

Monograph

Control Postural después de una Carrera Prolongada en Cinta Ergométrica al Umbral Ventilatorio y al Umbral Anaeróbico Individual

Laura Guidetti, Emanuele Franciosi, Cario Baldari y Gian Pietro Emerenziani

Department of Health Sciences, University of Rome "Foro Itálico", Rome, Italy.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue verificar si una carrera prolongada en cinta ergométrica (TR) de 30 min a la velocidad del umbral ventilatorio (IVT) y del umbral anaeróbico individual (IAT) afectaba el equilibrio de hombres jóvenes durante la posterior recuperación. Se determinaron el $VO_{2\text{máx}}$, el IAT y el IVT durante una TR incremental. La media de la amplitud del desplazamiento (Acp) y la velocidad (Vcp) del centro de presión se registraron antes (pre) y después (0 min; 5 min post; y 10 min post) de la TR prolongada al IAT e IVT, a través de pruebas posturográficas realizadas con los ojos abiertos (EO) y cerrados (EC). Se observaron diferencias significativas entre el IVT y el IAT para la Vcp, entre EO y EC para la Acp y la Vcp. Cuando las pruebas posturales se realizaron en la condición EC, el IAT indujo a un mayor efecto desestabilizador. La intensidad del IVT también produjo un efecto desestabilizador sobre el control postural inmediatamente después del ejercicio. Se demostró una limitación del control postural luego del ejercicio de carrera prolongada en cinta ergométrica a intensidades de IVT e IAT. Sin embargo, el efecto desestabilizador sobre el control postural desapareció dentro del período de los 10 min posteriores a la intensidad de IAT y dentro del período de los 5 min posteriores a la intensidad de IVT.

Palabras Clave: postura, visión, umbral ventilatorio, umbral anaeróbico

INTRODUCCIÓN

El control postural depende de la retroalimentación visual, vestibular y propioceptiva, y las respuestas musculares reflejas y voluntarias (Nagy et al., 2004). El equilibrio está controlado por el sistema nervioso central, que pone en acción los diferentes músculos posturales relevantes, de la manera y en el momento que sea necesario (Gribble y Hertel, 2004; Nardone et al., 1997).

Vuillerme et al. (2007) reportaron un deterioro del control postural debido a la fatiga muscular. La fatiga posterior al ejercicio físico es causada por una combinación de procesos fisiológicos, que se producen en ambos niveles, central y periférico, que principalmente se encargan de la incapacidad de producir una fuerza esperada o el incremento en el retraso del inicio de los movimientos de control postural (Bove et al., 2007; Gribble y Hertel, 2004; Springer y Pincivero, 2009). La visión les permite a los individuos compensar el efecto desestabilizador inducido por la fatiga de los músculos de la pantorrilla sobre el balanceo postural cuando están de pie (Vuillerme et al., 2001).

El efecto del ejercicio prolongado sobre el control postural se ha investigado tanto en sujetos entrenados (Lepers et al., 1997) como en aquellos que no tienen entrenamiento (Nardone et al., 1997; 1998). Todos los estudios demostraron una disminución en la habilidad de mantener el equilibrio después de un ejercicio agotador. Además, el tipo de actividad también podría producir un efecto diferente sobre el control postural después del ejercicio (Mello et al., 2010). Los estudios sobre los cambios posturales después del ejercicio han utilizado una intensidad de ejercicio o carga de trabajo que se definió a partir de un porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima (Nardone et al., 1997; 1998) o de un porcentaje del consumo de oxígeno máximo ($VO_{2m\acute{a}x}$) (Lepers et al., 1997). Meyer (1999) sugirió que la intensidad del ejercicio debería definirse en relación al umbral anaeróbico individual (IAT) y al umbral ventilatorio individual (IVT), porque cuando se cuantifica una carga de trabajo solo en relación al $VO_{2m\acute{a}x}$ o a la $HR_{m\acute{a}x}$, puede dar como resultado diferentes intensidades entre los sujetos.

Algunos estudios han investigado el efecto sobre el control de la postura en actividades físicas específicas tales como la gimnasia (Asseman et al., 2008), la danza clásica (Guidetti y Pulejo, 1996; Golomer et al., 1997), la acrobacia (Golomer et al., 1997), el tiro del biatlón (Gros Lambert et al., 1999), el baloncesto (Kioumourtzoglou et al., 1998) y el triatlón (Nagy et al., 2004). Varios autores han estudiado el regreso a los valores basales de diferentes medidas del control postural durante la recuperación inmediatamente después de un ejercicio agotador (Dickin y Doan, 2008; Fox et al., 2008). Teniendo en cuenta los hallazgos de Fox de que el efecto del esfuerzo duró hasta 13 minutos después de completarse cada ejercicio, sus hallazgos se confirmarían realizando dos observaciones experimentales después del ejercicio (5 y 10 minutos), y del efecto del esfuerzo inmediatamente después de cada ejercicio (0 minutos).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio ha sido verificar si el equilibrio de los jugadores jóvenes de fútbol masculino se vio afectado de manera significativa por una carrera prolongada de 30 min en cinta ergométrica a intensidades de IAT e IVT en el tiempo de recuperación inmediatamente después del ejercicio (0 min post), después de 5min (5 min post) y después de 10 min (10 min post) dentro del nivel de intensidad de cada ejercicio.

MÉTODOS

Participantes

La muestra estaba compuesta por 18 individuos masculinos jóvenes que participaban de manera regular en el entrenamiento curricular de la universidad de Roma "Foro Italico". La edad promedio era de 21.8 ± 1.4 años. La altura, el peso y el IMC eran de 1.79 ± 0.04 m, 72.4 ± 8.0 kg, y 22.7 ± 1.7 $kg \cdot m^{-2}$ respectivamente.

Todos los participantes habían entrenado de manera regular durante aproximadamente 5 días por semana (3-4 h por día), durante al menos los últimos 5 años, y al momento de realizarse el estudio, estaban compitiendo de manera semi-profesional, en competencias organizadas por la Federación Italiana de Fútbol (FIGC). La experiencia de los jugadores de fútbol era de 14 ± 2 años (rango 11-16 años). Por lo tanto, realizaban un entrenamiento de fútbol de 15 a 20 horas por semana, y un entrenamiento curricular (clases de actividad física en la universidad) de 7 horas por semana.

Todos los participantes firmaron un consentimiento informado, revisado por el Comité de Revisión Institucional para Seres Humanos de la universidad de Roma "Foro Italico" a fin de asegurar que todos los participantes conocieran los riesgos y procedimientos normales incluidos en el estudio.

Protocolo Experimental

Durante la sesión previa a la prueba, se evaluó a cada participante para determinar las mediciones antropométricas y, en consecuencia, representar el $VO_{2m\acute{a}x}$, el IAT y el IVT durante un test incremental de carrera en cinta ergométrica hasta llegar al agotamiento. En las dos sesiones experimentales siguientes, los participantes realizaron una carrera prolongada de 30 min en cinta ergométrica a intensidad del IVT y el IAT.

Prueba previa a la sesión

A fin de determinar el $VO_{2m\acute{a}x}$, el IVT y el IAT, cada participante realizó un test incremental de carrera hasta llegar al agotamiento utilizando una cinta ergométrica Woodway Pro Series (Waukesha, EUA). El VO_2 , la ventilación (VE) y la frecuencia cardiaca (HR) se registraron como valores promedio cada 30 s durante la prueba a través de un sistema telemétrico de consumo de oxígeno de circuito abierto (K4 b² COSMED, Roma, Italia).

La prueba en cinta ergométrica consistió de una entrada en calor caminando durante 3 min a $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ con una pendiente

del 0%, seguido de carrera a una velocidad de $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, e incrementos en la velocidad de $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada 3 min hasta la siguiente carga de trabajo posterior al IAT (el segundo incremento en el lactato en sangre (La) $>0.5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$). Luego, se aplicó un incremento en la pendiente del 3% cada 1 min. A todos los participantes se los alentó para que completaran el mayor nivel de trabajo posible. Una vez obtenido el $\text{VO}_{2\text{máx}}$, se realizó una recuperación activa de una caminata de 1 min a $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ con una pendiente del 0% (Baldari, 2000). Durante la prueba de ejercicios previa a la sesión, se determinaron el $\text{VO}_{2\text{máx}}$, el IVT y el IAT, como se describió con anterioridad (Baldari et al., 2004).

La determinación del lactato en sangre se llevó a cabo utilizando sangre capilar de la yema del dedo. La concentración del lactato en sangre se analizó de inmediato durante la prueba en cinta ergométrica utilizando un analizador de lactato AccuTrend. Las evaluaciones del lactato en sangre se llevaron a cabo en el tercer minuto de una carga de trabajo determinada, para cada nivel de trabajo hasta la siguiente carga de trabajo correspondiente al IAT. Las determinaciones del lactato en sangre también se llevaron a cabo en el 3^{er}, 6^{to} y 10^{mo} minuto de la fase de recuperación (Baldari, 2009).

Sesiones Experimentales

Durante la sesión experimental, el participante realizaba una prueba de carrera prolongada en cinta ergométrica durante un período de 30 min a la intensidad del IVT o IAT, después de una entrada en calor de caminata de 3 min a $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Antes, durante y después de cada sesión experimental se monitorearon de manera continua la HR, la VE, el VO_2 y el VCO_2 por medio de la respiración, a través de un sistema telemétrico de medición del consumo de oxígeno. Luego, en tiempo diferido, para cada ejercicio, se determinó el promedio de VO_2 de los últimos 30 s. Las mediciones se llevaron a cabo antes del ejercicio y cada 5 minutos sin interrupción de la carrera. Antes (pre) y después de las sesiones experimentales (a 0 min post, 5 min post y 10 min post), se evaluó a los participantes a través de la prueba posturográfica. Los mismos se pararon sobre una plataforma de fuerza con calibrador de tensión y adoptaron la posición ortostática, que consistía en mantener la posición de parado con los pies juntos. Durante la prueba, se les recordó a los participantes que se pararan de manera natural y cómoda con los brazos colgando libremente a los lados y que fijaran su objetivo visual al nivel de los ojos, sobre una regla colocada sobre la pared opuesta a una distancia de 5 m. Cada prueba posturográfica incluía tanto intentos con los ojos abiertos (EO) como con los ojos cerrados (EC) en orden aleatorio y se les pidió a los sujetos que se balancearan lo menos posible durante 30 s (Figura, 1991). Las producciones de este sistema de circuitos fueron los componentes verticales de la fuerza de reacción del suelo y los momentos de reacción alrededor de los ejes lateral y antero-posterior. Estas señales se muestrearon a una frecuencia de 25 Hz por medio de un convertidor A/D y se introdujeron en una computadora personal a fin de obtener un centro resultante de la presión del pie (CP). Se observaron la media de la amplitud (Acp) y la velocidad (Vcp) del desplazamiento para describir el comportamiento de la postura de los participantes. La Acp indica las oscilaciones máximas de la CP en cualquier dirección. Es una medición global que permite calcular el rendimiento general de la postura (i.e., estabilidad) (Rival et al., 2005). La Vcp indica la velocidad media de los desplazamientos de la CP sobre el período muestreado. Es la suma de los escalares del desplazamiento (i.e., la distancia acumulada a lo largo del período de muestreo dividida por el tiempo de muestreo). Se ha sugerido que esta medición representa la cantidad de actividad requerida para mantener la estabilidad, proporcionando un enfoque más funcional de la postura (Rival et al., 2005). Por lo tanto, los valores elevados de Acp indican una gran inestabilidad postural, mientras que los valores elevados de Vcp indican una gran actividad de equilibrio (Asseman et al., 2005; Figura et al., 1991).

Análisis Estadísticos

Se calcularon la media y la desviación estándar de todas las variables dependientes. Las variables del control postural (Acp y Vcp) se analizaron utilizando un análisis multivariado de varianza (MANOVA) con la intensidad del ejercicio como primer factor (IVT y IAT), el tiempo como segundo factor (pre, 0 min post, 5 min post, 10 min post) y la visión como tercer factor (EO y EC), con medidas repetidas en todos los factores. Para cada factor principal y efecto de interacción, se llevó a cabo un análisis post hoc utilizando el método de Scheffé. El nivel de significancia se estableció en $p < 0.05$.

RESULTADOS

La HR antes del ejercicio fue de $73 \pm 10 \text{ latidos}\cdot\text{min}^{-1}$. Los valores de VO_2 , % del $\text{VO}_{2\text{máx}}$, HR, La y la velocidad de carrera en cinta ergométrica durante el ejercicio de IVT fueron de $31 \pm 2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, $51 \pm 5 \%$ del $\text{VO}_{2\text{máx}}$, $149 \pm 13.4 \text{ latidos}\cdot\text{min}^{-1}$, $1.6 \pm 0.4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ y $8.3 \pm 0.6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ respectivamente. Los valores de VO_2 , % del $\text{VO}_{2\text{máx}}$, HR y la velocidad de carrera en cinta ergométrica durante el ejercicio de IAT fueron de $43 \pm 4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, $70 \pm 4 \%$ del $\text{VO}_{2\text{máx}}$, $184 \pm 7.5 \text{ latidos}\cdot\text{min}^{-1}$, $3.9 \pm 0.4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ y $11.3 \pm 0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ respectivamente.

El análisis MANOVA para medidas repetidas mostró una interacción significativa entre la intensidad del ejercicio y la

visión ($F = 3.04$, $p < 0.05$), el efecto principal de la intensidad del ejercicio ($F = 12.38$, $p < 0.01$), la visión ($F = 95.17$, $p < 0.01$) y el tiempo ($F = 13.72$, $p < 0.01$) para Acp y Vcp.

Las Figuras 1 y 2 muestran las diferencias significativas entre la intensidad del ejercicio, la visión y el efecto del tiempo para Acp y Vcp, respectivamente. La Acp fue significativamente más elevada con EC que con EO ($p < 0.01$); a 0 min post con respecto a pre, 5 min post y 10 min post ($p < 0.01$); y 5 min post con respecto a pre ($p < 0.05$). La Vcp fue significativamente más elevada a 0 min post con respecto a pre, 5 min post y 10 min post ($p < 0.01$); y 5 min post con respecto a 10 min post ($p < 0.05$).

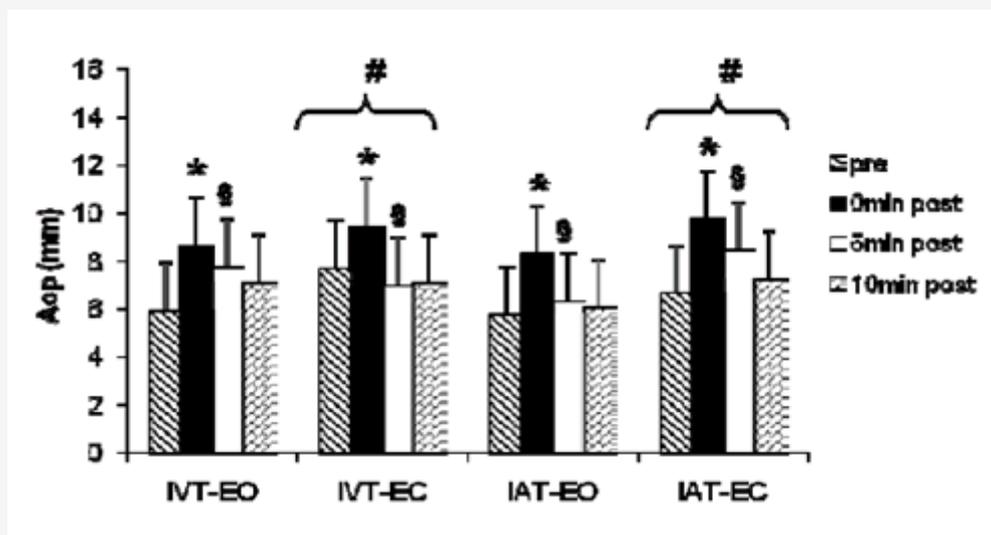


Figura 1. Valores medios y desviaciones estándar del efecto de interacción entre la intensidad del ejercicio (IAT e IVT), la visión (EO y EC), y el tiempo (pre, 0 min post, 5 min post, y 10 min post) para la Acp. Diferencias significativas ($p < 0.01$): * 0 min post con respecto a pre, 5 min post y 10 min post; § 5 min post con respecto a pre; y # EC con respecto a EO.

En el ejercicio de IVT, la Acp con EO mostró valores significativamente más elevados a 0 min post con respecto a pre y 10 min post ($p < 0.01$, $p < 0.05$ respectivamente), y a 5 min post con respecto a pre ($p < 0.01$). La Acp con EC mostró valores significativamente más elevados a 0 min post con respecto a pre, 5 min post y 10 min post ($p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.01$ respectivamente) (Figura 1). La Vcp con EO mostró valores más elevados a 0 min post con respecto a pre, 5 min post y 10 min post ($p < 0.01$, $p < 0.05$, $p < 0.01$ respectivamente). La Vcp con EC mostró valores significativamente más elevados a 0 min post con respecto a 5 min post y 10 min post ($p < 0.01$) (Figura 2).

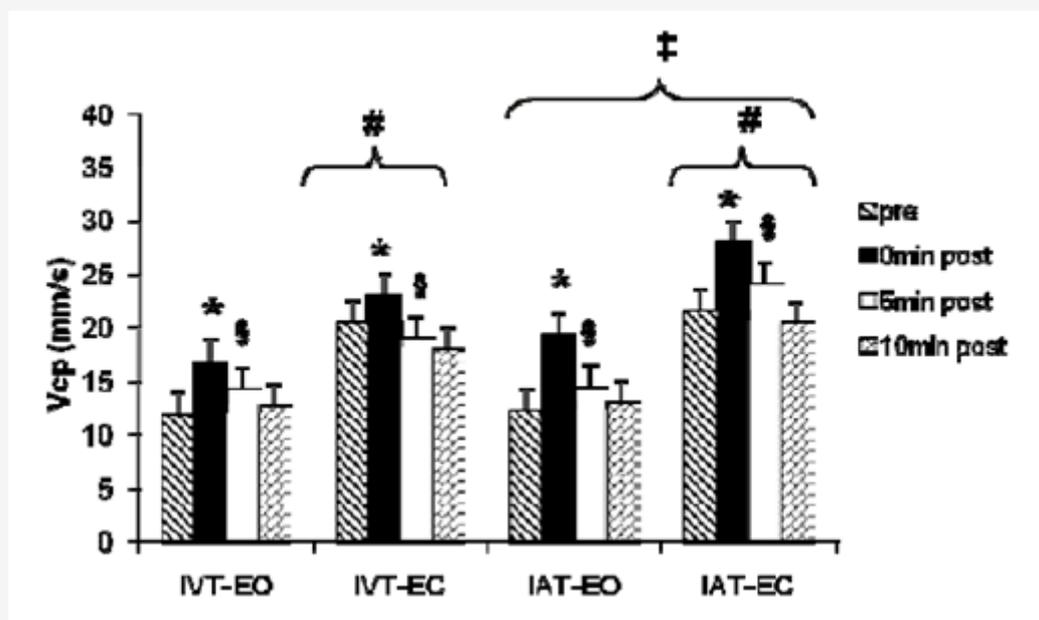


Figura 2. Valores medios y desviaciones estándar del efecto de interacción entre la intensidad del ejercicio (IAT e IVT), la visión (EO y EC), y el tiempo (pre, 0 min post, 5 min post, y 10 min post) para la Vcp. Diferencias significativas ($p < 0.01$): * 0 min post con respecto a pre, 5 min post, y 10 min post; § 5 min post con respecto a pre; # EC con respecto a EO; y □ IAT con respecto a IVT.

En el ejercicio de IAT, la Acp con EO mostró valores significativamente más elevados a 0 min post con respecto a pre, 5 min post y 10 min post ($p < 0.01$). La Acp con EC mostró valores significativamente más elevados a 0 min post con respecto a pre y 10 min post ($p < 0.01$) y a 5 min post con respecto a pre ($p < 0.05$) (Figura 1). La Vcp con EO mostró valores significativamente más elevados a 0 min post con respecto a pre, 5 min post y 10 min post ($p < 0.01$). La Vcp con EC mostró valores significativamente más elevados a 0 min post con respecto a pre y 10 min post ($p < 0.01$) (Figura 2).

DISCUSIÓN

Los hallazgos de este estudio mostraron que una carrera de 30 min en cinta ergométrica a intensidades de IVT e IAT produjo diferentes cambios sobre el control postural en los participantes entrenados. Los efectos del balanceo corporal aparecieron inmediatamente después del ejercicio y desaparecieron en el término de aproximadamente 10 min, confirmando otros estudios (Bove et al., 2007; Fox et al., 2008). Los efectos del balanceo corporal fueron inducidos por la intensidad del ejercicio (IVT o IAT) y las condiciones visuales (EO o EC).

El balanceo corporal aumentó en todas las condiciones experimentales inmediatamente después del ejercicio. De hecho, los valores de Acp y Vcp aumentaron de manera significativa después del ejercicio de IVT e IAT con ambas condiciones, EO y EC, excepto para la Vcp después de IVT con EC ($p = 0.09$). Por lo tanto, después de ambos ejercicios prolongados hubo un nivel más bajo de balanceo corporal, que incluyó una amplitud de desplazamientos de CP con una mayor actividad de balanceo. Este resultado confirmó los estudios previos que muestran una limitación del control postural después del ejercicio agotador (Bove et al., 2007; Lepers et al., 1997; Springer y Pincivero, 2009). Nardone (1998) estudió el transcurso de tiempo del balanceo corporal a través de tres pruebas de postura a 8, 28 y 68 min después del ejercicio de caminata en cinta ergométrica. En la primera prueba postural se observaron incrementos en el balanceo corporal inducidos por la fatiga, seguidos de una meseta, la recuperación completa se registró en la segunda prueba postural (Nardone et al., 1998). Por lo tanto, la presente investigación también analizó el transcurso de tiempo del balanceo corporal dentro de los 10 min posteriores a la carrera en cinta ergométrica. Inmediatamente después de los ejercicios de IVT e IAT, todas las variables de postura mostraron un efecto desestabilizador. La inestabilidad postural (Acp), observada inmediatamente después del ejercicio, desapareció en el término de 10 min, mientras que la actividad de equilibrio (Vcp) regresó a los valores basales en el término de 5 min.

Los principales hallazgos de este estudio sugieren que la combinación de la intensidad del ejercicio y la visión puede impactar de manera significativa en el balanceo del cuerpo. En particular, el efecto del ejercicio a dos intensidades sobre

el balanceo corporal fue similar a cuando las pruebas posturales se realizaron con EO. En cambio, se demostró un gran efecto desestabilizador sobre el control postural con EC después del ejercicio de IAT.

El hallazgo de esta investigación sobre que el ejercicio de IVT indujo a un incremento de la Acp, no concuerda con los resultados de Nardone (1997), en los que la intensidad más baja del ejercicio no produjo ningún efecto desestabilizador significativo. Este hallazgo diferente podría explicarse porque Nardone (1997) analizó el balanceo corporal a través de la primera prueba postural 5 min después del ejercicio; en cambio en este estudio el balanceo corporal se evaluó inmediatamente después del ejercicio sin recuperación. Además, Nardone (1997) estudió el balanceo corporal después de un ejercicio de caminata en cinta ergométrica; en cambio, aquí se analizó el control postural después de una carrera en cinta ergométrica. De hecho, se ha reportado que los diferentes tipos de actividades podrían producir un efecto diferente sobre el control postural después del ejercicio (Leppers et al., 1997; Nagy et al., 2004; Nardone, 1997).

El control postural estuvo influenciado por las entradas visuales, vestibulares y somatosensoriales (Nagy et al., 2004). Se ha demostrado que la entrada visual en el control postural se vio afectada por el ejercicio (Derave et al., 2002) y los participantes hicieron menos uso efectivo de la entrada vestibular (Leppers, 1997). Además, la entrada de somatosensorial puede alterarse debido a la fatiga, por lo que podría dar como resultado disminuciones en el control neuromuscular representadas a través de las disminuciones en el control postural (Gribble y Hertel, 2004; Nashner y Berthoz, 1978). Estos resultados sugieren que la carrera podría perturbar la estabilidad postural, probablemente debido al movimiento más excesivo de la cabeza y a la alteración de los centros de información vestibular y visual. Se ha afirmado que los niveles de balanceo de la postura después de la carrera también estaban relacionados con el conflicto de información entre las entradas somato-sensoriales y visuales durante la carrera en cinta ergométrica (Hashiba, 1998). Luego de la modificación de las entradas sensoriales disponibles, los participantes tuvieron que redefinir las contribuciones respectivas de las diferentes fuentes de información sensorial a fin de regular la postura (Nagy et al., 2004). Esta disminución podría explicar la limitación del control postural, en especial con EC a 0 min post. Además, el mayor efecto desestabilizador sobre el control postural con EC después del ejercicio de IAT podría ser una consecuencia de la mayor estimulación del sistema otolítico por medio de la aceleración lineal de la cabeza, el mayor conflicto de información entre las entradas somato-sensoriales y visuales, y la fatiga muscular durante una carrera a velocidad más elevada.

Inmediatamente después de la carrera en cinta ergométrica, todos los participantes de este estudio tuvieron una percepción de auto-movimiento, confirmando las observaciones de Nardone (1997) y Derave (2002). Varios autores, de hecho, permitieron un período de 30 segundos (Derave et al., 2002) a 3 minutos (Nardone et al., 1997) de descanso antes de la realización de las pruebas posturográficas. A partir de este estudio, es interesante advertir que inmediatamente después del ejercicio de IVT la Acp aumentó y regresó a los valores iniciales con más rapidez con EC que con EO (5 min post y 10 min post respectivamente), y la Vcp regresó a los valores iniciales aún con más rapidez (0 min post y 5 min post respectivamente). Esto podría indicar que después del ejercicio de IVT, la condición de EC podría reducir el efecto del conflicto visual-somatosensorial/motor, disminuyendo el auto-movimiento percibido inmediatamente después de la carrera en cinta ergométrica (Derave, 2002).

CONCLUSIÓN

Varios estudios mostraron que el riesgo de sufrir accidentes debido a la limitación de la habilidad de mantener el equilibrio es mayor en los individuos fatigados. Los accidentes se pueden producir con más frecuencia al final de un evento deportivo o una sesión de entrenamiento, cuando la persona está fatigada. Aunque los atletas en general entrenan en una cancha, muchos atletas (de nivel competitivo y recreativo) a menudo utilizan los equipos del gimnasio durante las sesiones de entrenamiento, y este tipo de entrenamiento incluye la carrera prolongada en cinta ergométrica. Por lo tanto, los hallazgos de esta investigación mostraron una limitación del control postural después de una carrera prolongada en cinta ergométrica a intensidades de IVT e IAT. En especial, la intensidad de IAT indujo a un efecto desestabilizador mayor cuando las pruebas posturales se realizaron con EC. La intensidad de IVT también produjo un efecto desestabilizador sobre el control postural inmediatamente después del ejercicio. Sin embargo, el efecto desestabilizador sobre el control postural desapareció dentro del período de los 10 min posteriores a la intensidad de IAT y dentro del período de los 5 min posteriores a la intensidad de IVT.

Puntos Clave

- Verificar si el equilibrio de los hombres jóvenes se vio afectado por una carrera prolongada de 30 min en cinta ergométrica a umbrales ventilatorios y anaeróbicos individuales en el tiempo de recuperación.
- La media de la amplitud y la velocidad del desplazamiento del centro de presión del pie se registraron antes y después de la carrera prolongada en cinta ergométrica a umbrales ventilatorios y anaeróbicos individuales, a través

de las pruebas posturográficas realizadas con los ojos abiertos y cerrados.

- El efecto desestabilizador sobre el control postural desapareció en el término de los 10 min posteriores al umbral anaeróbico individual, y en el término de los 5 min posteriores al umbral ventilatorio individual.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue financiado por una subvención de la Universidad de Roma "Foro Itálico". Los experimentos cumplen con las leyes actuales del país en el que se llevaron a cabo.

REFERENCIAS

1. Asseman, F., Caron, O. and Cremieux, J (2005). Effects of the removal of vision on body sway during different postures in elite gymnasts. *International Journal of Sports Medicine* 26, 116-119
2. Asseman, F., Caron, O. and Cremieux, J (2008). Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? . *Gait & Posture* 27, 76-81
3. Baldari, C. and Guidetti, L (2000). A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32, 1798-1802
4. Baldari, C., Videira, M., Madeira, F., Sergio, J. and Guidetti, L (2004). Lactate removal during active recovery related to the individual anaerobic and ventilatory thresholds in soccer players. *European Journal of Applied Physiology* 93, 224-230
5. Baldari, C., Bonavolontà, V., Emerenziani, G.P., Gallotta, M.C., Silva, A.J. and Guidetti, L (2009). Accuracy, reliability, linearity of AccuTrend lactate and Lactate Pro analyzers versus EBIO-Plus analyzer. *European Journal of Applied Physiology* 107, 105-111
6. Bove, M., Faelli, E., Tacchino, A., Lofrano, F., Cogo, C.E. and Ruggeri, P (2007). Postural control after a strenuous treadmill exercise. *Neuroscience Letters* 418, 276-281
7. Derave, W., Tombeux, N., Cottyn, J., Pannier, J.L. and De Clercq, D (2002). Treadmill exercise negatively affects visual contribution to static postural stability. *International Journal of Sports Medicine* 23, 44-49
8. Dickin, D.C. and Doan, J.B (2008). Postural stability in altered and unaltered sensory environments following fatiguing exercise of lower extremity joints. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 18, 765-772
9. Figura, F., Cama, G., Capranica, L., Guidetti, L. and Pulejo, C (1991). Assessment of static balance in children. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness* 31, 235-241
10. Fox, Z.G., Mihalik, J.P., Blackburn, J.T., Battaglini, C.L. and Guskiewicz, K.M (2008). Return of postural control to baseline after anaerobic and aerobic exercise protocols. *Journal of Athletic Training* 43, 456-463
11. Golomer, E., Dupui, P. and Monod, H (1997). The effects of maturation on self-induced dynamic body sway frequencies of girls performing acrobatics or classical dance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 76, 140-144
12. Gribble, P.A. and Hertel, J (2004). Effect of hip and ankle muscle fatigue on unipedal postural control. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 14, 641-646
13. Gros Lambert, A., Candau, R., Hoffman, M.D., Bardy, B. and Rouillon, J.D (1999). Validation of simple tests of biathlon shooting ability. *International Journal of Sports Medicine* 20, 179-182
14. Guidetti, L. and Pulejo, C (1996). Balance ability of young female ballet dancers: posturographic analysis. *Coaching and Sport Science Journal* 1, 24-29
15. Hashiba, M (1998). Transient change in standing posture after linear treadmill locomotion. *The Japanese Journal of Physiology* 48, 499-504
16. Kioumourtzoglou, E., Derri, V., Tzetzis, G. and Theodorakis, Y (1998). Cognitive, perceptual, and motor abilities in skilled basketball performance. *Perceptual and Motor Skills* 86, 771-786
17. Lepers, R., Bigard, A.X., Diard, J.P., Gouteyron, J.F. and Guezennec, C.Y (1997). Posture control after prolonged exercise. *European Journal of Applied Physiology* 76, 55-61
18. Mello, R.G., de Oliveira, L.F. and Nadal, J (2010). Effects of maximal oxygen uptake test and prolonged cycle ergometer exercise on the quiet standing control. *Gait Posture* 32(2), 220-225
19. Meyer, T., Gabriel, H.H.W. and Kindermann, W (1999). Is determination of exercise intensities as percentage of VO₂ or HR_{max} adequate?. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31, 1342-1345
20. Nagy, E., Toth, K., Janositz, G., Kovacs, G., Feher-Kiss, A., Angyan, L. and Horvath, G (2004). Postural control in athletes participating in an ironman triathlon. *European Journal of Applied Physiology* 92, 407-413
21. Nardone, A., Tarantola, J., Giordano, A. and Schieppati, M (1997). Fatigue effects on body balance. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 105, 309-320
22. Nardone, A., Tarantola, J., Galante, M. and Schieppati, M (1998). Time course of stabilometric changes after a strenuous treadmill exercise. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 79, 920-924
23. Nashner, L.M. and Berthoz, A (1978). Visual contribution to rapid motor responses during posture control. *Brain Research* 150,

24. Rival, C., Ceyte, H. and Olivier, I (2005). Developmental changes of static balance in children. *Neuroscience Letters* 376, 133-136
25. Springer, B.K. and Pincivero, D.M (2009). The effects of localized muscle and whole-body fatigue on single-leg balance between healthy men and women. *Gait Posture* 30(1), 50-54
26. Vuillerme, N., Nouzier, V. and Prieur, J.M (2001). Can vision compensate for a lower limbs muscular fatigue for controlling posture in humans? . *Neuroscience Letters* 308, 103-106
27. Vuillerme, N., Anziani, B. and Rougier, P (2007). Trunk extensor muscles fatigue affects undisturbed postural control in young healthy adults. *Clinical Biomechanics* 22, 489-494

Cita Original

Laura Guidetti, Emanuele Franciosi, Maria Chiara Gallotta, Gian Pietro Emerenziani and Carlo Baldari. Postural Control after a Prolonged Treadmill Run at Individual Ventilatory and Anaerobic Threshold. *Journal of Sports Science and Medicine* (2011) 10, 515 - 519