocidad con un pico máximo el primer día de 41.4 y 44.9 cm ambos a las 19 horas y un valor medio de 39.8 ± 5.2 y 44.10 ± 5.9 cm respectivamente.

La autovaloración psíquica del primer día también presentó un comportamiento similar al del rendimiento en velocidad, con un máximo de 4.8 puntos a las 19 horas y un valor medio de 4.5 ± 0.92 puntos.

Por el contrario, en la autovaloración física encontramos unos valores muy homogéneos que no seguían el comportamiento del rendimiento en velocidad. El valor máximo se alcanzó a las 17 horas (3.91 puntos) mientras el valor medio fue de 3.85 ± 0.51 puntos.

El comportamiento de la temperatura también estuvo muy relacionado con el presentado por el rendimiento en velocidad si bien entre ambos siempre hubo un desfase de 2 horas de adelanto de la “performance” en velocidad con respecto a la temperatura. Así el máximo del primer día (37.1°C) se registró a las 21 horas mientras que la media fue de $36.7 \pm 0.21^\circ\text{C}$.

Discusion

La literatura referente a la influencia que los ritmos circadianos pueden ejercer sobre el rendimiento de los deportistas es escasa. Además no siempre se estudian las mismas modalidades deportivas ni los participantes presentan las mismas características. Todo ello condiciona y limita la capacidad de discusión de este trabajo.

La mayoría de estudios realizados con anterioridad, incluido el nuestro, confirman la influencia que los ritmos circadianos desempeñan sobre el rendimiento físico (Marth et al. 1998; Smith et al. 1997).

Sin embargo, autores como Dalton et al. (1997) y Bernard et al. (1998) no encontraron un efecto estadísticamente significativo de los ritmos circadianos sobre el rendimiento de ciclistas.

De nuestro estudio también se desprende que el momento más óptimo para el desarrollo de este tipo de pruebas es la tarde, en concreto a las 19:00 horas. Este hecho coincide con los resultados referidos por Javierre et al. (1997) y especialmente por Wyse et al. (1994) para los que la mejor hora para medir la fuerza de la piernas se encuentra entre las 18 y las 19 horas.

Coincidiendo con el “post-lunch dip” descrito con anterioridad por autores como Blake (1967) encontramos un empeoramiento del rendimiento físico tras el almuerzo (control de las 15:00 horas) mientras que este no aparece en el resto de comidas del día como ya avanzaron Javierre et al. (1996).

Asimismo, al comparar los valores de rendimiento medio en la prueba de 50 metros de los tres días, se apreció una diferencia estadísticamente significativa entre el 1º y 2º día y no entre el 1º y 3º días. Este hecho sugiere la mayor dificultad de modificar los picos de rendimiento en el sentido de adelantar el horario que puede estar relacionado con la duración de la ritmicidad circádica endógena de 24.7 horas, lo que obliga a una sincronización de 1 hora añadida a las que ya hayan sido impuestas por los investigadores. En el otro extremo, el retraso en 2 horas del horario base no perjudica gravemente el nivel de rendimiento porque la adaptación es mas progresiva y suave.

Se evidenció una relación muy directa entre el comportamiento del rendimiento en velocidad y el del test de Bosco ya que este último refleja fielmente la fuerza explosiva de los sujetos.

La buena relación entre los resultados del test de autoestima psíquica y el rendimiento en velocidad, que ya refirieron Balague (1982) y Trine y Morgan (1995) volvió a confirmarse en este estudio.

Por el contrario, los resultados de la autoestima física no presentaron tal relación con el rendimiento en velocidad. Asimismo, sus resultados fueron muy homogéneos los tres días lo que puede indicar la escasa influencia que el cansancio ha tenido en los resultados de este trabajo.

De acuerdo con Reilly y Garret (1998), encontramos una relación directa entre la temperatura corporal y el rendimiento en velocidad. Así observamos que los picos máximos de ambas variables ocurren por la tarde.

Por tanto, la existencia de estos ritmos debe ser tenida en cuenta por los deportistas, las ciencias aplicadas al deporte en general y la medicina deportiva en particular así como los organizadores de eventos deportivos. Todo ello porque consideramos de gran importancia programar los entrenamientos y competiciones tomando en consideración el biorritmo de los deportistas.

Conclusiones

Del análisis de los resultados obtuvimos las siguientes conclusiones:

1. El pico de máximo rendimiento en velocidad en prueba de 50 metros apareció por la tarde, en concreto a las 19 horas.
2. La modificación del horario de sueño y comida permite modificar los picos de rendimiento. En este sentido existe una mayor dificultad de modificarlos en sentido de adelanto, encontrando un deterioro estadísticamente significativo cuando comparamos el rendimiento en velocidad con el obtenido el día de control.
3. El test de Bosco (Squat Jump y Counter Movement Jump), el test de autoestima psíquica y la temperatura corporal pueden emplearse en autorritmometría como variables que indiquen indirectamente el rendimiento en velocidad de los deportistas.

Referencias

1. ATKINSON, G. y REILLY, T. Circadian variation in sports performance. *Sports. med.* 1996; 21: 292-312.
2. BALAGUE, N. Correlation between Cooper's test and a simple self-assessment test for a group of Spanish children. *4th European research seminar on testing physical fitness. Cardio-respiratory aspects.* International Olympia Academy. Olympia. Greece. 1982, p. 91-97.
3. BERNARD, T., GIACOMONI, M., GAVARRY, O., SEYMAT, M. y FALGAYRET G. Time-of-day effects in maximal anaerobic leg exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1998; 77: 133-138.
4. BLAKE, M.J.F. Time-of-day effects on performance in a range of tasks. *Psychon. Sci.* 1967.
5. DALTON, L., MCNANGHTON, L., y DAVOREN, B. Circadian rhythms have no effect on cycling performance. *Int. J. Sports Med.* 1997; 18: 538-542.
6. HALBERG, F. Chronobiology. *Ann. Rev. Psychol.* 1969; 31: 675-725.
7. HALBERG, F. Autorhythmometry-Procedures for physiologic self-measurements and their analysis. *The American Physiological Society.* 1972; 1 (4):
8. JAVIERRE, C., VENTURA, J.L., SEGURA, R., CALVO, M. y GARRIDO, E. Is the post-lunch dip in sprinting performance associated with the timing of food ingestion? *Rev. Esp. Fisiol.* 1996; 52: 247-253.
9. MARTH, P.D., WOODS, R.R. & HILL, D.W. Influence of time-of-day on anaerobic capacity. *Percept. Motor. Skills.* 1998; 86: 592-594.
10. MILLAR-CRAIGH, M. W., BISHOP, C.N. y RAFTERY E.B. Circadian variation of blood pressure. *The Lancet.* 1978; 1: 795-797.
11. REILLY, T. Human circadian rhythms and exercise. *Crit. Rev. Biomed. Eng.* 1990; 18: 165-180.
12. REILLY, T. y GARRET, R. Investigation of diurnal variation in sustained exercise performance. *Ergonomics.* 1998; 41: 1085-1094.
13. SMITH, R.S., GUILLEMINAULT, C. y EFRON, B. Circadian rhythms and enhanced athletic performance in the National Football League. *Sleep.* 1997; 20: 362-365
14. TRINE, M.R. & MORGAN, W.P. Influence of time of day on psychological responses to exercise: a review. *Sports. Med.* 1995; 20: 328-337.
15. WYSE, J.P., MERCER, T.H. y GLESSON, N.P. Time-of-day dependence of isokinetic leg strength and associated interday variability. *Br. J. Sports. Med.* 1994; 28: 167-170.
16. ZISAPEL, N. Circadian rythm sleep disorders: pathophysiology and potential approaches to management. *CNS Drugs.* 2001; 15: 311-328.