

Article

Efecto de la Ejecución de Entrenamiento Concurrente en las Respuestas Cardiorrespiratorias Durante y Después del Ejercicio

Murilo Khede Lamego^{1,4}, Wallace Monteiro^{1,2}, Tainah de Paula², Antônio Marcos de Souza Moura¹ y Pedro Paulo da Silva Soares^{1,3}

¹Programa de Posgrado en Ciencias de la Actividad Física / Universidad Salgado de Oliveira, Niterói, Brasil

²Laboratorio de Actividad Física y Promoción de la Salud / Instituto de Educación Física, Universidad Estatal de Río de Janeiro, Río de Janeiro, RJ, Brasil

³Laboratorio de Fisiología del Ejercicio Experimental y Aplicada / Instituto Biomédico, Universidad Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil

⁴Laboratorio de Pánico y Respiración / Instituto de Psiquiatría, Universidad Federal de Río de Janeiro, Río de Janeiro, RJ, Brasil

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar, mediante series isocalóricas de ejercicio aeróbico, la influencia de diferentes ejercicios de secuencias de entrenamiento concurrente (EC) sobre las respuestas cardiorrespiratorias durante y después de las sesiones de entrenamiento. Diez hombres (edad $27,8 \pm 5,80$ años) realizaron 2 sesiones de EC, ejercicio aeróbico + ejercicio de fuerza (EA + EF) y ejercicio de fuerza + ejercicio aeróbico (EF + EA) en orden compensado. Cada sujeto se sometió a una prueba de ejercicio cardiopulmonar utilizando una cinta caminadora y una prueba de 12 repeticiones máximas (12 RM). El EA se estableció a la velocidad correspondiente al 70% del VO₂ de reserva (VO₂R) con una inclinación del 1%. Se prescribió el EF al 80% de 12 repeticiones máximas (RM). El ANOVA bidireccional para medidas repetidas después de las sesiones no mostró diferencias intergrupales para el consumo excesivo de oxígeno post-ejercicio (CEOP) ($P=0,64$), la presión arterial sistólica (PAS) ($P=0,67$) y la presión arterial diastólica (PAD) ($P=0,84$). El t-test pareado mostró una diferencia en el gasto total de energía ($467 \pm 24,9$ kcal para EA + EF vs. $453 \pm 30,9$ kcal para EF + EA, $P<0,01$), pero la duración de la sesión EA + EF fue significativamente más larga (33 ± 2 min EA + EF vs. 28 ± 3 min EF + EA, $P<0,01$). Estos datos sugieren que alternar el orden del EA y el EF en un EC no tiene influencia sobre el CEOP y la hipotensión post-ejercicio (HPE), pero cuando el EA estuvo precedido por el EF, se necesitó menos tiempo para obtener el mismo gasto calórico. En este caso, cuando la sesión estuvo precedida por ejercicios de fuerza, se necesitó menos tiempo para obtener el gasto calórico determinado en la sesión aeróbica.

Palabras Clave: Entrenamiento Concurrente, Ejercicio Isocalórico, Consumo de Oxígeno, Hipotensión Post-Ejercicio

INTRODUCCIÓN

La inactividad física se considera uno de los principales factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y metabólicas (14,21). Por otro lado, el ejercicio aeróbico regular (EA) y el ejercicio de fuerza (EF) han sido recomendados para diferentes poblaciones, dados los efectos positivos en la promoción de la salud (1). La adopción de estos dos tipos de entrenamiento en una sola sesión de ejercicio se conoce como entrenamiento concurrente (EC) (15,30), y los efectos de alterar el orden de estas actividades en la sesión no se han aclarado del todo (2,22,30) cuando se prescriben ejercicios de reducción de peso (9,20).

Además de las calorías quemadas durante una actividad, otro indicador importante que puede conducir a la pérdida de peso es el consumo excesivo de oxígeno post-ejercicio (CEOP) (6,12). El comportamiento de este indicador después de participar en EA y EF, realizado por separado, ha sido ampliamente descrito en la bibliografía (3-5,28). Sin embargo, las respuestas de consumo de oxígeno durante y después de las sesiones de EC siguen siendo escasas (2,9,17,20).

Uno de los aspectos que debe dilucidarse es la cuantificación del volumen del EA cuando está controlado por el gasto calórico en la sesión de EC. En general, los autores solo consideran la duración de la actividad (22,30). Sin embargo, el orden prescrito de EA y EF en una sesión de EC puede afectar el gasto calórico de la segunda actividad. Otro aspecto que puede verse afectado por el orden de prescripción de actividad en las sesiones de EC es la hipotensión post-ejercicio (HPE) (11,23). Sin embargo, cuando el gasto calórico se utiliza para cuantificar el volumen de trabajo en la parte aeróbica de la sesión de EC, no hay estudios que investiguen la influencia de esta estrategia en el CEOP.

Aunque algunos estudios han evaluado los efectos de los ejercicios concurrentes en el CEOP (9,22, 30) y la HPE (11,18,29), ninguno ha controlado el volumen de actividad aeróbica de una sesión de EC por gasto energético. Controlar la actividad mediante el método isocalórico tiene la ventaja de aplicar el mismo volumen al ejercicio aeróbico, independientemente del orden de su ejecución durante la sesión. Por lo tanto, el presente estudio evaluó la influencia de alternar el orden del EA y EF en la sesión de EC en el CEOP y la HPE. Además, comparamos el consumo de oxígeno durante la sesión de EA cuando se realiza antes y después del entrenamiento de la fuerza en la sesión de EC.

MÉTODOS

Sujetos

Diez hombres sanos se ofrecieron como voluntarios para participar en este estudio. Para hacerlo, los individuos tuvieron que responder "no" a todas las preguntas en el Cuestionario de Preparación de Actividad Física (PAR-Q) y dar su consentimiento informado. Todos los individuos eran físicamente activos, y participaron en ejercicios aeróbicos y de fuerza al menos 2 veces-sem-1 durante 6 meses. Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Salgado de Oliveira con el número 065. Se establecieron los siguientes criterios de inclusión: (a) no participar en ningún deporte competitivo; (b) no participar en otras actividades aeróbicas o de fuerza durante el estudio; (c) tener al menos 6 meses de experiencia en entrenamiento de fuerza; y (d) estar familiarizado con los ejercicios y el equipo utilizado en las sesiones de EF. Durante el estudio, los sujetos fueron instruidos de la siguiente manera: (a) usar ropa y calzado acordes al deporte; (b) no ingerir bebidas alcohólicas y/o estimulantes (café, chocolate, té, etc.) hasta 24 horas antes de las pruebas; y (c) no realizar actividades físicas intensas, como correr, dar largos paseos, entrenar con pesas hasta 48 horas antes de las pruebas. Se adoptaron los siguientes criterios de exclusión: (a) uso de medicamentos y/o sustancias ergogénicas que podrían alterar las respuestas cardiovasculares; (b) trastornos osteomioarticulares que pueden dificultar la participación en los ejercicios propuestos; (c) historia o presencia de problemas cardiovasculares; y (e) presión arterial sistólica en reposo ≥ 140 mmHg y/o presión arterial diastólica ≥ 90 mmHg.

Procedimientos

El estudio fue desarrollado en dos fases (Figura 1). En la primera fase, que duró 5 días, 48 horas de diferencia, los voluntarios se familiarizaron con los ejercicios de fuerza y la cinta caminadora. Se determinó lo siguiente: (a) presión arterial (PA), frecuencia cardíaca (FC); (b) consumo de oxígeno (VO₂) en reposo; (c) caracterización morfológica de la muestra (peso, altura y porcentaje de grasa estimado); (d) prueba de ejercicio cardiopulmonar; y (e) prueba de 12 repeticiones máximas (RM) en los ejercicios propuestos. La segunda fase consistió en 2 días de recolección de datos, 48 horas de diferencia. Los sujetos realizaron dos sesiones de ejercicios concurrentes, en las que se alteró el orden de ejecución de la actividad. En una de las sesiones, los sujetos realizaron EF seguido de EA y en el otro, el orden fue revertido. Para cada sujeto, el orden de ejecución de la primera actividad se alternó en un diseño de contrapeso.

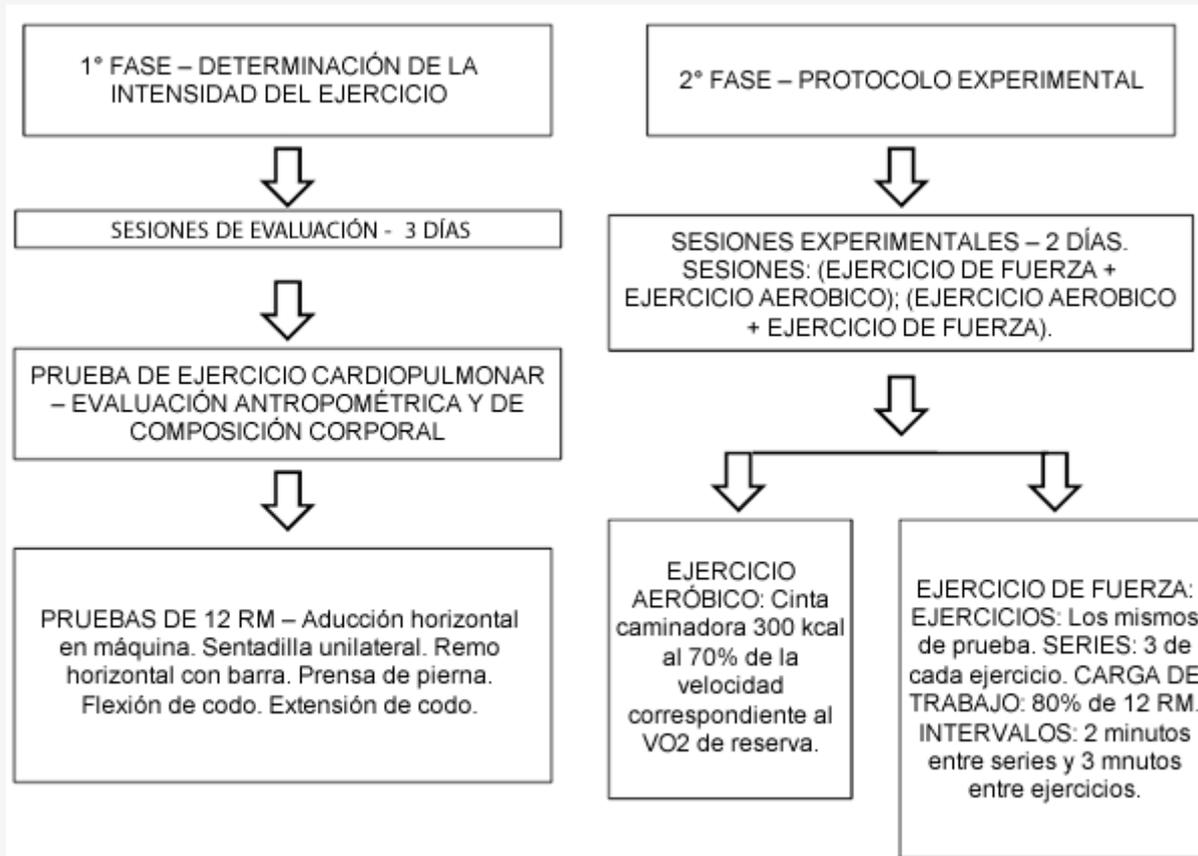


Figura 1. Diagrama de Flujo del Estudio.

Prueba de Ejercicio Cardiopulmonar

Para determinar la intensidad del EA, los sujetos se sometieron a una prueba máxima cardiopulmonar en cinta caminadora utilizando un protocolo individualizado de rampa. La prueba fue diseñada para durar un promedio de 10 minutos, variando entre 8 y 12 minutos, con una relación de incremento de carga constante hasta el final de la prueba. Los intercambios gaseosos y ventilatorios de los sujetos se midieron usando un sistema de análisis ergoespirométrico computarizado (VO2000 MedicalGraphics®, Medical Graphics Corp. EEUU). La frecuencia cardíaca (FC) se controló mediante un monitor de frecuencia cardíaca Polar RS800. Las pautas propuestas por Silva et al. (7) se usaron para establecer el protocolo de rampa.

Los procedimientos de calibración se realizaron de acuerdo con las instrucciones del fabricante. La temperatura y humedad ambiental variaron entre 20° y 25° C y 40% y 65%, respectivamente. Para que la prueba se considerara máxima, los sujetos debieron exhibir al menos tres de los siguientes criterios: (a) agotamiento máximo informado por sí mismos; (b) FC $\geq 90\%$ de la FC máxima prevista para la edad (220 - edad) o no aumentar la FC con un aumento de la carga al final de la prueba; (c) meseta de VO₂ con aumento de la intensidad del ejercicio al final de la prueba; (d) relación de intercambio respiratorio $>1,1$; y (e) puntuación de la escala Borg ≥ 9 (CR-10).

Prueba de Fuerza de Doce Repeticiones Máximas

Se determinó la carga de 12 RM para el ejercicio de aducción horizontal en máquina, sentadilla unilateral, remo horizontal con barra, prensa de pierna, curl de bíceps, y extensión de codo. Todas las barras y discos se pesaron en una balanza de alta precisión. Para minimizar los posibles errores en la obtención de una carga equivalente a 12 R, se adoptaron las siguientes estrategias: (a) todos los sujetos recibieron instrucciones estándar sobre la rutina general de evaluación de datos y la técnica de ejercicio para cada ejercicio antes de la prueba; (b) la técnica de ejercicio durante todas las sesiones de prueba fue monitoreada y corregida, de ser necesario; y (c) todos los sujetos recibieron ánimo durante la prueba. Todas las pruebas se realizaron por la mañana.

Antes de cada prueba, los sujetos realizaron el calentamiento con 10 repeticiones a una carga cómoda. Se permitió un

máximo de tres intentos para cada ejercicio, con un intervalo de 5 minutos entre ellos. Después de obtener la carga de un ejercicio dado, se dio un intervalo de 10 minutos para obtener la carga del próximo ejercicio. Para definir la carga, se mantuvo la amplitud angular de todos los ejercicios, sin exceder ni disminuir estos movimientos.

Protocolo Experimental

El estudio se llevó a cabo en un laboratorio con control climático en dos ocasiones distintas. El VO₂ se tomó durante 15 min en reposo en posición supina, sin tener en cuenta los primeros 5 min. El orden de ejecución de la actividad en las sesiones de EC fue en contrapeso (EA + EF y EA + EF). Se dio un intervalo de 10 minutos entre la primera y la segunda actividad. Todas las medidas fueron tomadas por un mismo investigador. El intervalo entre las dos sesiones de EC fue de 48 horas y los sujetos recibieron instrucciones de no participar en actividades físicas durante el período del estudio.

Ejercicio Aeróbico

El EA se inició con un calentamiento que consistía en una caminata de 3 minutos a una velocidad de 5,0 km·h⁻¹ con una inclinación del 1%. Después de este período, la velocidad se ajustó al 70% de la velocidad del VO₂R con una inclinación del 1% hasta que el sujeto obtuvo un gasto energético de 300 kcal. El gasto calórico se calculó después del calentamiento, basado en los valores de VO₂ obtenidos por un analizador metabólico (VO2000 MedGraphics®, Medical Graphics Corp. EEUU) con una frecuencia de datos de salida de 20 segundos. Después de alcanzar un gasto energético de 300 kcal, los sujetos realizaron una vuelta a la calma durante 5 minutos a 5,0 km·h⁻¹ con una inclinación del 1%.

Ejercicio de Fuerza

La sesión de EF constó de seis ejercicios en el siguiente orden: (a) aducción horizontal en máquina (taurus multi-pec); (b) sentadilla unilateral, HBM; (c) remo horizontal con barra, HBM; (d) prensa de piernas (Righetto high on); (e) flexión de codo (curl de bíceps de pie), HBM; y (f) extensión de codo (extensión de tríceps) en decúbito dorsal, HBM. El orden de los ejercicios se estableció para alternar segmentos, comenzando con los grandes grupos musculares.

Los sujetos realizaron tres series de 12 repeticiones con 2 min entre series y 3 min entre ejercicios. Los ejercicios se ejecutaron al 80% de 12 RM. Los sujetos fueron instruidos para exhalar en la fase concéntrica e inhalar en la fase excéntrica. El gasto calórico durante la sesión se calculó en base a los valores de VO₂ obtenidos por el analizador metabólico (VO2000 MedGraphics®, Medical GraphicsCorp. EEUU) con una frecuencia de datos de salida de 20 segundos. Cuando el entrenamiento de fuerza fue la primera actividad de la sesión, comenzó con un calentamiento de 3 minutos a 5,0 km·h⁻¹ y una inclinación del 1%. Cuando el entrenamiento de fuerza fue la segunda actividad de la sesión del EC, no hubo calentamiento ya que los sujetos habían participado en una actividad aeróbica previa.

Mediciones Post-Ejercicio

Dos minutos después de la finalización de los protocolos de ejercicio, se midió el CEOP y la HPE durante 30 minutos en posición supina en un entorno controlado. La presión arterial fue revisada por el mismo evaluador en el brazo derecho, con 5 minutos de diferencia para un total de 7 mediciones. Con respecto a CEOP, el VO₂ se midió usando un analizador de gases VO2000 (MedGraphics®, Medical GraphicsCorp. EEUU) que se calibró de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y un neumotacógrafo (2 a 30 L·min⁻¹). Se tomaron mediciones cada 20 segundos.

Análisis Estadísticos

Todos los resultados se presentan como media \pm desviación estándar. El *t*-test para muestras pareadas se realizó para determinar las posibles diferencias en el tiempo y el gasto total de energía en las sesiones. Para evaluar los efectos de los dos tratamientos sobre la variable categórica (grupo) y la variable dependiente (fases), se realizó un ANOVA bidireccional de medidas repetidas (EA + EF y EF + EA). La prueba *post hoc* de Tukey se aplicó para determinar diferencias específicas. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el paquete estadístico SPSS 20.0. El nivel de significancia de $P < 0,05$ se utilizó para todos los análisis.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra las características de la muestra, mientras que la Tabla 2 presenta el consumo de oxígeno (media \pm DE) en las situaciones pre-ejercicio y durante las sesiones de EA y EF en diferentes EC. Ambos órdenes aumentaron las respuestas del VO₂ de la sesión siguiente ($P < 0,05$).

Tabla 1. Edad, Características Antropométricas y Cardiovasculares de la Muestra.

	Media ± DE	Mínimo	Máximo
Edad (años)	27 ± 5	21	36
Peso (kg)	81,1 ± 15,0	59,8	100,9
Altura (cm)	175 ± 9	157	189
IMC (kg·m⁻²)	26 ± 3	20,9	29,8
PGC (%)	14 ± 4	8	22
VO₂ reposo (mL·kg⁻¹·min⁻¹)	3,1 ± 1,1	2,0	5,6
VO₂ máx (mL·kg⁻¹·min⁻¹)	37 ± 4	30,2	44,5
FC reposo (latidos·min⁻¹)	61 ± 7	43	72
FC máx (latidos·min⁻¹)	187 ± 7	173	201
PAS reposo (mmHg)	115 ± 6	98	122
PAD reposo (mmHg)	74 ± 6	60	80

DE = Desviación Estándar; **IMC** = Índice de Masa Corporal; **PGC** = Porcentaje de Grasa Corporal; **VO₂** = Consumo de Oxígeno; **FC** = Frecuencia Cardíaca; **PAS** = Presión Arterial Sistólica; **PAD** = Presión Arterial Diastólica

Tabla 2. Comportamiento del VO₂ (media ± DE) Antes, Durante y Después de las Sesiones de Ejercicio Concurrente.

	PE	EA	EF
EA + EF (mL·kg⁻¹·min⁻¹)	2,8 ± 0,6	24,11 ± 3,3	8,56 ± 1,68*
EF + EA (mL·kg⁻¹·min⁻¹)	2,9 ± 0,3	26,57 ± 3,3 ^α	7,8 ± 1,39

PE = Pre-Ejercicio; **EA** = Ejercicio Aeróbico; **EF** = Ejercicio de Fuerza; **α** = P<0,05 vs. EA + EF; * = P<0,05 vs. EF + EA

La Figura 2 ilustra los datos del CEOP obtenidos en las diferentes sesiones concurrentes. No se detectó ninguna diferencia significativa (P=0,64) entre las dos sesiones concurrentes durante un período de 30 minutos. En la situación post-ejercicio, se observaron diferencias durante los primeros 10 minutos de monitoreo (P<0,05) de las dos sesiones concurrentes en relación con el pre-ejercicio. Desde el 10º minuto post-ejercicio en adelante, ninguna de las sesiones mostró diferencias en comparación con el pre-ejercicio (11 a 20 min post-ejercicio vs. pre-ejercicio, P=0,09; 20 a 30 min post-ejercicio vs. pre-situación, P=0,85). Se encontró una diferencia en los valores del CEOP obtenidos entre 11 y 20 min y 21 a 30 min, respectivamente, en relación con 0 a 10 min (P<0,05).

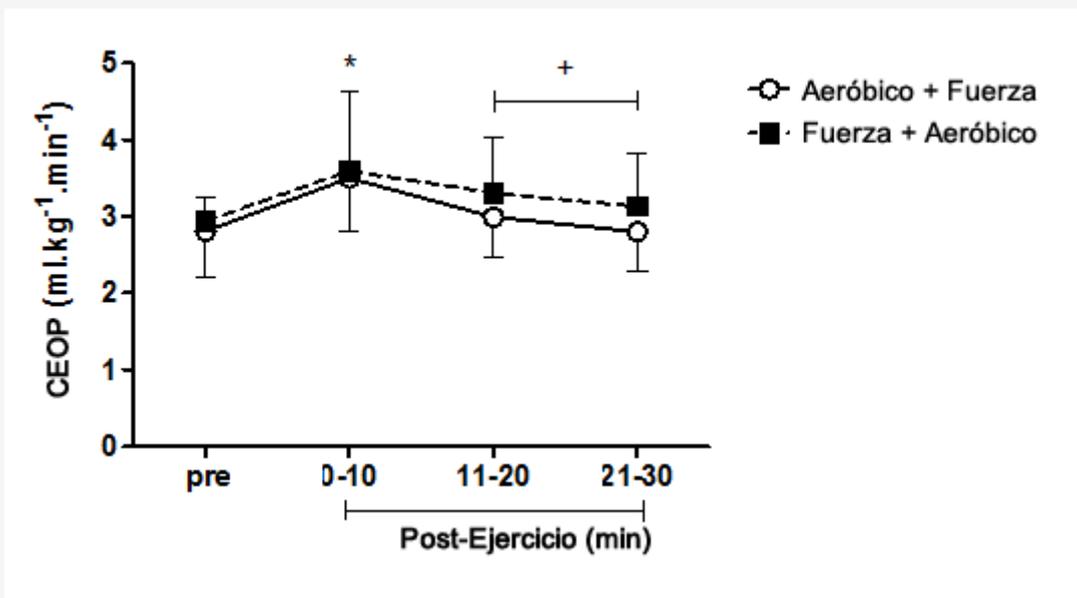


Figura 2. Consumo Excesivo de Oxígeno Post-Ejercicio (CEOP) en Relación con la Situación Pre-Ejercicio. Los valores son media \pm DE; * = diferencia en relación con los datos pre-ejercicio; + = diferencia en relación con los datos obtenidos entre 0 y 10 min para ambos grupos

La Figura 3 presenta el comportamiento de la PAS en las sesiones de EC. No se encontraron diferencias en la PAS ($P=0,67$) cuando se cambió el orden del EC. Por otro lado, se identificó una diferencia entre los valores pre-ejercicio y algunos de los momentos post-ejercicio.

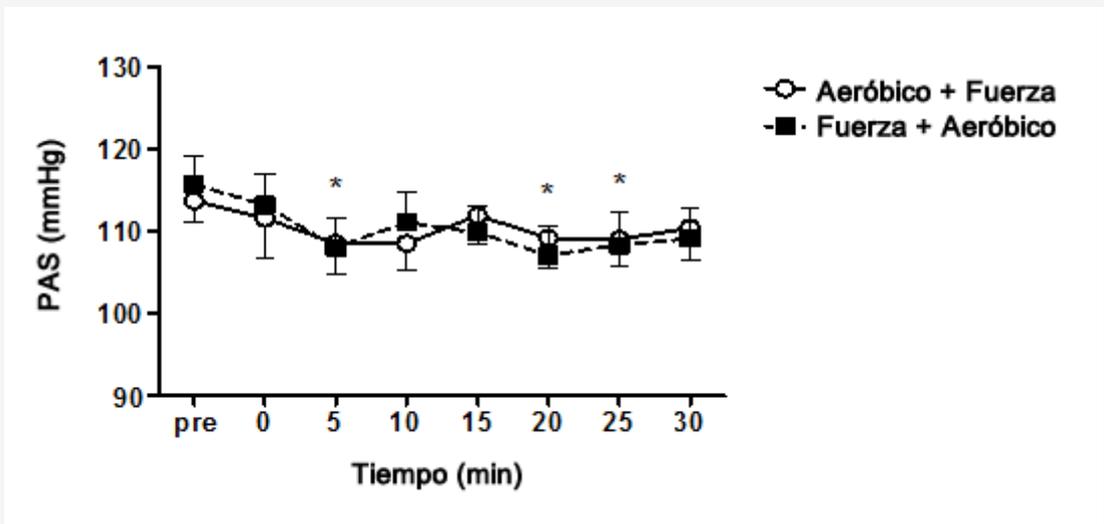


Figura 3. Comportamiento de la Presión Arterial Sistólica en las Sesiones de EC.

La Figura 4 presenta el comportamiento de la PAD de los sujetos en las sesiones de EC. No se observaron diferencias entre los dos órdenes de EC ($P=0,84$) en las diferentes situaciones evaluadas.

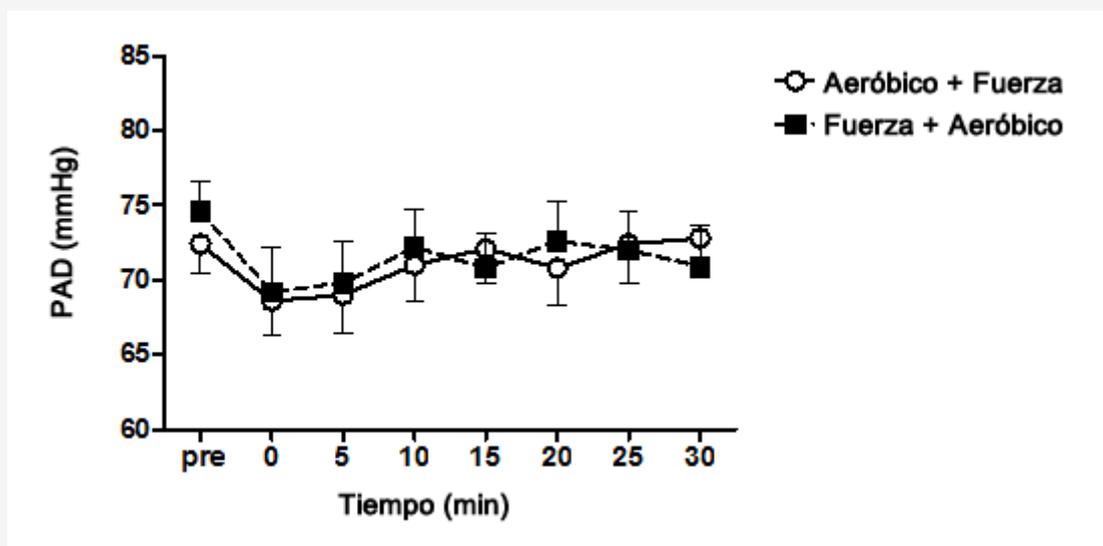


Figura 4. Comportamiento de la Presión Arterial Diastólica en las Sesiones de EC.

DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue comparar las respuestas cardiorrespiratorias durante y después de las sesiones de entrenamiento concurrente. Se encontraron los siguientes resultados: (a) no hubo diferencia en el CEOP entre los modos de entrenamiento concurrentes; (b) el gasto de calorías en el modo de ejercicio EA + EF fue mayor que el modo de ejercicio EF + EA; (c) por otro lado, EF + EA mostró menos tiempo de sesión aeróbica total para alcanzar el gasto de calorías esperado en la sesión isocalórica; y (d) alternar el orden de actividades en la sesión concurrente no afectó la presión arterial post-ejercicio. Estos datos confirman las hipótesis iniciales de este estudio, dado que el ejercicio aeróbico o de fuerza previo, aumenta el consumo de oxígeno (VO₂) del siguiente modo de ejercicio. Dado que nuestros objetivos se centraron en dos puntos principales, el VO₂ y la presión arterial post-ejercicio, la discusión abordará estas respuestas fisiológicas.

Consumo de Oxígeno Post-Ejercicio y Gasto de Calorías

Los efectos agudos del entrenamiento concurrente sobre el VO₂ durante y después de una sesión de ejercicio apenas se informan en la bibliografía (2,9,17,22,30). De los estudios realizados, solo uno no utilizó una cinta caminadora para el EA. Estudiando 10 hombres, Drummond et al. (9) demostraron que el orden de ejecución del ejercicio en una sesión concurrente influyó en el CEOP cuando el EF se realizó al final de la sesión. Sus datos contradicen los hallazgos en el presente estudio, donde el CEOP no mostró diferencias entre los dos modos de EC. Sin embargo, el estudio antes mencionado encontró un aumento en el VO₂ durante el ejercicio aeróbico realizado después del EF, en comparación con el mismo ejercicio realizado antes de los ejercicios de fuerza. Aunque los protocolos de EF fueron similares en los dos estudios, el EA difirió en intensidad y volumen de trabajo. Mientras que los sujetos se ejercitaron al 70% del VO₂ máx. durante 25 min en el estudio de Drummond et al. (9), en el presente estudio los sujetos ejercitaron a una velocidad correspondiente al 70% del VO_{2R}, hasta alcanzar un gasto calórico equivalente a 300 kcal. Independientemente del orden de ejecución del ejercicio en la sesión concurrente, en nuestro estudio la duración del EA siempre fue mayor que la del estudio mencionado anteriormente.

Vilacxa et al. (30) también compararon las respuestas de VO₂ durante y después de diferentes combinaciones de EF y EA. Con 8 sujetos jóvenes en una sesión concurrente, su protocolo de EF consistió en 6 ejercicios (4 realizados con 3 series de 10 repeticiones y 2 con 3 series de 20 a 30 repeticiones). El EA se ejecutó utilizando entrenamiento de intervalos en una bicicleta de ejercicios durante 20 minutos. No hubo diferencia en el CEOP entre los diferentes órdenes de ejecución del ejercicio en la sesión concurrente, lo que corrobora el estudio en cuestión. Sin embargo, no hubo diferencias en las respuestas de VO₂ cuando se ejecutó el EA antes y después del EF, lo que contradice nuestro experimento donde se encontró una diferencia en el VO₂ durante el EA cuando se realizó en diferentes órdenes de ejecución en la sesión concurrente.

En otro estudio, Kang et al. (17) investigaron el comportamiento del VO₂ en mujeres jóvenes en una sesión de EA realizada por separado y en otra sesión donde se ejecutó el EA después del EF. Encontraron valores más altos de VO₂ para la misma intensidad y duración del ejercicio cuando estaba precedido por el EF. Estos hallazgos corroboran los del presente estudio, destacando el hecho de que, aunque se utilizó una bicicleta fija, la sesión de EF influyó en los valores de VO₂ obtenidos durante una sesión de EA.

Es importante subrayar que en el presente estudio ambas sesiones dieron como resultado un aumento del VO₂ en la sesión siguiente. En otras palabras, la sesión de EA también dio como resultado un aumento en el VO₂ durante la sesión de ejercicio de fuerza, en relación con la misma sesión cuando se realizó antes del AE. Por lo tanto, dado que la sesión de ejercicio aeróbico fue isocalórica (300 kcal), los individuos alcanzaron este valor en un tiempo significativamente más corto cuando se ejecutó después de la sesión de ejercicio de fuerza (28 ± 3 min. vs. 33 ± 2 min). El gasto calórico total de esta sesión fue menor ($467 \pm 24,9$ kcal EA + EF vs. $453 \pm 30,9$ kcal EF + EA). Sin embargo, a pesar de que esta diferencia fue significativa, es importante subrayar que la sesión que generó 14 kcal menos fue en promedio 5 min más corta. En otras palabras, en la sesión EF + EA, si los individuos permanecieron en la actividad aeróbica para lograr la misma actividad aeróbica ejecutada antes de la sesión de ejercicio de fuerza, el gasto calórico total de esta sesión sería mayor. Siendo este el caso, con respecto a la aplicabilidad práctica, si un individuo tiene la intención de ejecutar EC donde el volumen de la sesión de EA es un tiempo fijo, que se usa comúnmente, la sesión de EA + EF probablemente resultará en un mayor gasto calórico.

Drummond et al. (9) mostraron que la sesión de EA no influyó en las respuestas de la FC de los sujetos y en el esfuerzo percibido durante la sesión de EF, en comparación con el EF realizado antes de la sesión de EA. Por lo tanto, una déficit en esta experimentación fue no haber comparado las respuestas del consumo de oxígeno en la sesión de ejercicio de fuerza, lo que es una limitación que el presente estudio buscó corregir.

En cuanto al orden de ejecución de los ejercicios en el CEOP, Oliveira y Oliveira (22) compararon su magnitud y duración después de 2 sesiones de ejercicio con diferentes órdenes de ejecución en hombres jóvenes. El ejercicio aeróbico se realizó durante 30 minutos en una cinta caminadora (80% a 85% de la frecuencia cardíaca de reserva de los sujetos (FCR)) y el protocolo de EF consistió en 5 ejercicios que se ejecutaron con 3 series de 10 repeticiones. Sus hallazgos están de acuerdo con el presente estudio, donde no se registraron diferencias en la magnitud del CEOP entre los dos modos de ejecución del EC. Un aspecto que puede haber contribuido a los hallazgos comparables en los dos estudios es la similitud entre los protocolos de ejercicios aeróbicos y de fuerza utilizados. A pesar de que la sesión aeróbica en el estudio mencionado anteriormente no se cuantificó en función del gasto calórico, la duración del esfuerzo fue similar a la utilizada en el presente estudio. Además, ambos estudios utilizaron una cinta caminadora para realizar ejercicios aeróbicos.

Finalmente, Di Blasio et al. (2) compararon las respuestas cardiorrespiratorias después de las sesiones de EC en mujeres no entrenadas. El EA se ejecutó en una cinta caminadora al 60% de la FCR ± 5 latidos-min⁻¹, mientras que el EF consistió en 8 ejercicios ejecutados en 3 series con un intervalo de 2 min entre ellos. En este caso, como en nuestro estudio, cambiar el orden de las actividades en la sesión concurrente no afectó al CEOP. Estos datos, junto con los datos de los otros estudios mencionados anteriormente, refuerzan la premisa de que el orden de ejecución de las actividades no tiene una influencia decisiva en el comportamiento del CEOP después del EC. Sin embargo, debido a la similitud entre la mayoría de los protocolos de EA y EF en el EC, los estudios futuros deberían investigar el efecto de diferentes volúmenes e intensidades de ejercicio en el CEOP post-EC.

Presión Arterial Post-Ejercicio

Varios estudios han sugerido que los ejercicios aeróbicos y de fuerza causan una caída en la presión arterial en el período de recuperación post-ejercicio (8,10,26,31). Con respecto a la promoción de la salud, se recomienda combinar estos dos tipos de ejercicio en una sola sesión de entrenamiento (1). Por otro lado, la amplia variación en los aspectos metodológicos que determinan la prescripción de estos ejercicios puede conducir a HPE con diferentes magnitudes y duración (16,19). Nuestro estudio parece ser el primero en investigar el efecto de las sesiones isocalóricas de entrenamiento aeróbico, ejecutadas en diferentes órdenes en sesiones de EC, en la HPE. En las sesiones de EC con EA y con gasto calórico programado para 300 kcal, variar la secuencia de ejecución de actividades causó HPE sin diferencia de magnitud.

Nuestros resultados corroboran parcialmente los de otras investigaciones (18,27,29), dado que encontramos una disminución de la PA después del EC. Sin embargo, con respecto a la duración y/o magnitud de la reducción, el presente estudio obtuvo resultados diferentes de los otros estudios. Teixeira et al. (29), por ejemplo, investigaron las respuestas cardiovasculares durante 120 minutos después de EC, EA y EF. El protocolo de EC consistió en 30 minutos de EA al 75% del VO₂ máx en una bicicleta fija que fue seguida por 6 ejercicios con 3 series de 20 repeticiones al 50% de 1 repetición máxima (1RM), con una duración de aproximadamente 30 minutos. El EC fue programado para durar el doble que el EA y el EF por separado. Entre los resultados se encontró una reducción en la PAS, en comparación con los niveles de base, con una diferencia a favor del EA desde los 90 minutos hasta el final de la monitorización. Estos autores sugieren que el EF

puede haber disminuido el efecto hipotensor del EA en la sesión concurrente. Sin embargo, nuestros datos no corroboran esta hipótesis, ya que la PAS no varió con el orden de ejecución del ejercicio en la sesión concurrente.

En un estudio similar, Ruiz et al. (27) compararon las respuestas cardiovasculares después de sesiones separadas de EA, EF y 1 sesión de EC. El EC, compuesto de EF seguido de EA, obtuvo un volumen mayor que los protocolos separados. El EF consistió en 3 series de 12 RM con 8 ejercicios dirigidos a los principales grupos musculares; mientras que, en el EA, los sujetos se ejercitaron durante 40 minutos en una bicicleta fija al 60 a 70% del VO₂R. Durante toda la fase post-ejercicio (60 min), todas las sesiones de ejercicio mostraron HPE, pero a los 30 minutos, la PAS fue menor con el EA que con el EF. En un estudio similar, Keese et al. (18) sometieron a sus sujetos a 3 sesiones de ejercicio, una con EA (50 min en una bicicleta fija al 65% del VO₂ máx), otra con EF (3 series de 8 repeticiones al 80% de 1 RM en 8 ejercicios) y otra con EC. En este último caso, una serie se eliminó del EF y 20 minutos del EA. Todas las sesiones fueron programadas para durar ~60 min. El principal hallazgo fue que la magnitud de la HPE fue similar en las 3 sesiones de ejercicio, pero duró más tiempo después del EA, seguido del EC y el EF, respectivamente.

A la luz de los datos obtenidos en estudios que monitorearon la hipotensión post-EC, incluida la presente investigación, que variaron el orden de las actividades en la sesión, la presencia del EF, independientemente de su orden en la sesión, puede ser capaz de reducir los efectos hipotensores del EF. Una serie de mecanismos centrales y periféricos podrían explicar este fenómeno, aunque estos aspectos no se evaluaron aquí. Después del EA, los factores centrales responsables de reducir el gasto cardíaco (GC), combinados con los mecanismos periféricos que actúan para disminuir la resistencia vascular periférica (RVP), pueden disminuir la presión arterial más que otros tipos de ejercicio. Por otro lado, la HPE resultante del EF parece implicar mecanismos centrales con una reducción concomitante del GC y volumen sistólico (VS) debido a una mayor compresión secuencial de los vasos sanguíneos (13). En el entrenamiento concurrente, se recomiendan mecanismos similares a los que se utilizan en EF, ya que son capaces de atenuar la HPE en comparación con el EA y son más efectivos que el EF realizado por separado.

Con respecto a la magnitud y duración de la HPE en el presente estudio, la posición que los individuos adoptaron durante la recuperación (supino) puede haber contribuido a aumentar el GC, que fue compensado en ciertos momentos por la RVP reducida durante el período de recuperación de 25 minutos. En la posición supina, el volumen de sangre tiende a transferirse a la parte superior del cuerpo. Esto favorece el retorno venoso al corazón y estimula los barorreceptores para aumentar el llenado cardíaco y el VS. En una posición de sentado, como fue el caso en los otros estudios, la sangre se transfiere a regiones por debajo del nivel del corazón, lo que dificulta el retorno venoso debido a la ausencia de la bomba de músculo esquelético. En esta situación, el GC tiende a disminuir debido a la reducción del VS, incluso con un aumento concomitante en la FC de los sujetos (25). Aunque estos mecanismos pueden contribuir a la comprensión del uso de aspectos metodológicos más favorables para la HPE, se deben realizar más estudios para confirmar estas posibilidades prometedoras.

CONCLUSIONES

A la luz de los datos obtenidos, se puede concluir que alternar el orden de las actividades aeróbicas y de fuerza en una sesión concurrente no tiene influencia sobre el CEOP y la HPE. Sin embargo, el orden de la actividad aeróbica tuvo un efecto directo sobre el tiempo requerido para obtener el gasto de calorías esperado. En este caso, cuando la sesión estuvo precedida por ejercicios de fuerza, se necesitó menos tiempo para obtener el gasto calórico determinado en la sesión aeróbica. En una perspectiva aplicada, cuando el objetivo es obtener un mayor gasto calórico total, sería pertinente iniciarlo con ejercicios de fuerza. Esta información puede ser útil para planificar sesiones de ejercicio concurrente en personas que necesitan más control de peso y/o pérdida de peso.

Dirección de correo: Pedro Paulo da Silva Soares, Laboratory of Experimental and Applied Exercise Physiology. St. Hernani Pires de Melo, 101 - São Domingos - Niterói - RJ. Postcode: 24210-130; phone: +55 (21) 2629-2459, E-mail: ppssoares@id.uff.br

REFERENCIAS

1. American College of Sports Medicine. (2013). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. (9th Edition). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins

2. Di Blasio A, Gemello E, Di Iorio A, Di Giacinto G, Celso T, Di Renzo D, et al. (2012). Order effects of concurrent endurance and resistance training on post-exercise response of non-trained women. *J sports Sci Med*. 2012;11(3):393-399.
3. Bahr R, Ingnes I, Vaage O, Sejersted OM, et al. (1987). Effect of duration of exercise on excess postexercise O₂ consumption. *J Appl Physiol*. 1987;62(2):485-490.
4. Borsheim E, Bahr R. (2003). Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports Med*. 2003;33(14):1037-1060.
5. Braun WA, Hawthorne WE, Markofski MM. (2005). Acute EPOC response in women to circuit training and treadmill exercise of matched oxygen consumption. *Eur J Appl Physiol*. 2005;94(5-6):500-504.
6. Crommett AD, Kinzey SJ. (2004). Excess postexercise oxygen consumption following acute aerobic and resistance exercise in women who are lean or obese. *J Strength and Cond Res*. 2004;18(3):410-415.
7. da Silva SC, Monteiro WD, Cunha FA, Myers J, Farinatti PT. (2012). Determination of best criteria to determine final and initial speeds within ramp exercise testing protocols. *Pulm Med*. 2012;2012:542402.
8. DeVan AE, Anton MM, Cook JN, Neidre DB, Cortez-Cooper MY, Tanaka H. (2005). Acute effects of resistance exercise on arterial compliance. *J Appl Physiol*. 2005;98: 2287-2291.
9. Drummond MJ, Vehrs PR, Schaalje GB, Parcell AC. (2005). Aerobic and resistance exercise sequence affects excess post exercise oxygen consumption. *J Strength Cond Res*. 2005;19(2):332-337.
10. Eicher JD, Maresh CM, Tsongalis GJ, Thompson PD, Pescatello LS. (2010). The additive blood pressure lowering effects of exercise intensity on post-exercise hypotension. *Am Heart J*. 2010;160:513-520.
11. Forjaz CL, Cardoso CGJR, Rezk CC, Santaella DF, Tinucci T. (2004). Postexercise hypotension and hemodynamics: The role of exercise intensity. *J Sports Med Phys Fitness*. 2004;44:54-62.
12. Gaesser GA, Brooks GA. (1984). Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: A review. *Med Sci Sports Exerc*. 1984;16(1):29-43.
13. Halliwill JR, Buck TM, Laceywell AN, Romero SA. (2013). Post exercise hypotension and sustained post exercise vasodilatation: What happens after we exercise? *Exp Physiol*. 2013;98:7-18.
14. Haskell W, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath W, Thompson PD, Bauman A. (2007). Physical activity and public health. *Circulation*. 2007; 116:1081-1093.
15. Hickson, RC. (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *Eur J Appl Physiol*. 1980;45:255-263.
16. Jones H, George K, Edwards B, Atkinson G. (2007). Is the magnitude of acute post exercise hypotension mediated by exercise intensity or total work done? *Eur J Appl Physiol*. 2007;102:33-40.
17. Kang J, Rashti S, Tranchina C, Ratamess N, Faigenbaum A, Hoffman J. (2009). Effect of preceding resistance exercise on metabolism during subsequent aerobic session. *Eur J Appl Physiol*. 2009;107:43-50.
18. Keese F, Farinatti P, Pescatello L, et al. (2011). A comparison of the immediate effects of resistance, aerobic and concurrent exercise on postexercise hypotension. *J Strength Cond Res*. 2011;25:1429-1436.
19. Mach C, Foster C, Brice G, Mikat RP, Porcari JP. (2005). Effect of exercise duration on postexercise hypotension. *J Cardiopulm Rehabil*. 2005;25:366-369.
20. Monteiro A, Alveno D, Prado M, Monteiro G, Ugrinowitsch C, Aoki M, Picarro I. (2008). Acute physiological responses to different circuit training protocols. *J Sports Med Phys Fitness*. 2008;48:438-442.
21. Nocon M, Hiemann T, Muller-Riemenschneider F, Thalau F, Roll S, Willich SN. (2008). Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardio Prev Rehabil*. 2008;15:239-246.
22. Oliveira NL, Oliveira J. (2011). Excess postexercise oxygen consumption is unaffected by the resistance and aerobic exercise order in an exercise session. *J Strength Cond Res*. 2011;25(10):2843-2850.
23. Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA. (2004). American College of Sports Medicine. *American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and Hypertension*. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:533-53.
24. Pescatello LS, Guidry MA, Blanchard BE, Kerr A, Taylor AL, Johnson AN, Maresh CM, Rodriguez N, Thompson PD. (2004). Exercise intensity alters postexercise hypotension. *J Hypertens*. 2004;22:1881-1888.
25. Raine NM, Cable NT, George KP, Campbell IG. (2001). The influence of recovery posture on post-exercise hypotension in normotensive men. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33: 404-412.
26. Rezk CC, Marrache RC, Tinucci T, Mion DJ, Forjaz CL. (2006). Postresistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: Influence of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. 2006;98:105-112.
27. Ruiz RJ, Simão R, Saccomani MG, Casonatto J, Alexander JL, Rhea M, Polito MD. (2011). Isolated and combined effects of aerobic and strength exercise on post-exercise blood pressure and cardiac vagal reactivation in normotensive men. *J Strength Cond Res*. 2011;25:640-645.
28. Schuenke MD, Mikat RP, McBride JM. (2002). Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: Implications for body mass management. *Eur J Appl Physiol*. 2002;86:411-417.
29. Teixeira L, Ritti-Dias RM, Tinucci T, Mion Júnior D, Forjaz CL. (2011). Postconcurrent exercise hemodynamics and cardiac autonomic modulation. *Eur J Appl Physiol*. 111:2011; 2069-2078.
30. Vilaxca Alves J, Saavedra F, Simao R, Novaes J, Rhea MR, Green D, Machado Reis V. (2012). Does aerobic and strength exercise sequence in the same session affect the oxygen uptake during and postexercise? *J Strength Cond Res*. 2012;26(7):1872-1878.
31. Williamson JW, McColl R, Mathews D. (2004). Changes in regional cerebral blood flow distribution during postexercise hypotension in humans. *J Appl Physiol*. 2004;96: 719-724.

Cita Original

Lamego MK, Monteiro W, Lima T, Moura AMS, Soares PPS. Efecto de la Ejecución de Entrenamiento Concurrente en las

