Article

Efecto de la variación diurna en el rendimiento en ejercicios de ciclismo continuos y alternados.

Amine Souissi[1,4], Narimen Yousfi[2], Nizar Souissi[1], Monoem Haddad[3] y Tarak Driss[4]

[1]*Physical Activity, Sport and Health, UR18JS01, National Observatory of Sport, Tunis, Tunisia*
[2]*Research Laboratory "Sport Performance Optimization", National Centre of Medicine and Science in Sport (CNMSS), Tunis, Tunisia*
[3]*Physical Education Department, College of Education, Qatar University, Doha, Qatar*
[4]*Interdisciplinary Laboratory in Neurosciences, Physiology and Psychology, Physical Activity, Health and Learning (LINP2-2APS), UFR STAPS, UPL, Paris Nanterre University, Nanterre, France*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue explorar el efecto del momento del día (TD) en dos tipos de protocolos de ejercicio [continuo (CP) versus alternado (AP)]. Once estudiantes de educación física (media ±SD: edad = 24.4±1.2 años, potencia aeróbica máxima (PAM) = 290±31.9 W) se sometieron a cuatro sesiones. Estas sesiones se realizaron a las 08:00 (AM) y 18:00 (PM) y consistieron en ejercicios de ciclismo hasta el agotamiento voluntario al 90% de la PAM (CP) o 70% -105% de la PAM (AP) con un orden de prueba asignado al azar. El tiempo hasta el agotamiento (límite de tiempo = Tlim) se midió desde el inicio de la prueba hasta que ocurrió el agotamiento voluntario. La frecuencia cardíaca (FC) se registró al inicio (FC basal) y a lo largo de los protocolos para determinar la FC en el agotamiento (FCpico). Se midió el lactato en sangre ([La]) en reposo, inmediatamente después del agotamiento y 2 min 30 seg después del ejercicio para determinar la concentración [La] pico. Un promedio significativamente más alto de Tlim (334±57 seg; 272±59 seg; $p < 0.05$), FC basal (72±5 latidos/min; 67±5 latidos/min; $p < 0.01$), FCpico (186±8 latidos/min; 178±9 latidos/min; $p < 0.01$) y la [La] pico (16.2±2.1 mmol/l; 13.9±1.,9 mmol/l; $p < 0.05$) se observaron en el modo CP en PM en comparación con AM. Además, una media significativamente más alta del Tlim (380±54 seg; 312±82 seg; $p < 0.05$), FC basal (73.1±5.5 latidos/min; 67±5.4 latidos/min; $p < 0.01$), FCpico (186±8 latidos/min; 180±9 latidos/min; $p < 0.05$) y el pico de la [La] (17.9±1.8 mmol/l; 14.7±2.1 mmol/l; $p < 0.01$) se observaron en el modo AP en PM en comparación con AM. Se concluye que los modos de ejercicio AP y CP son más apropiados al final de la tarde que en la mañana para realizar ejercicios de larga duración. El modo de ejercicio AP podría ser una estrategia novedosa para aumentar la participación en la actividad física.

INTRODUCCIÓN

Muchos ritmos circadianos fisiológicos en reposo se controlan de forma endógena y persisten cuando un individuo se aísla de las fluctuaciones ambientales [1-6]. El ritmo circadiano de la temperatura corporal central (BT) en reposo está bien documentado [7-11]. La BT disminuye al mínimo durante el sueño de 2:00 AM a 6:00 AM. Y comienza a aumentar antes de la vigilia hasta que se alcanza la acrofase del ritmo alrededor de las 6:00 PM [12,13], así como la variación circadiana de la frecuencia cardíaca (FC) [14,15], demostrando ambos patrones concomitantes durante 24 horas [16]. De hecho, la BT muestra un ritmo circadiano robusto con un componente endógeno que es al menos tan grande como el componente

exógeno debido al ciclo sueño-vigilia [5,6]. De hecho, una fuerte variación circadiana en la función vascular ocurre en humanos sanos y exhibe un perfil desfavorable en las horas de la mañana [17]. En la mañana se observó una función reducida del sistema endotelial intrínseco vasodilatador del óxido nítrico [17,18]. Además, concentraciones más altas de factores vasodilatadores como la histamina [19] en las primeras horas de la noche pueden favorecer una mayor vasodilatación cuando se realiza ejercicio a ese momento del día (TD).

Muchos estudios de campo cronobiológicos han demostrado una variación diurna en el rendimiento del ciclismo [1,20-26]. Los rendimientos más pobres se observan comúnmente en la mañana, mientras que los mejores rendimientos se obtienen en la tarde [5,25-27]. Varios autores han afirmado que las variaciones diarias en el rendimiento a corto plazo tienen un paralelo cercano con las de la BT [28-30], pero el mecanismo o mecanismos exactos para un vínculo causal entre la BT y el rendimiento humano aún no están claros y requieren más investigación [31]. La existencia de los efectos del TD sobre el ejercicio a corto plazo (≤6 segundos) que implica el metabolismo anaeróbico se ha establecido previamente [25,28,32]. Sin embargo, pocos estudios han investigado el efecto del TD sobre el rendimiento aeróbico. Un estudio realizado por Souissi y cols. (2007) utilizaron el test de Wingate para explorar los efectos del TD en la contribución aeróbica y anaeróbica al rendimiento y encontraron que la absorción de oxígeno aumentó significativamente durante el test de Wingate de la mañana respecto al de la tarde, lo que puede mejorar la contribución aeróbica al rendimiento por la tarde [33]. Además, Fernándes y cols. (2014) [34] mostraron que el consumo de oxígeno y la producción de potencia mecánica aeróbica en 600 y 1000 m tendían a ser más altos por la noche. Se estimó que la contribución aeróbica fue del 16% durante el test de Wingate [35] y del 79% durante ~4 min de ejercicio exhaustivo [36]. El sistema aeróbico juega un papel importante en la determinación del rendimiento durante una duración prolongada (más de 4 minutos) de ejercicio continuo e intermitente de intensidad severa [37]. Por lo tanto, será interesante investigar el efecto del TD sobre el rendimiento utilizando ejercicios de ciclismo exhaustivos que obtengan el 90% de la potencia aeróbica máxima para evaluar el efecto del TD sobre el rendimiento aeróbico.

Zinoubi y cols. (2018) [38] mostraron que los valores de FC, lactato ([La]) y la calificación del esfuerzo percibido (RPE) medidos durante los ejercicios de intensidad constante eran más altos que los medidos durante el ejercicio de intensidad alternada con la misma producción de potencia promedio. Sin embargo, dado que la disminución de la potencia aumentó la contribución aeróbica durante el ejercicio intermitente [37] y la contribución aeróbica fue mayor en la tarde en comparación con la mañana durante el ejercicio de ciclismo de alta intensidad [21], se podría especular que el tiempo hasta el agotamiento voluntario (tiempo límite = Tlim) sería mayor en el protocolo continuo (CP) que en el protocolo alternado (AP), pero la diferencia del Tlim entre los protocolos podría atenuarse en la tarde (PM). Hasta donde sabemos, ningún estudio ha comparado el Tlim de los modos CP con AP (con el mismo rendimiento promedio) en el ejercicio de ciclismo. Además, aún no se ha estudiado el efecto del TD sobre la FC, la [La] y el Tlim en ejercicios de ciclismo de intensidad alternada con trabajo externo que varía según un patrón definido (es decir, el modo AP). Por lo tanto, el propósito de este estudio fue investigar el efecto del momento del día en el tiempo hasta el agotamiento voluntario y las respuestas fisiológicas al protocolo alternado y al protocolo continuo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Participantes

En el presente estudio participaron once estudiantes de educación física varones sanos (media ±SD: edad = 24.4±1.2 años; masa corporal = 81.4±13.2 kg; altura = 1.8±0.06 m). La potencia aeróbica máxima (PAM) de los participantes fue de 290±31.9 W (rango: 240 W—320 W). Fueron seleccionados en función de su cronotipo utilizando el cuestionario de *Horne y Ostberg* (Horne y Ostberg 1976). Todos los participantes tenían un perfil de cronotipo intermedio (rango: 47-55, media ±SD: 51±2.6), eran jugadores de fútbol amateurs, no fumadores y se abstuvieron de hacer ejercicio y tomar bebidas que contenían alcohol y cafeína durante al menos 24 h antes de comenzar las mediciones. Se les indicó que mantuvieran los mismos patrones dietéticos durante las 24 horas anteriores a cada condición experimental. Cada participante recibió explicaciones detalladas sobre el protocolo y firmó un formulario de consentimiento informado por escrito antes de participar. El protocolo experimental fue aprobado por la Junta de Revisión Institucional de la Universidad de Nanterre y se llevó a cabo de acuerdo con las guías de la Declaración de Helsinki.

Diseño experimental

Antes de comenzar el estudio, los participantes se familiarizaron con ejercicios incrementales, constantes y de intensidad alternada mediante la realización de turnos cortos de cada protocolo en un cicloergómetro con frenado mecánico (Monark 894E, Varberg, Suecia). Durante la primera sesión después de la familiarización, un test de ciclismo incremental hasta el agotamiento como lo describen Zinoubi y cols. (2018) [38] se realizó para estimar la potencia aeróbica máxima (PAM) de

cada participante. Los participantes realizaron un test de ciclismo incremental hasta el agotamiento a una velocidad de pedaleo constante de 80 RPM (rango de 79 a 82) para determinar la PAM. Esta prueba comenzó a 80 W. La potencia se incrementó en 20 W por minuto. La potencia correspondiente al último ritmo de esta prueba incremental se consideró como la PAM. Tras la prueba de ciclismo incremental, cada participante completó un ejercicio de ciclismo a intensidades constantes o alternadas, en la mañana a las 08:00 (AM) o al final de la tarde a las 18:00 (PM). Las sesiones fueron aleatorias y equilibradas en el orden de administración para minimizar cualquier efecto de aprendizaje [11,25]. Los intervalos entre las sesiones de prueba para la recuperación fueron al menos iguales a 48 horas. La temperatura ambiente media y la humedad relativa del laboratorio se mantuvieron estables (22±0.1°C y 40±0.4%, respectivamente).

Protocolo

A los participantes se les indicó que ingirieran el mismo desayuno (aproximadamente a las 06:30) y fueron supervisados estrictamente por un experimentador. Por la mañana, los participantes llegaron al laboratorio a las 07:30 cuando se les solicitó que usaran el cinturón de FC y se prepararan para la prueba. Antes de la sesión de la tarde, la última comida se ingirió como máximo 5 horas antes de la prueba (supervisada por un experimentador). Por la tarde, los participantes llegaron al laboratorio a las 17:30. Cada prueba comenzaba con un ejercicio de ciclismo de calentamiento de 5 minutos al 40% de la PAM y una recuperación pasiva (hasta que la FC disminuía a <110 lpm). Durante la prueba, la altura del asiento se ajustó y se mantuvo igual para cada participante en todas las pruebas. Los pies se fijaron a los pedales con punteras para los dedos. Después del calentamiento, se instruyó a los participantes a pedalear en un cicloergómetro en una posición sentada durante el modo CP o AP y se los animó a pedalear y se controló a mantener una frecuencia de pedaleo de 80 RPM al 90% de PAM (en promedio) hasta el agotamiento voluntario. Durante el modo AP, la intensidad cambiaba cada 10 seg (75% PAM y 105% PAM). Las intensidades alternadas se establecieron sumando o restando PAM*0.3/80 RPM (30% PAM) (Fig 1). Los participantes comenzaban a pedalear en la bicicleta al 75% de la PAM. La FC se registró de forma continua con un Sport-Tester (Polar RS400, Finlandia) para determinar la FC al agotamiento (FCpico). Se recolectaron muestras de sangre capilar de la concentración de [La] (5 µl) de la yema del dedo para determinar la concentración de lactato (mmol•l-1) en reposo, inmediatamente después del ejercicio y 2 min 30 seg después del ejercicio para determinar el pico de la [La] utilizando un analizador de lactato en sangre portátil (Lactate Pro, Japón). El analizador de lactato se calibró antes de cada prueba y se utilizó de acuerdo con las pautas del fabricante. La escala de RPE también se registró inmediatamente después del final del ejercicio utilizando una escala de categoría de 6-20 puntos de Borg traducida al francés [39] [40].

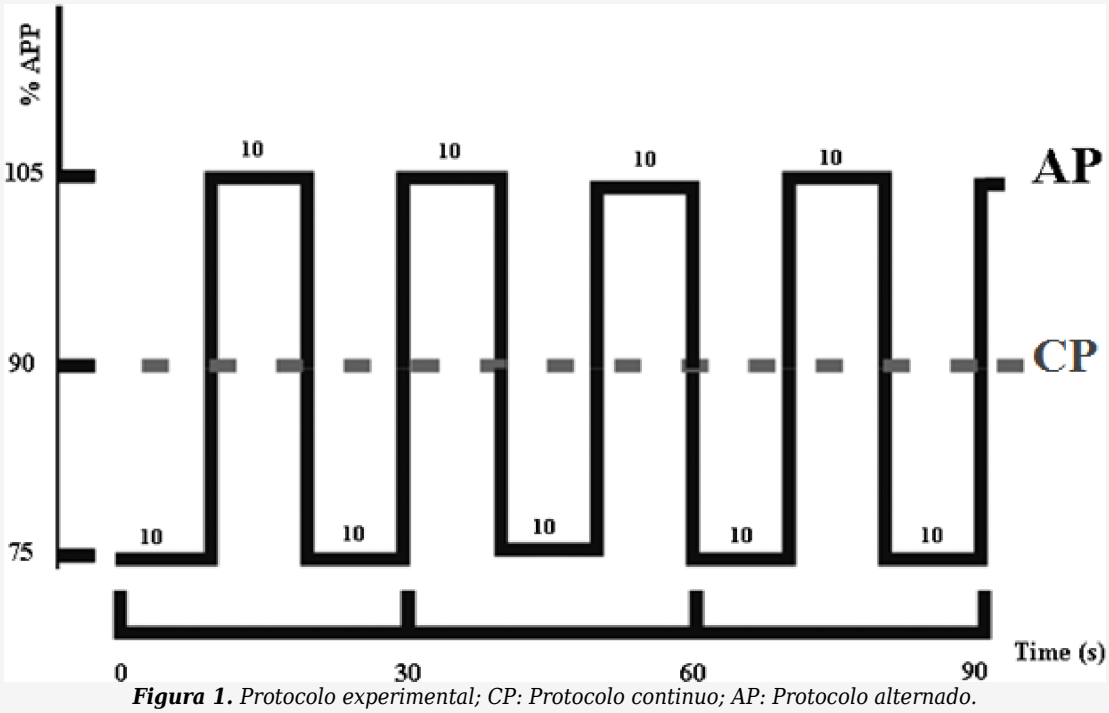

Figura 1. *Protocolo experimental; CP: Protocolo continuo; AP: Protocolo alternado.*
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244191.g001

Análisis estadístico

Se utilizó el software Statistica (Statsoft, Maison Alfort, Francia) para todos los análisis. Los datos se analizaron mediante el software Statistica (Statsoft, Maison Alfort, Francia), utilizando un Modelo Lineal General con ANOVA de dos vías con medidas repetidas (tipo de ejercicio × TD). Se utilizó la prueba de Bonferroni para identificar diferencias significativas. Los tamaños del efecto se calcularon como eta-cuadrada parcial (ηp2) para evaluar la importancia práctica de nuestros hallazgos. Las magnitudes de los tamaños del efecto se clasificaron como triviales (0–0.19), pequeñas (0.20–0.49), medianas (0.50–0.79) y grandes (≥0.80) [41]. El nivel de significancia fue determinado para ser P <0.05 para todos los análisis estadísticos. Los resultados se presentan como la media ±SD a lo largo del texto.

Resultados

Los valores medios ±SD para FC, [La], Tlim y RPE se presentan en la Tabla 1. No se obtuvo interacción significativa (TD × protocolo) para Tlim, FC, [La] y RPE (P >0.05).

Tabla 1. *Valores (media ±SD) de Tlim, FC, [La] y RPE en la mañana (08:00) y al final de la tarde (18:00) para los protocolos continuos y alternados (CP y AP).*

Variables	Morning CP AP		Late afternoon CP AP		Significance of main effects for time of day	Significance of main effects for protocol	Significance of main effects for TD x Protocol
Tlim (s)	272 ±59	312 ±82	334 ± 57*	380 ±54*	**P < 0.001**	**P = 0.02**	-
HRbaseline (bpm)	66.8 ±4.5	67 ±5.4	71.9 ±5.3*	73.1 ±5.5*	**P < 0.001**	-	-
HRpeak (bpm)	178 ±9	180 ±9	186 ±8*	186 ±8*	**P < 0.001**	-	-
[La]baseline (mmol/l)	1.9 ±1.9	1.9 ±0.5	1.9 ±0.5	2 ±0.7	-	-	-
[La]peak (mmol/l)	13.9 ±1.9	14.7 ±2.1	16.2 ±2.1*	17.9 ±1.8*	**P < 0.01**	**P < 0.01**	-
RPE	17.4 ±0.9	17 ±1.4	16.9 ±1.1	17.2 ±1.4	-	-	-

*: Significantly different from morning value, p < 0.05

-: p > 0.05

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244191.t001

La significación estadística (P <0.05) se indica en negrita.

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244191.t001

Tiempo hasta el agotamiento voluntario

Hubo un "efecto principal" significativo del TD en el Tlim con valores más bajos en la condición AM en comparación con la condición PM en 62 seg para el modo CP y 68.4 seg para el modo AP [F(1,10) = 28.78, P <0.001, ηp2 = 0.74]. El análisis mostró un "efecto principal" significativo del protocolo en el Tlim con valores más bajos en el modo CP en comparación con el modo AP en 39.1 seg en AM y 46.1 seg en PM [F(1,10) = 6.88, P = 0.02, ηp2 = 0.4]. No se obtuvo interacción significativa (TD × protocolo) para el Tlim [F = 0.07, P = 0.78, ηp2 = 0.007].

Frecuencia cardíaca

Hubo un “efecto principal” significativo del TD en la FC basal [F(1,10) = 43.85, P <0.001, ηp2 = 0.81] con valores más altos en la condición PM en comparación con AM (P <0.01). Hubo un "efecto principal" significativo del TD en la FCpico con valores más bajos en la condición AM en comparación con la condición PM en 7.4 latidos/min para el modo CP y 6.6 latidos/min para el modo AP [F(1,10) = 39.07, P < 0.001, ηp2 = 0.79]. No se obtuvo interacción significativa (TD x protocolo), respectivamente, para la FC basal ni para la FCpico (P = 0.51; P = 0.74).

Lactato

Hubo un “efecto principal” significativo del TD sobre la concentración pico de [La] con valores más bajos en la condición AM en comparación con la condición PM en 2.2 mmol/l para el modo CP y 3.2 mmol/l para el modo AP [F(1,10) = 19.4 , P <0.01, ηp2 = 0.65]. El análisis mostró un "efecto principal" significativo del protocolo en la [La] pico con valores más bajos en el modo CP en comparación con el modo AP en 0.7 mmol/l en la mañana y 1.7 mmol/l en la tarde [F(1,10) = 12.05, P <0.01, ηp2 = 0.54]. El análisis mostró que el pico de la [La] fue mayor en el modo AP en comparación con el modo CP en la

condición PM, pero esta diferencia no alcanzó significación (P = 0.09). No se obtuvo una interacción significativa (TD x protocolo), respectivamente, para la línea de base de la [La] ni del pico de [La] (P = 0.85; P = 0.33).

Tasa de esfuerzo percibido

No hubo diferencias significativas en los valores de RPE entre las condiciones (P >0.05), lo que indica que el RPE fue similar en todas las condiciones. No se obtuvo interacción significativa (TD × protocolo) para RPE (P >0.05).

Discusión

El objetivo principal de este estudio fue explorar el efecto del TD sobre el Tlim y las respuestas fisiológicas a los modos de ejercicio AP y CP. Los resultados del presente estudio indicaron que el mejor desempeño en AP y CP ocurrió en la condición PM con los valores más altos para la línea de base de FC, FCpico y [La] pico en comparación con la condición AM.

El hallazgo actual indicó que el Tlim del ejercicio de ciclismo de alta intensidad fue mayor en PM en comparación con AM en ambos protocolos. Los resultados del presente estudio están de acuerdo con los resultados de Hill y cols. (1996), que indicaron que el Tlim fue un 9% mayor (p <0.01) en PM (214±43 seg) que en AM (196±38 seg) [20]. En comparación con el estudio de Hill y cols. de 1996, la intensidad del ejercicio en el presente estudio es menor. Dado que la potencia decreciente aumenta la contribución aeróbica, el Tlim fue un 18% más alto (p = 0.02) en PM (334±57 seg) que en AM (272±59 seg) para el modo CP y un 17% más alto (p = 0.01) en PM (380±54 seg) que en la condición AM (312±82 seg) para el modo AP. La fluctuación observada en el Tlim en los dos protocolos podría explicarse por la variación diurna en la contribución aeróbica durante el ejercicio.

Además, se ha informado que el ejercicio podría mantenerse durante más tiempo en la tarde que en la mañana, porque hay una mejor tolerancia al trabajo en el ejercicio de alta intensidad en la tarde [22]. En el mismo contexto, Hill y cols. (1992) [21] mostraron que la mayor cantidad de trabajo en la tarde durante el ejercicio de ciclismo de alta intensidad exhaustivo se asoció con una potencia aeróbica 5.1% más alta y una contribución anaeróbica 5.6% mayor. Además, el sistema aeróbico respondió un 6% más rápido en la tarde que en la mañana en el ejercicio exhaustivo de alta intensidad [20].

Los resultados del presente estudio no mostraron una diferencia significativa en el Tlim entre los protocolos. Sin embargo, el Tlim fue 14% y 13% más alto en el modo AP en comparación con CP, respectivamente en la mañana y la tarde. Destacamos que todos los participantes dejaron de pedalear al 105% de la PAM en AP. La intensidad preferida para los participantes fue 75% de la PAM. Planteamos la hipótesis de que los participantes estaban más motivados en el modo AP para completar 10 segundos al 105% de la PAM a pedalear a una intensidad más baja (75% de la PAM) porque la idea de "los siguientes 10 serán más fáciles" podría darles motivación para terminar los 10 seg al 105% de la PAM. De hecho, la participación en el ejercicio continuo se percibe como menos agradable que la participación en el ejercicio intermitente [42]. Por lo tanto, el ejercicio intermitente o AP podría ser una estrategia eficaz para aumentar la participación en el ejercicio a largo plazo y mejorar la salud humana. Los resultados del presente estudio podrían confirmar que el modo AP podría inducir un aumento importante de la [La] en comparación con el modo CP [38] debido a la reducción de la eficiencia mecánica durante el ejercicio intermitente [43]. Por otro lado, el presente estudio mostró que no existe una interacción significativa (protocolo × TD) para la FCpico y la [La] pico en todas las condiciones. El efecto del TD en la FC y las respuestas de la [La] al ejercicio no se vieron afectados por los protocolos, lo que podría explicar la falta de diferencia de los efectos del TD en el Tlim entre los dos protocolos.

El presente estudio está de acuerdo con los hallazgos de Reilly y Baxter (1983) [22] que informaron tiempos de trabajo más largos y, en consecuencia, un pico de la [La] más alto cuando se realizaron series de ejercicios de ciclismo de alta intensidad en la tarde en comparación con la mañana. Sin embargo, Sekir y cols. en el 2002 [44] informaron que el TD no influye en la [La] cuando se realiza una prueba incremental máxima (aumentos de 30 W cada 2 min). Además, Fernandes y cols. (2014) [26] encontraron que las respuestas de la [La] a una prueba contrarreloj de 1000 m en ciclismo eran similares para la mañana como la tarde. Esta contradicción podría deberse a las variaciones diarias en el rendimiento físico (por ejemplo, muscular) [45] y la motivación de los participantes y/o la diferencia en la metodología (protocolo, intensidad y duración).

Los resultados del presente estudio indican que el TD no tiene ningún efecto sobre las puntuaciones de RPE. Aunque estos resultados están en concordancia con los de Deschenes y cols. (1998) [46], Dalton y cols. (1997) [47] y Morris y cols. (2009) [48], todavía están en desacuerdo con los de Faria y Drummond (1982) [16] e Ilmarinen y cols. (1980) [49], que mostraron una variación diurna en el RPE durante el ejercicio de alta intensidad con puntuaciones máximas del RPE observadas en la condición PM. La disparidad entre estos resultados parece estar en relación con el estado psicológico de los sujetos y la situación en la que se realiza el ejercicio. De hecho, la RPE puede estar influenciada por factores sociológicos, psicológicos, ambientales y características específicas de los sujetos [50]. La RPE puede estar influenciada por otros factores además de la tasa metabólica y podría ser un mal indicador de la intensidad del esfuerzo durante las

actividades físicas [51]. También es importante tener en cuenta que la RPE se registró sólo una vez, lo que puede ser una limitación del estudio.

La variación circadiana en algunos parámetros cardiovasculares, como la respuesta de la FC al ejercicio, no está bien explorada. Los resultados del presente estudio muestran que la FC en reposo y la FCpico fueron más altas en la tarde que en la mañana. De hecho, el ritmo de la FC podría mantenerse con una fase y amplitud similares a las de los que están en reposo durante el ejercicio [52]. Está bien establecido que la FC en reposo sigue un patrón de ritmo circadiano [15,53]. Sin embargo, el efecto del TD sobre la respuesta máxima de la FC al ejercicio fue menos estudiado. Cohen y Muehl (1977) [54] midieron la FC en reposo y durante el ejercicio de ciclismo en siete momentos del día solar, con la FC más baja en la mañana. Este patrón temporal fue evidente tanto durante como después del ejercicio. Además, Wahlberg y Astrand (1973) [55] ejercitaron a 20 sujetos masculinos a las 3:00 AM y a las 3:00 PM y en ejercicio tanto submáximo como máximo. La FC durante el ejercicio fue consistentemente más baja en la mañana. Sin embargo, Cohen (1980) [15] demostró que la respuesta de la FC al ejercicio incremental justo antes del agotamiento, cuando la intensidad del ejercicio es máxima, no varía con el momento del día (TD). Un estudio más reciente ha establecido una variación no significativa en la respuesta de la FC a 1000 m desde la AM (146±29 lpm) a PM (154±14 lpm). De hecho, la intensidad del ejercicio puede ser un factor determinante importante en la oscilación circadiana observada [56,57].

Finalmente, destacamos que los tiempos de trabajo más largos obtenidos en la tarde que en la mañana en el modo CP y especialmente en AP podrían ser responsables del aumento observado en la FC y en la [La] en la tarde. Como todo estudio, el presente trabajo tiene algunas limitaciones. No se midió el nivel de motivación de los participantes, la temperatura corporal y la absorción de oxígeno y la RPE se registró sólo al final del ejercicio. Es posible que la homogeneidad de la población de sujetos (sexo y nivel de entrenamiento), o el hecho de que estos sujetos fueran futbolistas amateurs pudieran haber contribuido a los presentes resultados.

Conclusiones

Estos resultados aportan más apoyo a la literatura de que el ejercicio de ciclismo de alta intensidad se ve afectado por la hora del día. En el presente estudio, mostramos por primera vez una variación diurna en el rendimiento de un ejercicio de ciclismo de intensidad alternada exhaustiva. Para el tiempo hasta el agotamiento voluntario, no se observaron diferencias entre el protocolo alternado y el continuo, independientemente del ejercicio que se realizara por la mañana o al final de la tarde. Curiosamente, se observaron diferentes hallazgos a partir de nuestra hipótesis: el tiempo hasta el agotamiento fue 14% y 13% mayor en el protocolo alternado en comparación con el protocolo continuo, respectivamente en la mañana y al final de la tarde, posiblemente debido a factores psicológicos. Sugerimos que el protocolo alternado (intermitente) podría ser una estrategia más eficaz que el protocolo continuo para aumentar la participación en la actividad física. Al contrario del protocolo continuo, el protocolo alternado no es investigado. Recomendamos, por tanto, que los estudios futuros incluyan el protocolo alternado en la investigación de las ciencias del deporte.

Agradecimientos

Los autores agradecen especialmente a todos los participantes por su entusiasmo y su desempeño.

REFERENCIAS

1. Para ver las referencias bibliográficas remitirse al artículo original (2020). https://doi. *org/10.1371/journal.pone.0244191*

Cita Original

Souissi A, Yousfi N, Souissi N, Haddad M, Driss T (2020) The effect of diurnal variation on the performance of exhaustive continuous and alternated-intensity cycling exercises. PLoS ONE 15(12): e0244191. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244191