

EFEECTO DE LA HORA DEL DÍA SOBRE PARÁMETROS BIOQUÍMICOS Y DESEMPEÑO FÍSICO

TIME-OF-DAY EFFECT ON BIOCHEMICAL PARAMETERS AND PERFORMANCE

**Gómez del Valle, M.*; Rosety Rodríguez, M.; Ordoñez Muñoz, F.J. y
Ribelles García, A.**

* Facultad de Ciencias de la Educación. Escuela Profesional de Medicina de la Educación Física y el Deporte. Universidad de Cádiz. E-mail: manuel.gvalle@uca.es

RESUMEN

El propósito de este trabajo es identificar parámetros fiables que indiquen la predisposición fisiológica ante un esfuerzo de ciclistas-deportistas con el fin de poder orientar las actuaciones en función de la capacidad de trabajo que presenten en determinadas horas del día. El grupo estaba compuesto por catorce ciclistas varones con una media de edad de 16 ± 1.2 años. El procedimiento requería realizar dos pruebas de potencia aeróbica máxima (test de Conconi adaptado a ciclismo en pista) con un descanso de 48 horas entre ambas, las mismas se llevaron a cabo en un velódromo de 333,33 m. de cuerda. Los resultados obtenidos están referidos a las variables; tiempo de permanencia en la prueba, niveles de ácido láctico, urea y creatinina. Los datos fueron expuestos como la media aritmética, desviación estándar, diferencias y porcentajes diferenciales, aplicándose para la comparación de las medias el test de la T-test de Student. Los resultados sugieren que la hora del día donde se realice la prueba modifica los valores del desempeño físico, observándose una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) en el tiempo de permanencia en la prueba de la mañana al compararlo con los resultados obtenidos en la prueba realizada por la tarde. También se obtienen diferentes valores en los parámetros bioquímicos estudiados, existiendo diferencias individuales que no debemos rechazar.

PALABRAS CLAVES: Ritmo Circadiano. Ciclismo. Bioquímica. Rendimiento físico.

ABSTRACT

The aim of this paper was to determine the influence of time of day on the performance of competitive cyclists through measuring various reliable parameters. To get this goal, 14 male cyclists, 16 ± 1.2 years-old, underwent in the morning and in the afternoon to a maximal aerobic effort (Conconi Test adapted to cycling of trail). This experience was repeated twice with a 48-h interval between them. Data referred to performance and the serum levels of lactate, creatinine and urea were expressed as mean \pm S.D. In order to compare mean values obtained in the morning and the afternoon trials, we applied the Student's t-test. Our results that circadian rhythms have a significant ($p < 0.05$) effect on cycling performance. In addition we also found alterations in the biochemical parameters we studied.

KEY WORDS: Rhythm Circadian. Cycling. Biochemistry. Performance.

INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios, Dalton y cols. (1997); Bernat y cols. (1997); Smith y cols. (1997); Reilly y Garrett (1998); Battron (2000), han encontrado una estrecha relación entre los ritmos circadianos y el rendimiento, demostrando que estos cambios rítmicos en las funciones fisiológicas están asociados con cambios en la capacidad del sujeto para rendir físicamente.

Una gran variedad de funciones fisiológicas tales como la frecuencia cardíaca, la excreción urinaria, la división celular, la síntesis enzimática, los cambios sobre parámetros hemodinámicos, la excreción hormonal, la captación de oxígeno y la temperatura corporal, muestran distintos cambios en el curso de un periodo de 24 horas (Thomas y Pickering, 1995). Incluso eliminamos nuestros desechos rítmicamente. Es decir, todos los órganos y sus funciones están regulados y adaptados a un horario preestablecido.

Así, las células del cuerpo pueden funcionar normalmente cuando están provistas de oxígeno y de principios nutritivos, sus productos de desecho son

rápidamente eliminados, y la temperatura y acidez cuidadosamente reguladas, pero estos mínimos para el correcto funcionamiento celular también están supeditados a la predisposición del organismo.

Se conoce a este fenómeno como ritmo circadiano y se piensa que está regulado por varios “relojes biológicos” que operan de manera separada. Así, el contenido de sustancias activas desde el punto de vista biológico en el medio interno aumenta o disminuye según la hora del día, de forma que la capacidad del ser humano para manifestar distintas cualidades físicas varía considerablemente en el transcurso de 24 horas. En general el nivel más alto de las posibilidades funcionales del organismo se observa en el periodo que abarca entre las 10 a las 13 horas y luego, tras un discreto descenso, desde las 16 hasta las 19 horas. Estas oscilaciones pueden llegar a ser importantes, tal es el caso de la frecuencia cardíaca en reposo que alcanza una diferencia de un 20-30%, o la máxima concentración de ácido láctico con cargas extremas que puede variar hasta un 21 % como nos indican (Ilmarinen y cols., 1975), sin olvidarnos de la capacidad de trabajo que según (Platonov, 1991), puede oscilar hasta un 20%.

El propósito de este trabajo es conocer si existe relación entre los niveles de ácido láctico, urea y creatinina y los resultados de rendimiento obtenidos, realizando para ello un test de potencia aeróbica máxima (test de Conconi modificado para ciclismo en pista) a distintas horas del día, con el fin de determinar cuando el sujeto se encuentra en las mejores condiciones para llevar a cabo dicha prueba y así aplicar estos conocimientos a los entrenamientos y/o las competiciones.

MATERIAL Y MÉTODO

El grupo experimental estaba compuesto por 14 ciclistas varones cuya media de edad era de 16 ± 1.2 años, todos practicaban asiduamente ciclismo en pista, ocho pertenecían a la categoría cadete (15-16 años) y seis a la categoría juvenil (17-18 años). Se establecieron como criterios de selección (además de los mencionados), no padecer enfermedad transitoria ni estar bajo los efectos de ninguna sustancia farmacológica que pudiera alterar los resultados de las pruebas, así como llevar al menos 20 días sin realizar ningún tipo de actividad física.

Previo a la realización de la experiencia se les informó a todos los sujetos de los objetivos pretendidos así como del procedimiento que se utilizaría. El diseño fue intrasujeto, estableciéndose cuatro variables dependientes; tiempo de permanencia en la prueba, niveles de ácido láctico, urea y creatinina, siendo la variable independiente del estudio la hora de realización de la prueba. El procedimiento requería realizar dos veces con un descanso de 48 horas una prueba de potencia aeróbica máxima (Test de Conconi adaptado para ciclismo en pista). Las pruebas se realizaron en un velódromo de 333.33 m. de cuerda; esta prueba comienza a una velocidad de 22 Km/h. para ir aumentando 2 Km/h cada 666.66 m. (dos vueltas), dándose por finalizada cuando el ciclista no cubre la distancia predeterminada en el tiempo establecido o bien abandona la prueba de forma voluntaria.

La primera prueba se llevó a cabo dentro de una franja horaria que comprendía desde las 10:00 a las 14:00 horas y la segunda, tras el descanso de 48 horas, entre las 16:00 y las 20:00 horas. Estas franjas horarias las hicimos coincidir con los horarios oficiales de los Campeonatos Nacionales de esta disciplina deportiva.

La determinación de los niveles de urea y creatinina fueron analizados y registrados con un analizador Reflotron-Sport®, los niveles de ácido láctico por medio de un analizador Ysi 1500® y los valores del tiempo de permanencia en la prueba por medio de cronómetro Polar® y hoja de registro predeterminada.

El tratamiento estadístico empleado ha sido; análisis descriptivo expresado como la media aritmética, desviación estándar, diferencias y porcentajes diferenciales, empleando el test de la T-test de Student para datos apareados con el fin de determinar el grado de significación en todas las variables controladas.

RESULTADOS

El valor medio del tiempo empleado en la prueba de la mañana es de $534,07 \pm 30,76$ s, siendo mayor que el utilizado en la prueba de la tarde $481,42 \pm 32,71$ s, que supone una diferencia de $52,64 \pm 35,03$ s, dando como resultado porcentual un $9,71 \pm 6,35$ %. El mayor porcentaje de la diferencia entre ambas pruebas a nivel individual es de un 20,83 % (sujeto nº 4), siendo el

menor valor porcentual el encontrado en el sujeto nº 10 con un -2,91 % (Tabla 1).

TIEMPO DE PERMANENCIA EN LA PRUEBA (s).

SUJETOS		TIEMPO PRUEBA MAÑANA	TIEMPO PRUEBA TARDE	DIFERENCIA MAÑANA-TARDE	% DIFERENCIA MAÑANA-TARDE
C A D E T E	1	576	502	74	12,85
	2	535	504	31	5,79
	3	536	475	61	11,38
	4	576	456	120	20,83
	5	523	462	61	11,66
	6	492	448	44	8,94
	7	499	409	90	18,04
	8	556	513	43	7,73
J U V E N I L	9	491	494	-3	-0,61
	10	516	531	-15	-2,91
	11	578	497	81	14,01
	12	555	516	39	7,03
	13	509	461	48	9,43
	14	535	472	63	11,78
MEDIA		534,07	481,42	52,64	9,71
DES. EST.		30,76	32,71	35,03	6,35

Tabla 1.- Tiempo, diferencia y valor porcentual de la diferencia entre mañana y tarde.

En cuanto a los niveles de ácido láctico, el valor medio preesfuerzo en la prueba de la mañana es de $1,12 \pm 0,26$ mmol/l, siendo mayor que por la tarde $1,05 \pm 0,35$ mmol/l. En el postesfuerzo, el valor medio de lactato en la prueba de la mañana es de $11,33 \pm 2,49$ mmol/l, siendo mayor que por la tarde $10,58 \pm 2,64$ mmol/l. Con el esfuerzo realizado por la mañana se produce un incremento de $10,21 \pm 2,38$ mmol/l, que supone un $89,84 \pm 2,57$ %. En la prueba de la tarde el valor medio del incremento es menor $9,53 \pm 2,60$ mmol/l, significando un $89,68 \pm 3,37$ %. Individualmente el valor más significativo en el porcentaje del incremento lo encontramos en la prueba de la tarde y en el sujeto nº 12 con un 95,29 %. (Tabla 2).

ÁCIDO LÁCTICO (mmol/l).

SUJETOS	MAÑANA				TARDE				
	PRE	POST	INC	% INC	PRE	POST	INC	% INC	
C	1	1,00	10,57	9,57	90,53	0,83	8,98	8,15	90,75
	2	1,45	11,14	9,69	86,98	1,12	8,55	7,43	86,90

A D E T E	3	0,98	9,34	8,36	89,50	0,92	11,20	10,28	91,78
	4	1,10	6,83	5,73	83,89	0,97	7,84	6,87	87,62
	5	1,15	14,32	13,17	91,96	0,98	8,23	7,25	88,09
	6	0,84	12,15	11,31	93,08	0,64	7,92	7,28	91,91
	7	0,68	10,40	9,72	93,46	0,60	8,20	7,60	92,68
	8	1,30	11,90	10,60	89,07	1,40	13,09	11,69	89,30
J U V E N I L	9	1,10	10,50	9,40	89,52	1,44	9,50	8,06	84,84
	10	1,55	12,05	10,50	87,13	1,37	9,68	8,31	85,84
	11	0,70	7,35	6,65	90,47	1,26	12,50	11,24	89,92
	12	1,30	15,52	14,22	91,62	0,65	13,81	13,16	95,29
	13	1,30	12,14	10,84	89,29	0,82	16,25	15,43	94,95
	14	1,27	14,54	13,27	91,26	1,80	12,50	10,70	85,60
MEDIA		1,12	11,33	10,21	89,84	1,05	10,58	9,53	89,68
DES. EST.		0,26	2,49	2,38	2,57	0,35	2,64	2,60	3,37

Tabla 2.- Valores encontrados, incrementos y porcentajes del incremento pre y postesfuerzo.

En todo el grupo el valor medio preesfuerzo de urea por la mañana es de $5,22 \pm 0,91$ mmol/l, siendo mayor que por la tarde $5,00 \pm 1,21$ mmol/l. El valor medio postesfuerzo de urea por la mañana es de $5,15 \pm 1,11$ mmol/l, siendo mayor que por la tarde $5,08 \pm 1,34$ mmol/l. Con el esfuerzo realizado por la mañana se produce una disminución de $-0,06 \pm 1,15$ mmol/l, que supone un $-4,45 \pm 22,52$ %. Asimismo, con el esfuerzo realizado por la tarde se produce un incremento en los valores de urea de $0,07 \pm 0,98$ mmol/l, que supone un $-0,93 \pm 20,32$ %. (Tabla 3).

UREA (mmol/l).

SUJETOS		MAÑANA				TARDE			
		PRE	POST	INC	% INC	PRE	POST	INC	% INC
C A D E T E	1	4,63	4,12	-0,51	-12,37	3,33	4,18	0,85	20,33
	2	5,09	4,55	-0,54	-11,86	4,01	3,20	-0,81	-25,31
	3	4,85	5,70	0,85	14,91	5,30	6,12	0,82	13,39
	4	5,55	3,91	-1,64	-41,94	4,80	3,57	-1,23	-34,45
	5	4,48	5,06	0,58	11,46	4,79	3,95	-0,84	-21,26
	6	7,64	6,25	-1,39	-22,24	6,80	5,75	-1,05	-18,26
	7	4,5	6,20	1,70	27,41	4,16	5,96	1,80	30,20
	8	4,35	5,62	1,27	22,59	4,85	5,50	0,65	11,81
J U V E N I	9	5,15	4,32	-0,83	-19,21	3,78	4,80	1,02	21,25
	10	5,95	7,35	1,40	19,04	6,01	6,16	0,15	2,43
	11	5,72	4,20	-1,52	-36,19	3,33	3,33	0,00	0,00
	12	4,02	3,50	-0,52	-14,85	5,73	5,42	-0,31	-5,71
	13	5,85	5,11	-0,74	-14,48	6,93	8,02	1,09	13,59

L	14	5,32	6,29	0,97	15,42	6,30	5,20	-1,10	-21,15
MEDIA		5,22	5,15	-0,06	-4,45	5,00	5,08	0,07	0,93
DES. EST.		0,91	1,11	1,15	22,52	1,21	1,34	0,98	20,32

Tabla 3.- Valores encontrados, incrementos y porcentajes del incremento pre y Postesfuerzo

Respecto al valor medio de creatinina encontrado en la prueba de la mañana es de $50,90 \pm 6,16$ mmol/l, siendo menor que en la tarde $53,80 \pm 7,65$ mmol/l. El valor postesfuerzo de creatinina en la prueba de la mañana es de $50,27 \pm 8,18$ mmol/l, siendo menor que en la prueba de la tarde $53,39 \pm 12,31$ mmol/l. Con el esfuerzo realizado por la mañana se produce una disminución de $-0,63 \pm 5,98$ mmol/l, que supone un $-2,38 \pm 10,39$ %. En la prueba de la tarde el valor de la disminución es de $-0,41 \pm 14,05$ mmol/l, que supone un $-5,28 \pm 25,63$ % (Tabla 4).

CREATININA (mmol/l).

SUJETOS		MAÑANA				TARDE			
		PRE	POST	INC	% INC	PRE	POST	INC	% INC
C A D E T E	1	44,20	54,40	10,20	18,75	48,80	56,80	8,00	14,08
	2	48,20	44,80	-3,40	-7,58	46,30	40,20	-6,10	-15,17
	3	45,90	43,70	-2,20	-5,03	48,20	66,80	18,60	27,84
	4	44,20	40,00	-4,20	-10,50	47,10	43,20	-3,90	-9,02
	5	44,20	40,80	-3,40	-8,33	65,00	39,80	-25,20	-63,31
	6	59,00	57,60	-1,40	-2,43	61,30	58,70	-2,60	-4,42
	7	57,20	68,40	11,20	16,37	61,00	71,10	10,10	14,20
	8	44,80	42,50	-2,30	-5,41	46,20	43,70	-2,50	-5,72
J U V E N I L	9	48,60	43,70	-4,90	-11,21	58,40	52,30	-6,10	-11,66
	10	56,50	48,30	-8,20	-16,97	44,20	76,30	32,10	42,07
	11	54,40	54,20	-0,20	-0,36	61,90	55,30	-6,60	-11,93
	12	60,20	56,80	-3,40	-5,98	61,00	60,50	-0,50	-0,82
	13	48,00	56,00	8,00	14,28	58,10	44,20	-13,90	-31,44
	14	57,30	52,60	-4,70	-8,93	45,80	38,60	-7,20	-18,65
MEDIA		50,90	50,27	-0,63	-2,38	53,80	53,39	-0,41	-5,28
DES. EST.		6,16	8,18	5,98	10,99	7,65	12,31	14,05	25,63

Tabla 4.- Valores encontrados, incrementos y porcentajes del incremento pre y postesfuerzo.

DISCUSIÓN

La mayoría de los trabajos realizados hasta el momento están referidos a diferentes disciplinas deportivas cuyas especialidades son bien distintas, esto ocasiona que no se puedan confrontar con muchos autores los resultados

obtenidos. Asimismo, como toda prueba deportiva y más cuando se trata de alta especialidad, no podemos olvidar las diferencias individuales y, aunque los valores estudiados correspondan a las medias obtenidas y su grado de significación, llegado el caso también hacemos mención a los individuos de la muestra que no siguen la tendencia general.

Partiendo de las características del test empleado para la realización de las pruebas (Test de Conconi adaptado a ciclismo en pista), los resultados obtenidos en el tiempo de permanencia en la prueba son directamente proporcionales al desempeño físico, de forma que al hablar de este parámetro nos vamos a referir a rendimiento en general. Así, los valores medios obtenidos del tiempo empleado en la prueba de la mañana son mayores que los alcanzados en la prueba de la tarde, observándose una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$). Coincidentes con nuestros resultados encontramos a Atkinson y Reilly (1996), los cuales aseguran que la mañana es el mejor momento del día para el desempeño físico siempre que la intensidad sea alta. Platonov (1991), afirma que en la mañana es cuando se obtienen los mejores resultados, aunque desde el punto de vista de las oscilaciones de las funciones fisiológicas de los ritmos diarios, la mañana no es el momento más oportuno.

Math y cols. (1998) y Bernat y cols. (1998), confirman esta teoría asegurando además que el déficit de O_2 para un mismo esfuerzo es menor por la mañana en comparación con el resto del día.

Podemos observar como en los sujetos de categoría cadete (grupos de edad) existe un apreciable aumento en los resultados obtenidos en la prueba de la mañana comparados con los demás, sin embargo, en la prueba de la tarde estas diferencias son menos relevantes.

Estamos de acuerdo con los resultados obtenidos por Huget y cols. (1997) quienes aseguran que en la mañana el rendimiento físico es más alto entre grupos de edad. Por otro lado, discrepamos con Atkinson y Reilly (1996), los cuales afirman que en el trabajo físico realizado por la mañana la diferencia de edad no afecta al desempeño.

Con respecto a los valores medios pre y postesfuerzo de ácido láctico por la mañana son superiores a los de la tarde. Asimismo, el valor medio del

incremento que produce el esfuerzo por la mañana es mayor en valores absolutos, sin embargo, porcentualmente las diferencias son mínimas.

Coincidimos con Adamopoulos y cols. (1995), quienes aseguran que en pruebas de esfuerzo con distancias largas existe un incremento de ácido láctico más significativo. También coincidimos con Mebdo (1993), quien sugiere que cuando el ejercicio es muy intenso y compromete a grandes músculos provoca una gran cantidad de ácido láctico dentro de estos. Por otro lado estamos en desacuerdo con Fortes y cols. (1993), los cuales aseguran que ni el tiempo ni la distancia sirven de referencias para los valores de ácido láctico, siendo presumiblemente el responsable del incremento de este parámetro la técnica del pedaleo empleada.

En cuanto a los valores medios de urea pre y postesfuerzo son superiores por la mañana en toda la muestra. El incremento medio que produce la prueba de la mañana es menor en valores absolutos y porcentuales. Este discreto aumento de la urea en la prueba realizada por la tarde coinciden con los trabajos de López y Fernández (1995), que refieren el aumento asociándolo a esfuerzos de duración prolongada.

Los valores medios pre y postesfuerzo de creatinina por la mañana son inferiores a los de la tarde en ambas categorías, sin embargo, el valor medio de la disminución que produce el esfuerzo de la mañana es mayor en valores absolutos, observándose una gran dispersión de los resultados individuales.

CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados obtenidos en las distintas variables estudiadas y de la discusión con otros autores para relacionar parámetros bioquímicos y rendimiento físico en pruebas de potencia aeróbica máxima, observamos que se confirma la hipótesis que según sea la hora del día (ritmo circadiano) que se utilice para la realización de la prueba se ven afectados los resultados. Observamos que estadísticamente es significativo la mejora del rendimiento cuando la prueba se realiza en la franja horaria matinal, con relación a la tarde.

Referente a la determinación de ácido láctico, apreciamos un aumento en la franja horaria de la mañana. Del estudio de la creatinina llegamos a

apreciar un aumento en la franja horaria de la tarde, significando un incremento de la destrucción muscular en menor tiempo.

Por último, deducimos de los resultados obtenidos en los niveles de ácido láctico, creatinina y urea, que es menos lesivo utilizar la franja horaria de la mañana frente a la de la tarde, con mejores resultados en las pruebas.

BIBLIOGRAFÍA

Adamopoulos, S.; Ponikowski, P.; Cerquetani, E.; Pieloli, M.; Rosano, G.; Sleight, P. y Coats, A.J. (1995): Circadian pattern of heart rate variability in chronic heart failure patients: Effects of physical training. *Eur Heart J.* Vol. 16, nº 10, pp. 1380-1391.

Atkinson, G. y Reilly, T. (1996): Circadian variation in sports performance. *Sports-Med.* nº 4, pp. 292-312.

Battro, A. (2000): El reloj interno y el aprendizaje. *Rev. La Nacion-Line.* <http://www.lanacion.com.ar/00/03/26/010.HTM>

Bernard, T.; Giacomoni, M.; Gavarry, O.; Seymat, M. y Falgairette, G. (1998): Time-of-day effects in maximal anaerobic leg exercise. *J. Appl Physiol.* Vol. 77, nº 2, pp. 133-138.

Conconi, F.; Ferrari, M.; Ziglio, P.D.; Droghetti, P. y Codewca, L. (1982): Determination of the anaerobic threshold by a non-invasive field test in runners. *J. Appl Physiol.* nº 52, pp. 869-873.

Dalton, L.; Mcnanghton, L. y Davoren, B. (1997): The cycles circadian doesn't affect to the yield in cyclists. *Sports-Med.* nº 18, pp. 538-542.

Foster, C.; Cohen, J.; Donovan, K.; Gastrau, P.; Killian, P.L.; Schragar, M. y Snyder, A.C. (1993): Fixed time versus fixed distance protocols fore the blood lactate profile in athletes. *Int-J-Sports-Med.* nº 14, pp. 264-268.

Huguet, G.; Touitou, Y. y Reinberg, A. (1997): Morning versus afternoon gymnastic time and seasonal changes in psychophysiological variables of school children. *Chronobiol-Int.* Vol. 14, nº 4. pp. 371-384.

Ilmarinen, J.; Rutenfranz, J.; Kylian, H. y Klimt, F. (1975) Untersuchungen zur Tagesperiodik verschiedener Kreislauf und Atemgrossen bei maximalen und submaximalen Leistungen am Fahrradergometer. *Eur.J.Appl. Physiol.* nº 82, pp. 230-238.

López, J. y Fernández, A. (1995): Fisiología del ejercicio. Panamericana, Madrid.

Marth, P.D.; Woods, R.R. y Hill, D.W. (1998): Influence of time of day on anaerobic capacity. *Percept-Mot-Skills*. nº 86, pp. 592-594.

Mebdo, J.J. (1993): Glycogen breakdown and lactate accumulation during high-intensity cycling. *Acta.Physiol-Scand*. Vol. 149, nº1, pp. 85-90.

Platonov, V.N. (1991): La adaptación en el deporte. Barcelona. Paidotribo.

Reilly, T. y Garrett, R. (1998): Investigation of diurnal variation in sustained exercise performance. *Ergonomic*. Vol. 41, nº 8, pp. 1085-1094.

Smith, R.S.; Guilleminault, C. y Efron, B.(1997): Circadian rhythms and enhanced athletic performance in the National Football League Sleep. *Sports-Med*. nº 5, pp. 362-665.

Thomas, G. y Pickering, M. D. (1995): The relation the ritmo circadian and the regulation of the arterial pressure. *Sports-Med*. nº 12, pp. 229-240.