

## ENTRENAMIENTO CONCURRENT E INTERFERENCIA AGUDA SOBRE LA FUERZA: REVISIÓN DE LAS VARIABLES RELEVANTES



Valéria Leme Gonçalves Panissa,<sup>1</sup> Camila C. Greco, PhD,<sup>2</sup> Natalia Ribeiro, MSc,<sup>3</sup> Ursula F. Julio, PhD,<sup>1</sup> Valmor Tricoli, PhD,<sup>3</sup> and Emerson Franchini, PhD<sup>1</sup>

1 High-intensity Intermittent Exercise Physiology Research Group, Department of Sport, School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, São Paulo, Brazil; 2 Human Performance Laboratory, Department of Physical Education, São Paulo State University, Rio Claro, Brazil; and 3 School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

Artículo original: Concurrent Training and the Acute Interference Effect on Strength: Reviewing the Relevant Variables. *Strength and Conditioning Journal*, 2022, 44(3): 46-57

### RESUMEN

Esta revisión analiza las variables relevantes involucradas en la interferencia aguda que tienen las sesiones de entrenamiento concurrente (CT, por sus siglas en inglés, concurrent training) de ejercicio aeróbico seguidas de ejercicio de fuerza. La intensidad del ejercicio aeróbico, el modo, el volumen, la duración del intervalo de recuperación entre ejercicios, los grupos musculares involucrados y la utilización de ayudas ergogénicas son las variables identificadas en esta revisión. Los ejercicios aeróbicos interválicos de alta intensidad producen efectos negativos más pronunciados en el ejercicio de fuerza-resistencia (strength-endurance, en inglés), pero no en la fuerza máxima. El ciclismo produce más efectos negativos en el ejercicio de rendimiento de fuerza-resistencia que la carrera. Un intervalo de recuperación de 4 a 8 horas parece ser suficiente para evitar la interferencia en el rendimiento de fuerza-resistencia. La reducción

en el rendimiento de fuerza-resistencia se localiza en los grupos musculares involucrados en ambos ejercicios de fuerza y resistencia, mientras que volúmenes mayores (5 y 7 km) con 30 y 42 minutos de duración, respectivamente, generan deterioros. La cafeína, los carbohidratos y la beta-alanina no son capaces de revertir el efecto nocivo sobre el rendimiento de fuerza-resistencia, mientras que la suplementación con creatina y análogos de capsaicina sí lo son. Por tanto, estas variables deben ser tenidas en cuenta para prescribir y organizar una sesión de CT. Esta información puede ayudar a los entrenadores a organizar sesiones de ejercicio que minimicen o eviten el deterioro del rendimiento de la fuerza después de los ejercicios aeróbicos.

## INTRODUCCIÓN

Para lograr buenos resultados competitivos en algunos deportes, es necesario desarrollar simultáneamente varias capacidades físicas durante un período de entrenamiento. Entre las capacidades requeridas, la fuerza máxima, la potencia y la resistencia son las más destacadas (42). Los ejercicios de fuerza y potencia se utilizan para mejorar la capacidad contráctil del músculo esquelético (12), mientras que los ejercicios de resistencia aeróbica mejoran el suministro de oxígeno al músculo y su capacidad para extraer oxígeno de la sangre (26). Por lo tanto, los atletas en varios deportes realizan múltiples tipos de ejercicios de entrenamiento dirigidos al desarrollo de fuerza y acondicionamiento aeróbico para optimizar el rendimiento durante las competiciones (4,5). Además, las personas que buscan mejorar su salud también hacen uso del CT para reducir la grasa corporal y aumentar la masa muscular (21).

En este artículo, CT se define como la combinación de ejercicios aeróbicos y de fuerza durante la misma sesión o período de entrenamiento. Esta nomenclatura se debe a las adaptaciones antagónicas que estos 2 tipos de ejercicios pueden producir en el organismo (6,24,25,28). Se ha demostrado que esta estrategia de entrenamiento puede afectar el rendimiento relacionado con la fuerza (14,37,39), así como la hipertrofia muscular y el desarrollo de la fuerza (6,24,25,28).

Algunos estudios han propuesto que un efecto negativo agudo del ejercicio aeróbico podría ser responsable de las deficiencias en la fuerza y la hipertrofia a largo plazo; por lo tanto, los cambios en el rendimiento de la fuerza y la masa muscular son menores después de CT en comparación con el entrenamiento de fuerza (ST, del inglés strength training) solo (11, 13, 18, 36, 38, 46). Esta hipótesis sugiere una reducción en la producción de fuerza y/o volumen realizado en cada sesión de CT cuando el ejercicio aeróbico precede al de fuerza, lo que a su vez generaría una disminución del estímulo ST (en comparación con el ST solo) que podría explicar el deterioro a largo plazo en ganancias de fuerza. Además, varios estudios sugieren que los efectos negativos agudos pueden depender de algunos factores como la intensidad del ejercicio aeróbico (15,52), la duración del intervalo de recuperación entre ejercicios (37,52), grupos musculares involucrados en ambos ejercicios (15,47), modo de ejercicio aeróbico (39) y volumen de ejercicio aeróbico (43). Además, algunas ayudas ergogénicas también podrían desempeñar un papel en la atenuación de la interferencia aguda (2,3,47).

Por lo tanto, esta revisión tiene como objetivo examinar los efectos agudos del ejercicio aeróbico en el rendimiento de fuerza posterior (fuerza resistencia y fuerza máxima) e identificar los factores que influyen en los efectos negativos. Este conocimiento puede contribuir a la organización y prescripción de sesiones de CT diseñadas para atenuar el efecto de interferencia aguda del ejercicio aeróbico y, en consecuencia, resultar en

programas de entrenamiento más efectivos tanto para la salud como para el rendimiento.

## **ANÁLISIS HISTÓRICO DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTE**

El primer estudio que demostró el fenómeno de la interferencia fue publicado por Hickson en 1980 (25). Esta investigación utilizó 3 grupos experimentales de hombres activos en 10 semanas de ST (ejercicios de tren inferior al 80% de 1 repetición máxima—1RM), entrenamiento aeróbico (AT, de aerobic training, continuo lo más rápido posible en 30 minutos y sesiones intermitentes al ritmo cercano al consumo máximo de oxígeno), o la combinación de ambos regímenes de entrenamiento (CT, los mismos ejercicios a las mismas intensidades que los realizados por los grupos de fuerza y resistencia). El grupo ST entrenó 5 veces a la semana, mientras que los grupos AT (3 sesiones interválicas de alta intensidad y 3 continuas de intensidad moderada en días alternos) y CT (normalmente al menos 2 horas de descanso o inactividad separando 2 tipos de entrenamiento) entrenaron 6 veces. El autor observó que el grupo CT experimentó un déficit en el desarrollo de la fuerza durante las últimas 2 semanas de entrenamiento en comparación con el ST, pero obtuvo ganancias similares en el consumo máximo de oxígeno en comparación con el grupo AT. Por lo tanto, este estudio demostró que el CT podría comprometer las ganancias de fuerza. Posterior a este estudio (25), otras investigaciones relacionadas dieron resultados mixtos con algunos (6, 13, 22, 46) reportando resultados similares a los de Hickson (25), y algunos (5, 23, 33, 49) reportando diferentes observaciones alternativas. La discrepancia en los resultados puede deberse a las diferentes características del protocolo de entrenamiento, como la intensidad, la duración y el intervalo de tiempo entre ejercicios y el estado de entrenamiento de los sujetos.

Desde la identificación del efecto de interferencia, varios estudios han intentado identificar los mecanismos detrás de dicho fenómeno (11,14). Dos hipótesis han ganado especial atención: la crónica y la aguda. La hipótesis crónica se apoya en los diferentes cambios inducidos por el entrenamiento promovidos por el ST en comparación con el AT, lo que resulta en un entorno adaptativo conflictivo en el músculo esquelético. Por ejemplo, en general, el ST provoca un aumento de la capacidad contráctil y del tamaño de las fibras musculares, pero disminuye la densidad mitocondrial y capilar y la actividad de las enzimas oxidativas (12). Por el contrario, el AT aumenta la densidad mitocondrial y capilar, así como la concentración y la actividad de las enzimas oxidativas, mantiene o reduce el tamaño de la fibra muscular y disminuye la capacidad contráctil, mientras que la fuerza disminuye o permanece sin cambios (26). La hipótesis aguda atribuye el deterioro de las ganancias de fuerza a un efecto perjudicial remanente cuando el ejercicio de fuerza es precedido por ejercicio aeróbico. Según esta hipótesis, la fatiga inducida por el ejercicio aeróbico previo conduciría a un menor trabajo total realizado durante el ejercicio de fuerza (13, 46), lo que a su vez podría interferir con el desarrollo de la fuerza. Por lo tanto, parece importante comprender las variables que pueden influir en los efectos negativos. Por lo tanto, la presente revisión se centra en la hipótesis aguda.

## **HIPÓTESIS AGUDA**

Varios estudios utilizan el término "fatiga residual" para referirse a los efectos perjudiciales remanentes generados por el ejercicio anterior (es decir, ejercicio aeróbico), que podrían causar un deterioro en el rendimiento del ejercicio posterior (por ejemplo, ejercicio de fuerza) (8,30,31,37, 39, 43, 45, 47). Por lo tanto, debido a la fatiga residual del ejercicio aeróbico previo, el individuo comenzaría el ST sin un descanso o

recuperación adecuados, disminuyendo la capacidad para desarrollar fuerza y/o lograr el mismo volumen total de entrenamiento durante la sesión ST (8, 37, 39, 43). ,45,47).

Por lo tanto, con el tiempo, la calidad y el volumen de carga se verían afectados negativamente en la condición concurrente en comparación con el entrenamiento de fuerza realizado sin la influencia del ejercicio aeróbico. El volumen de carga se ha considerado una variable del ST importante que se relaciona positivamente con las ganancias de fuerza e hipertrofia muscular (29,40,44,50,51). Consecuentemente, es razonable sugerir que es necesario preservar el volumen de carga del ejercicio de fuerza durante las sesiones de CT para evitar o mitigar el efecto de interferencia a largo plazo.

Uno de los primeros estudios que sugirió que el efecto agudo es perjudicial para la mejora de la fuerza durante el CT fue realizado por Craig et al. (13). Los investigadores dividieron a 36 hombres en 3 grupos de entrenamiento: ST (ejercicios para la parte inferior y la parte superior del cuerpo al 75% de 1RM), AT (carrera continua al 75% de la frecuencia cardíaca máxima) y CT (en el que los sujetos realizaron ST después de A). Después de 10 semanas, no hubo ganancias de fuerza en las extremidades inferiores para los grupos CT y AT, mientras que el grupo ST experimentó un aumento de fuerza de ~6%. Estos resultados revelaron ganancias de fuerza comprometidas en el grupo concurrente, y este deterioro se atribuyó a un efecto de arrastre (es decir, recuperación insuficiente) causado por el ejercicio aeróbico (carrera) realizado antes de los ejercicios de fuerza.

La relación entre el volumen de carga total y las ganancias de fuerza durante el CT se demostró en un estudio realizado por Sale et al. (46). En este estudio, 16 sujetos físicamente activos fueron sometidos a 10 semanas de CT. Los participantes se dividieron en 2 grupos: el grupo A2d, que realizó ejercicios aeróbicos (ciclismo, intermitente, 6 series de 3 minutos al 90–100% del consumo máximo de oxígeno) y ST (prensa de piernas unilateral, 6 series de 15–20 RM) en el mismo día, dos veces por semana (se alternaba el orden de los ejercicios en cada sesión), y el grupo B4d, que realizaba ejercicios aeróbicos y ST en días diferentes, 4 veces por semana (AT y ST en días diferentes). Al final del estudio, los autores informaron mayores aumentos en la fuerza máxima en el grupo B4d (25%) en comparación con el grupo A2d (13%), aunque los cambios en la hipertrofia muscular y en la resistencia a la fuerza no difirieron entre los grupos. La diferencia observada en la fuerza máxima se atribuyó a la disminución del volumen de ST realizado en cada sesión porque el grupo B4d tenía un volumen de carga medio absoluto (10%) y relativo (2%) mayor que el grupo A2d. Además, este estudio proporcionó datos importantes sobre el efecto de interferencia aguda. Cuando el grupo A2d realizó los ejercicios aeróbicos + de fuerza en orden, hubo una disminución del 4% en el volumen de entrenamiento total absoluto y relativo en comparación con el orden opuesto. Desafortunadamente, el estudio no incluyó un grupo de solo ST. Sin embargo, se puede concluir que el efecto de interferencia aguda puede ser un factor importante para limitar las ganancias de fuerza a lo largo del tiempo.

De Souza et al. (14) también observaron efectos de interferencia cuando se realizaban ejercicios aeróbicos y de fuerza en la misma sesión de entrenamiento. Los investigadores dividieron al azar a 37 hombres físicamente activos en 4 grupos que realizaron un período de entrenamiento de 8 semanas: ST (3 ejercicios para la parte inferior del cuerpo, 3 a 5 series de 6–12 RM), AT (carrera, intermitente, 20 a 15 series de 1 minuto al 80–100% de la velocidad para obtener el máximo consumo de oxígeno), CT (en la que los

sujetos realizaron tanto ST como AT en la misma sesión de entrenamiento, y el orden se equilibró y alteró durante el período de entrenamiento) y control. Se observó que los aumentos en el área transversal de las fibras musculares tipo IIa (17%) y I (18%) ocurrieron solo en el grupo ST. Aunque el orden de los ejercicios (aeróbicos y de fuerza) fue balanceado y alternado durante las sesiones de CT, la fatiga residual durante las sesiones en las que el AT precedió al ST podría ser responsable de la ausencia de ganancias de hipertrofia de las fibras musculares en el grupo CT. Similar a Craig et al. (13), este estudio tampoco controló el volumen de carga total agudo realizado durante cada sesión de entrenamiento.

Otros dos estudios investigaron el efecto de la interferencia aguda sobre las adaptaciones de la fuerza explorando el orden de los ejercicios (11,18). Cadour et al. (11) dividieron a los participantes en 2 grupos: uno realizó ejercicio aeróbico (AT, ciclismo, 80–95% de la frecuencia cardíaca máxima durante las primeras 6 semanas; 6 episodios de 4 minutos a la frecuencia cardíaca máxima en las últimas 2 semanas) antes del ejercicio de fuerza (ST, ejercicios de tren superior e inferior, 2-3 series de 18-20 RM a 6-8 RM) y el otro en orden inverso (ST + AT). Después de un período de entrenamiento de 12 semanas (3x/semana), el aumento en la producción de fuerza fue significativamente mayor en el orden ST + AT (35%) que en el orden AT + ST (22%).

Del mismo modo, Eklund et al. (18) investigaron 3 combinaciones diferentes de ejercicios de fuerza y ??aeróbicos durante el CT: ejercicio aeróbico (AT, ciclismo, alternando intensidad moderada y alta determinada por zonas de frecuencia cardíaca correspondientes a los umbrales aeróbico y anaeróbico) antes del ejercicio de fuerza (ST, ejercicios de la parte inferior del cuerpo, 2 –5 series de 10-20 repeticiones al 40-80% 1RM o 3-10 repeticiones al 80-95% 1RM) en la misma sesión (AT + ST), ejercicio de fuerza antes del ejercicio aeróbico en la misma sesión (ST + AT) , y ejercicios aeróbicos y de fuerza en diferentes días. Los investigadores observaron ganancias similares en fuerza e hipertrofia muscular para los 3 grupos después de 24 semanas de entrenamiento. Sin embargo, las adaptaciones neuronales (es decir, la capacidad de activación voluntaria y la actividad electromiográfica) se vieron comprometidas en el grupo AT + ST en comparación con los otros 2 grupos.

Finalmente, 2 meta-análisis recientes (17, 36) mostraron que el ejercicio de fuerza seguido ejercicio aeróbico fue superior para proporcionar ganancias de fuerza dinámica máxima que el orden inverso. Murlasit et al. (36) seleccionaron estudios con un mínimo de 8 semanas de entrenamiento y observaron una diferencia de 3,96 kg (1 repetición máxima, solo en ejercicios de tren inferior) entre órdenes, mientras que Eddens et al. (17) seleccionaron estudios con un mínimo de 5 semanas y mostraron una diferencia de 6,91% (fuerza dinámica de la parte inferior del cuerpo) entre órdenes. Además, Eddens et al. (17) también analizaron el papel del orden de ejercicios intra-sesión sobre la fuerza estática máxima y la hipertrofia muscular (ejercicios de tren inferior), concluyendo que estas variables no se vieron afectadas por el orden de ejercicios de fuerza/aeróbicos. Por lo tanto, el orden ST + AT parece ser superior solo para el desarrollo de la fuerza dinámica pero no de la fuerza estática, lo que indica que la especificidad del entrenamiento es importante siempre que los ejercicios durante el programa de entrenamiento sean dinámicos y no estáticos. Por lo tanto, el efecto de interferencia aguda de cada sesión de entrenamiento puede contribuir al deterioro a largo plazo de las ganancias de fuerza después de un programa de CT.

Además, considerando la evidencia en la literatura que demuestra que el volumen total de entrenamiento es una variable importante para las ganancias de fuerza e hipertrofia muscular (29,40,44,50,51) y que el volumen agudo realizado se reduce en una sesión de CT (8,30, 31,37,39,43,45,47), es bastante plausible esperar adaptaciones de menor fuerza e hipertrofia después de un período de CT. Sin embargo, aunque la mayoría de los estudios han mostrado efectos agudos de interferencia, algunos han demostrado que en condiciones específicas; estos efectos pueden atenuarse o incluso suprimirse (15,37,47). Las divergencias entre los resultados pueden deberse a algunos componentes del protocolo de entrenamiento, como la intensidad del ejercicio aeróbico y la recuperación del intervalo entre ST y AT, que parecen influir en la aparición del efecto de interferencia aguda.

Las principales variables modificables de los protocolos de AT son la intensidad del ejercicio (15,52), el modo (16,39) y el volumen (43); duración del intervalo de recuperación entre ejercicios (7,8,37); y músculos activos involucrados (15,47). Además, las ayudas ergogénicas también son un factor que se ha considerado para compensar posiblemente el efecto perjudicial de la interferencia en el rendimiento de fuerza durante una sesión de CT (2,3,19,20,47). Si la prioridad del programa de entrenamiento es el desarrollo de la fuerza muscular, todos estos factores deben ser considerados para optimizar la organización y prescripción del CT.

Aunque la hipótesis aguda ha recibido considerable atención por parte de los investigadores, debe quedar claro que no explica todas las adaptaciones crónicas promovidas por el CT. Esta hipótesis está relacionada solo con la reducción en el rendimiento de fuerza durante una sola sesión de entrenamiento cuando el ejercicio aeróbico precede al ejercicio de fuerza y ??no está relacionada con otros efectos que pueden contribuir cuando el CT se realiza en el orden inverso o incluso en días diferentes. Todas las investigaciones relacionadas con las variables incluidas en esta revisión se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Estudios que involucran la interferencia aguda en sesiones de entrenamiento concurrentes (aeróbico seguido de ejercicio de fuerza)

Autores	Variables manipuladas	Protocolo aeróbico	Protocolo de fuerza	Principales resultados
Abernethy (1)	Intensidad del ejercicio aeróbico	Cicloergómetro Continuo de intensidad moderada: 150 min al 35% del $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ o HIIE: 5 x 5:5 min (tasas de trabajo para cada minuto dentro de una repetición correspondiente al 40, 60, 80, 100 y 100% del $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ .)	Extensión de pierna unilateral isocinética (torques generados para 10 velocidades contráctiles ( $0,52-5,20 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ))	↓ ~4% en torque en ambas intensidades de ejercicio aeróbico a diferentes velocidades contráctiles
De Souza et al. (15)	Intensidad del ejercicio aeróbico. Grupos musculares implicados en los ejercicios	Correr en una cinta rodante: 5 km de intensidad moderada de forma continua al 90% de la velocidad AT o HIIE: 1 min a $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ ; 1 min PR	1RM y MNR al 80% de 1RM en ejercicios de press de piernas y press de banca	↓ 27% en MNR en leg press después de HIIE
Salles Painelli et al. (47)	Intensidad del ejercicio aeróbico. Grupos musculares implicados en los ejercicios. Ayudas ergogénicas: suplementación con creatina	Correr en cinta rodante: 5 km de intensidad moderada de forma continua al 90% del VT HIIE: 1 min al 100% $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ ; 1 min de PR	1RM y MNR en 4 series al 80% 1RM en ejercicios de press de piernas y press de banca	↓ ~22% en MNR en prensa de piernas después de HIIE La suplementación con creatina fue efectiva para mantener la MNR en prensa de piernas después de HIIE
Sporer y Wenger (52)	Intensidad del ejercicio aeróbico. Duración del intervalo de recuperación entre ejercicios	Cicloergómetro Intensidad moderada continuamente durante 36 min al ~70% $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ o HIIE—6 x 3 min al 95–100% $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ intercalados por 3 min al 40% $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ Intervalos de recuperación de 4, 8 y 24 h entre ejercicios	MNR en 4 series a ~75% 1RM en ejercicios de press de piernas y press de banca	↓ ~25 y ~9% en MNR a las 4 y 8 h, respectivamente

<b>Divljak (16)</b>	Modo de ejercicio aeróbico	Correr en cinta rodante o cicloergómetro a intensidad moderada de forma continua: 40 min, 80% de la FC máx.	3 repeticiones midiendo el pico de potencia seguido por el volumen total con MNR en 3 series al 80% 1RM en ejercicio de sentadilla	↓ 30% en volumen total en la condición de cicloergómetro
<b>Panisa et al. (39)</b>	Modo de ejercicio aeróbico	Correr en cinta rodante o cicloergómetro: 15 × 1 min al 100% de MAP o MAV: 1 min PR	MNR en 4 series al 80% 1RM en ejercicio de media sentadilla	↓ 35% y 47% del volumen en la primera serie para cinta ergométrica y cicloergómetro, respectivamente ↓ ~36% del volumen en la serie s para cicloergómetro
<b>Bentley et al. (7)</b>	Duración del intervalo de recuperación entre ejercicios	Cicloergómetro: 30 min a LT más 4 × 1:1 min al 120% $i\dot{V}O_{2max}$ realizado 6 o 24 h antes del ejercicio de fuerza	prueba de ciclismo total de 6 s; extensión isocinética máxima de piernas a 60, 120 y 180°·s <sup>-1</sup> ; y una sentadilla con salto máximo concéntrico	↓ 11% en el par máximo a 60°·s <sup>-1</sup> después del intervalo de 6 h ↓ 5% en la fuerza máxima del salto vertical después del intervalo de 6 h
<b>Bentley et al. (8)</b>	Duración del intervalo de recuperación entre ejercicios	Cicloergómetro: 30 min de forma continua al 80% del $i\dot{V}O_{2max}$ más 4 × 1:1 min al 120% del $i\dot{V}O_{2max}$ realizado 10 min o 6 h antes del ejercicio de fuerza	Contracciones voluntarias máximas isométricas del músculo extensor de la rodilla	↓ fuerza de contracción voluntaria máxima a los 10 min (12%) y a las 6 h (6%)
<b>Leverit et al. (32)</b>	Duración del intervalo de recuperación entre ejercicios	Cicloergómetro: 50 min al 70-110% de la PC, realizado 8 o 32 h antes del ejercicio de fuerza	Extensión unilateral de piernas Par isométrico máximo (contracciones máximas de 5 s) (0,52 rad·s <sup>-1</sup> ) Par isocinético máximo (a 1,04, 2,08, 3,14, 4,19, 5,23 y 8,37 rad·s <sup>-1</sup> ) Fuerza isotónica (2 series de 10 repeticiones al 80% del par máximo)	No hubo interferencia



<b>Panisa et al. (37)</b>	Duración del intervalo de recuperación entre ejercicios	Correr en cinta rodante—5 km de HIIE—1 min al 100% de la VAM: 1 min de recuperación pasiva realizada 30 min, 1, 4, 8 y 24 h antes del ejercicio de fuerza	MNR en 4 series al 80% 1RM en ejercicio de media sentadilla	↓23 y 15% en MNR a los 30 min y 1 h, respectivamente
<b>Red et al. (41)</b>	Grupos musculares implicados en los ejercicios.	Cicloergómetro: 45 min al 75% de la FC máx.	MNR en 6 series al 80% 1RM en ejercicios de press de banca y sentadilla trasera	↓ ~15% en MNR acumulativo en la serie 3 para sentadilla trasera
<b>Ribeiro et al. (43)</b>	Volumen de ejercicio aeróbico	Correr en una cinta rodante: 3, 5 o 7 km (~18, 30 y 42 min, respectivamente) en intensidad moderada de forma continua al 90% de la velocidad de AT	1RM y MNR en 4 series al 80% de 1RM en ejercicio de prensa de piernas	↓ 12 y 22% de fuerza resistencia tras 5 y 7 km, respectivamente
<b>Aoki et al. (3)</b>	Ayudas ergogénicas: suplementos de carbohidratos	Correr en una cinta rodante de forma continua: 45 min al 70% $\dot{V}O_{2máx}$	1RM seguido de MNR en 2 series de 70% 1RM en ejercicio de prensa de piernas	La suplementación con carbohidratos fue ineficaz para evitar la interferencia
<b>Freitas et al. (19)</b>	Ayudas ergogénicas: suplementos de beta-alanina	Correr en cinta—5 km de HIIE—1 min al 100% de MAV: 1 min PR	Volumen total y MNR en 4 series de 80% 1RM en ejercicio de prensa de piernas	La suplementación con beta-alanina fue ineficaz para evitar interferencias
<b>Freitas et al. (20)</b>	Ayudas ergogénicas: suplementos de capsaicina	Correr en cinta rodante—5 km de HIIE—1 min a $\dot{V}O_{2máx}$ : 1 min de recuperación pasiva	Volumen total y MNR en 4 series al 70% 1RM en ejercicio de media sentadilla	Suplemento de capsaicina ↑~13% del volumen total
<b>Leveritt y Abernethy (30)</b>	Ayudas ergogénicas: 2 días de dieta baja en carbohidratos	Cicloergómetro: 60 min al 75% de MAP más 4 × 1 min al 100% de MAP: 1 min PR	MNR en 3 series al 80% de 1RM en ejercicio de sentadilla Torque máximo isocinético de extensión de pierna unilateral (0,52 rad·s <sup>-1</sup> ) y extensión de rodilla (5 series de 5 repeticiones a 1,05, 2,09, 3,14, 4,19 y 5,24 rad·s <sup>-1</sup> )	Hubo un efecto negativo moderado en las 2 primeras series de sentadillas y un efecto insignificante en la serie final
<b>Rossi et al. (45)</b>	Ayudas ergogénicas: suplementos de cafeína	Correr en cinta rodante—5 km de HIIE—1 min a $\dot{V}O_{2máx}$ : 1 min de PR	Volumen total y MNR en 4 series al 80% 1RM en ejercicio de media sentadilla	La suplementación con cafeína fue ineficaz para evitar interferencias

↓ = disminución;  $\dot{V}O_{2\text{max}}$  = intensidad asociada con la intensidad máxima de consumo de oxígeno;  $\dot{V}O_{2\text{peak}}$  = intensidad asociada con el consumo máximo de oxígeno; min = minutos; 1RM = 1 repetición máxima; Velocidad AT = velocidad umbral anaeróbica; CP = poder crítico; HIIE = ejercicio intermitente de alta intensidad; FC<sub>máx</sub> = frecuencia cardíaca máxima; PAM = potencia aeróbica máxima; MAV = velocidad aeróbica máxima; MNR = número máximo de repeticiones; PR = recuperación pasiva; VT = umbral ventilatorio.

## INTENSIDAD DEL EJERCICIO AERÓBICO

La intensidad del ejercicio aeróbico parece ser una variable clave en la prescripción de CT. La manipulación de la intensidad da como resultado diferentes demandas sobre los componentes de los sistemas de energía neuromuscular, aeróbico y anaeróbico (10), que a su vez pueden generar diferentes efectos en el rendimiento de la fuerza aguda (15). Todos los estudios que investigaron el efecto de la intensidad del ejercicio aeróbico sobre el rendimiento de la fuerza han utilizado entrenamiento de intervalos de alta intensidad, que se componía de esfuerzos cortos (1 minuto) realizados entre el estado estacionario de lactato máximo y el  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  o  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  (1,15,47,52).

Sporer y Wenger (52) probaron 2 protocolos de ejercicio aeróbico, 1 intermitente de alta intensidad (6 sesiones de 3 minutos al 95-100% del  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  intercaladas con 3 minutos de recuperación activa al 40% del  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ) y otro consistente en ejercicio moderado. Ejercicio continuo de intensidad (36 minutos al 70%  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ), ambos realizados 4 u 8 horas antes del ejercicio de fuerza. Se observaron reducciones similares en el número máximo de repeticiones en el ejercicio de prensa de piernas (4 series al 75% de 1RM hasta el fallo) entre los protocolos (79 y 75% después de 4 y 8 horas de AT) independientemente de la intensidad del ejercicio.

De manera similar, Abernethy (1) no encontró una influencia de la intensidad del ejercicio cuando los ejercicios de fuerza (extensión de piernas en un dinamómetro isocinético Cybex II) se realizaron después de una sesión de ejercicio continuo de intensidad moderada (150 minutos al 35%  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ) o protocolo de ejercicio aeróbico intermitente más intenso (5 series de 5 minutos a 40, 60, 80, 100 y 100%  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  separadas por 5 minutos de recuperación). La reducción en el torque pico isocinético máximo (de 0,52 a 5,20 rad/s) fue similar (74%) después de ambos protocolos de ejercicio aeróbico.

Por otro lado, De Souza et al. (15) investigaron el impacto de 2 protocolos de ejercicio aeróbico sobre la fuerza-resistencia (número máximo de repeticiones al 80% de 1RM) y el rendimiento de la fuerza dinámica máxima (1RM). Los sujetos corrieron 5 km de forma intermitente a alta intensidad (1 minuto:1 minuto al  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ) y de forma continua a intensidad moderada (90% del umbral anaeróbico). Solo se observó que el ejercicio de intervalos de alta intensidad afectaba el rendimiento de fuerza-resistencia de las extremidades inferiores (disminución del 27% en el número máximo de repeticiones), mientras que hubo una tendencia no significativa en la reducción de 1RM.

De manera similar, Salles Painelli et al. (47) investigaron los efectos de 5 km de carrera continua (al 90% del umbral ventilatorio) o intermitente (1 minuto:1 minuto a  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ) sobre la fuerza dinámica máxima (1RM) y la fuerza-resistencia (4 series de repeticiones máximas) al 80% de 1RM) de rendimiento en el ejercicio de prensa de piernas. Corroborando los resultados del estudio de De Souza et al. (15), se observó una reducción del 22% en el volumen total de fuerza-resistencia solo después del protocolo

de ejercicio aeróbico intermitente de alta intensidad.

En resumen, parece que el rendimiento de fuerza-resistencia se ve más afectado por la intensidad del ejercicio aeróbico (mayor reducción tras ejercicios interválicos de alta intensidad), mientras que la fuerza dinámica máxima parece no verse afectada en los ejercicios isotónicos; sin embargo, se ve afectado en el ejercicio isocinético, cuando se consideran los mismos grupos musculares.

## **MODO DE EJERCICIO AERÓBICO**

Otro factor que se debe considerar cuando se analizan los efectos de la interferencia del CT es el modo de ejercicio aeróbico. Los ejercicios aeróbicos habituales como la carrera y el ciclismo muestran diferentes características de movimiento, exigencias fisiológicas, predominio de la acción muscular (concéntrica y excéntrica) e incluso patrones de reclutamiento de unidades motoras (9,34,35). Por lo tanto, el modo de ejercicio aeróbico puede afectar el rendimiento de fuerza subsiguiente durante una sesión de CT.

Panisa et al. (39) estudiaron los efectos agudos de 2 modos de ejercicio aeróbico sobre el rendimiento de fuerza-resistencia. Diez individuos físicamente activos fueron sometidos a 3 condiciones experimentales: solo ST, ejercicio aeróbico de carrera seguido de ST y ejercicio aeróbico de ciclismo seguido de ST. El ST consistió en 4 series de repeticiones máximas de media sentadilla al 80% de 1RM y ejercicio aeróbico realizado de forma intermitente (15 series de 1 minuto:1 minuto al 100% de la potencia aeróbica máxima). Ambos modos de ejercicio aeróbico causaron una atenuación en el volumen total realizado en la primera serie de ejercicios en comparación con la primera serie de la condición solo ST (?35% y ?47% para cinta rodante y cicloergómetro, respectivamente). Sin embargo, para la segunda serie, solo el ejercicio de ciclismo mostró una reducción significativa (?36%) en el rendimiento de la fuerza en comparación con la segunda serie de la condición solo ST.

Resultados similares se mostraron en un estudio de Divljak (16). En este estudio, el volumen ST total realizado (3 series al 80% de 1RM hasta el fallo de la tarea en el ejercicio de sentadillas) fue aproximadamente un 30% más bajo después de 40 minutos de ciclismo (80% de la frecuencia cardíaca máxima) en comparación con correr a la misma intensidad. Así, ambos estudios (16,39) mostraron que la magnitud de la interferencia es mayor después del ejercicio de ciclismo. Sin embargo, es necesario investigar la influencia de otras modalidades de ejercicio aeróbico (p. ej., natación, remo, ejercicio elíptico, etc.) en el rendimiento de fuerza subsiguiente.

La presente revisión no pretende abordar los efectos crónicos, pero debemos mencionar que, aunque se observaron disminuciones agudas en mayor magnitud después del ejercicio de ciclismo aeróbico, existe alguna evidencia de que, a largo plazo, correr puede tener un mayor impacto en las ganancias de fuerza e hipertrofia (22, 53). A pesar de los resultados divergentes entre los efectos agudos y crónicos, es posible notar que la modalidad de ejercicio aeróbico puede alterar la magnitud de la interferencia negativa sobre el rendimiento de la fuerza.

## **DURACIÓN DEL INTERVALO DE RECUPERACIÓN ENTRE EJERCICIOS**

Aunque el rendimiento de la fuerza puede verse afectado después de una sesión de ejercicio aeróbico, parece que, si hay un intervalo de tiempo suficiente para la

recuperación entre ambos ejercicios, el efecto de interferencia puede eliminarse o al menos minimizarse (7, 8, 37).

Bentley et al. (7) investigaron 2 duraciones diferentes de intervalos de descanso (6 y 24 horas) entre sesiones aeróbicas y de fuerza. El ejercicio aeróbico estuvo compuesto por 30 minutos de ciclismo en el umbral de lactato (más 4 series de 1 minuto:1 minuto al 120%  $\dot{V}O_2$  máx). Se observaron reducciones en el torque máximo de extensión de rodilla (11%) y la fuerza máxima en la fase concéntrica del salto vertical (5%) solo después del intervalo de 6 horas, lo que sugiere que un período de recuperación de 24 horas es suficiente para eliminar la interferencia aguda. En un estudio posterior, pero utilizando un protocolo de ejercicio aeróbico similar, Bentley et al. (8) encontraron un rendimiento reducido estadísticamente significativo después de intervalos de 6 horas en la fuerza de contracción voluntaria máxima.

Leverit et al. (32) también exploraron el efecto de diferentes duraciones de intervalos (8 y 32 horas) sobre la fuerza máxima (1RM) y el rendimiento de fuerza-resistencia (5 series de repeticiones máximas consecutivas en 6 velocidades contráctiles 1,04, 2,08, 3,14, 4,19, 5,23 y 8,37 rad·s<sup>-1</sup> de extensión de pierna). No se observaron reducciones en la fuerza después de cualquier condición precedida por 50 minutos de ejercicio aeróbico al 70-100% de la potencia crítica (es decir, una asíntota de la curva potencia × duración). Sin embargo, debido a que los sujetos no ejecutaron los ejercicios de fuerza inmediatamente después de la sesión aeróbica, es difícil determinar con precisión el papel del intervalo de recuperación en la atenuación del efecto de interferencia.

En un diseño experimental más elaborado, Sporer y Wenger (52) evaluaron el rendimiento de fuerza-resistencia (4 series de repeticiones máximas al 75% de 1RM) 4, 8 y 24 horas después de un ejercicio aeróbico realizado con 2 protocolos diferentes: 36 minutos de ejercicio continuo carrera al 70%  $\dot{V}O_2$  máx o carrera intermitente que consta de 6 tandas de 3 minutos (al 95–100%  $\dot{V}O_2$  máx: 3 minutos de recuperación). Se observaron disminuciones en el volumen total del ejercicio de prensa de piernas después de 4 y 8 horas de recuperación, con un mayor efecto después de 4 horas (25%) en comparación con 8 horas (9%). Por otro lado, un intervalo de 24 horas no resultó en un efecto de interferencia significativo. Estos resultados ocurrieron independientemente del protocolo de ejercicio aeróbico.

Finalmente, Panissa et al. (37) investigaron un ejercicio aeróbico intermitente de alta intensidad (5 km, 1 minuto:1 minuto al 100% de la velocidad aeróbica máxima) sobre el rendimiento de fuerza-resistencia (4 series de repeticiones máximas al 80% de 1RM) realizado después de 30 minutos, 1 Intervalos de recuperación de 4, 8 y 24 horas. El volumen total del ejercicio de media sentadilla disminuyó solo después de 30 minutos y 1 hora (23 y 15%, respectivamente), pero no se vio afectado después del intervalo de recuperación de 4, 8 y 24 horas.

Por lo tanto, parece que el efecto de interferencia puede depender de la duración del intervalo de recuperación entre los ejercicios de fuerza y ??aeróbicos. De acuerdo con la evidencia encontrada en la literatura, el rendimiento de la fuerza (es decir, la fuerza máxima y la resistencia de la fuerza) no se ve significativamente afectado después de un intervalo de recuperación de entre 4 y 8 horas, sin cambios en el rendimiento después de 24 horas. Cabe señalar que los estudios de Bentley et al. (7,8) realizaron pruebas de resistencia el mismo día, por lo que los resultados deben interpretarse con cautela porque pueden sobreestimar el efecto de interferencia.

## GRUPOS MUSCULARES IMPLICADOS EN LOS EJERCICIOS

Independientemente del protocolo de CT aplicado, existe consenso en que el efecto de interferencia solo ocurrirá en los grupos musculares activos tanto en ejercicios aeróbicos como de fuerza (15,41,47,52). Por ejemplo, De Souza et al. (15) y Salles Painelli et al. (47) usaron protocolos de ejercicio aeróbico similares, corriendo 5 km de forma intermitente a alta intensidad (1 minuto:1 minuto al  $\dot{V}O_2\text{máx}$ ) y de forma continua a intensidad moderada (90% del umbral anaeróbico). Luego se examinaron los efectos sobre el rendimiento de fuerza-resistencia en los ejercicios de la parte inferior y superior del cuerpo (número máximo de repeticiones al 80% 1RM en la pierna y press de banca). No se encontró ningún efecto de interferencia en el ejercicio de fuerza de la parte superior del cuerpo; sin embargo, la resistencia de la fuerza de la parte inferior del cuerpo se vio afectada negativamente después de la carrera intermitente de alta intensidad.

Otro estudio que respalda estos hallazgos fue realizado por Reed et al. (41). En esta investigación, 9 individuos entrenados en fuerza fueron sometidos a 4 condiciones experimentales: una serie de cicloergómetro seguida de ejercicio de press de banca, solo ejercicio de press de banca, serie de cicloergómetro seguida de ejercicio de sentadilla trasera y ejercicio de sentadilla trasera solamente. La serie aeróbica en cicloergómetro se realizó durante 45 minutos al 75% de la frecuencia cardíaca máxima, y los ejercicios de fuerza comprendieron 6 series de un número máximo de repeticiones al 80% de 1RM. Solo el ejercicio de sentadilla trasera mostró una reducción significativa en el número de repeticiones hasta la serie 3 (15%) después de la serie de ejercicio aeróbico. Por lo tanto, se confirma que la interferencia solo ocurre en los grupos musculares que se reclutan principalmente en ambos ejercicios (es decir, miembros inferiores para ejercicios aeróbicos y de fuerza).

Por lo tanto, concluimos que la inclusión de ejercicio aeróbico no afecta el rendimiento de fuerza posterior cuando los ejercicios aeróbicos y de fuerza son realizados por diferentes grupos musculares.

## VOLUMEN DE EJERCICIO AERÓBICO

Se ha demostrado que existe una relación antagónica entre el rendimiento de la fuerza muscular y la duración del ejercicio de carrera, con una mayor reducción de la fuerza después de una distancia o tiempo más prolongado (34). El deterioro de la fuerza ocurre debido a una reducción en el impulso voluntario hacia los músculos activos (es decir, fatiga central) y en la capacidad de producción de fuerza muscular (es decir, fatiga periférica) (35).

Encontramos solo 1 estudio que investigó el efecto del volumen de ejercicio de carrera en el rendimiento de fuerza subsiguiente (43). En este estudio, 21 hombres físicamente activos fueron sometidos a 3, 5 y 7 km (duración de 18, 30 y 42 minutos, respectivamente) de carrera continua (90% de la velocidad umbral anaeróbica), seguida de 1RM o una prueba de fuerza-resistencia (4 series de repeticiones máximas al 80% de 1RM) en el ejercicio de prensa de piernas. Se observaron reducciones significativas en el rendimiento de fuerza-resistencia después de las condiciones de 5 km (12%) y 7 km (22%) en comparación con la condición de solo fuerza. Además, el rendimiento de fuerza-resistencia en la condición de 7 km fue menor que en las condiciones de 3 km (14%) y 5 km (12%), mientras que no se observó ningún efecto sobre la fuerza máxima. Por lo

tanto, este estudio demostró que realizar una carrera de 3 km al 90% del umbral anaeróbico no perjudicó el rendimiento de fuerza posterior; sin embargo, se observó resistencia a la fuerza, principalmente después de 7 km.

Por lo tanto, la reducción en el rendimiento de la fuerza depende del volumen de ejercicio aeróbico al menos en la actividad de carrera. Es importante tener en cuenta que el ejercicio de prensa de piernas no utilizó los mismos músculos que correr, y es una limitación en este tema.

## **AYUDAS ERGOGÉNICAS**

Para eliminar o, al menos, minimizar los efectos agudos de interferencia, algunas investigaciones han considerado la utilización de ayudas ergogénicas (2,3,19,20,30,45).

Es bien sabido que el glucógeno muscular es un combustible importante tanto para ejercicios aeróbicos como de fuerza (3,30). Por lo tanto, una posible explicación para la reducción del rendimiento en los ejercicios de fuerza posteriores sería la disminución de las reservas de glucógeno en el hígado y los músculos (30). Para probar si la interferencia aguda podría estar asociada con reservas de energía más bajas, Leveritt y Abernethy (30) investigaron el efecto de la disminución de la reserva de carbohidratos sobre la fuerza máxima y el rendimiento de fuerza-resistencia. Después de una sesión de ejercicio aeróbico (60 minutos de ciclismo al 75% de la potencia aeróbica máxima, seguidos de 4 series de 1 minuto al 100% de la potencia aeróbica máxima) combinada con 2 días de dieta baja en carbohidratos ( $1,2 \pm 0,5$  g/kg/d), observaron que el rendimiento de fuerza-resistencia ( $3 \times 80\%$  1RM del volumen total de ejercicio de sentadillas) se vio afectado negativamente en comparación con una condición de control (solo ejercicio de fuerza).

Similar al trabajo realizado por Leveritt y Abernethy (30), Aoki et al. (3) examinaron si la ingesta de carbohidratos podía atenuar los efectos agudos de interferencia. En este estudio, un grupo consumió 500 ml de una solución de maltodextrina al 6% antes y durante la sesión de ejercicio aeróbico (45 minutos al 70% del VO<sub>2</sub> pico), mientras que el otro grupo recibió un placebo. No se encontraron diferencias entre los grupos en el rendimiento de la fuerza (2 series en prensa de piernas al 70% de 1RM con repeticiones hasta el fallo), aunque el número máximo de repeticiones fue menor en ambas situaciones en comparación con la condición control. Parece que una marcada reducción en las reservas de glucógeno puede causar una interferencia negativa en el volumen total realizado como lo demostraron Leveritt y Abernethy (30); sin embargo, los hallazgos de Aoki et al. (3) sugieren que el ejercicio aeróbico probablemente no redujo las reservas de glucógeno lo suficiente como para causar interferencia, lo que hace innecesaria la suplementación.

Por el contrario, Salles Painelli et al. (47) encontraron los efectos positivos de la suplementación con creatina (20 g·d<sup>-1</sup> durante 7 días seguidos de 5 g·d<sup>-1</sup> durante todo el estudio) sobre la fuerza dinámica máxima (1RM) y la fuerza-resistencia (4 series de repeticiones máximas en 80% 1RM) después de series de carrera de 5 km (continuamente al 90% del umbral ventilatorio o intermitentemente 1 minuto:1 minuto iV?O<sub>2</sub>máx). Es importante señalar que el protocolo de suplementación utilizado en el estudio realizado por Salles Painelli et al. (47) ha demostrado previamente ser eficaz para aumentar las reservas de creatina en los músculos. La suplementación con creatina puede aumentar la creatina libre de músculo, lo que favorece una reposición más rápida

de fosfato de creatina y mejora la recuperación del ejercicio intenso. Los autores observaron una reducción del volumen total del 22% en el ejercicio de prensa de piernas después del protocolo aeróbico intermitente solo para el grupo placebo. Los individuos suplementados con creatina no mostraron signos de ningún efecto de interferencia aguda. Por lo tanto, parece que el aumento de las reservas de creatina muscular antes de una sesión de CT puede prevenir la disminución del rendimiento de fuerza-resistencia después del ejercicio aeróbico.

Otro tipo de ayuda ergogénica utilizada en los estudios de CT es la cafeína (45). La cafeína puede retrasar la fatiga debido a su acción en el sistema nervioso central (27). Rossi et al. (45) investigaron los efectos de la suplementación con cafeína sobre el rendimiento de fuerza-resistencia (4 series de repeticiones máximas al 80% de 1RM) en el ejercicio de media sentadilla después de correr 5 km de forma intermitente (1 minuto:1 minuto al  $\dot{V}O_2$  máx). Estos hallazgos no demostraron ningún efecto significativo sobre el rendimiento de fuerza-resistencia (volumen total) en comparación con la condición de control.

También se ha probado la suplementación con beta-alanina, en relación con sus efectos potenciales sobre el CT (19). La beta-alanina puede aumentar la carnosina intramuscular que es un ion de hidrógeno tampón y atenuar las reducciones en el pH después del ejercicio intenso (48). Freitas et al. (19) utilizaron 6,4 g/d de beta-alanina durante 28 días; antes y después de este período, los participantes realizaron 5 km de carrera intermitente de alta intensidad (1 minuto:1 minuto a velocidad aeróbica máxima) seguida de ST (4 series del 80% de 1RM en prensa de piernas). La pérdida de fuerza después del ejercicio aeróbico no fue prevenida ni atenuada después de 28 días de suplementación con beta-alanina.

Finalmente, Freitas et al. (20) compararon el número máximo de repeticiones (4 series al 70% de 1RM) en el ejercicio de media sentadilla precedido de 5 km de carrera intermitente de alta intensidad (1 minuto:1 minuto al  $\dot{V}O_2$  máx) entre un placebo y un análogo de capsaicina (12 mg) suplemento. El análogo de capsaicina es una sustancia bioactiva que se encuentra en varias especies de pimienta. La capsaicina y sus análogos agonizan el receptor potencial transitorio vanilloid-1 (TRVP-1) en el músculo, lo que aumenta la liberación de calcio, lo que da como resultado una mejor interacción entre los filamentos de actina y miosina y una mayor producción de fuerza. El volumen de entrenamiento (número máximo de repeticiones  $\times$  carga) fue mayor ( $2077,6 \pm 465,2$  versus  $1838,9 \pm 624,1$  kg) en la condición del análogo de capsaicina.

A la luz de los hallazgos antes mencionados, la suplementación con carbohidratos, cafeína y beta-alanina no puede eliminar o atenuar los efectos de la interferencia aguda, pero la suplementación con creatina y análogos de capsaicina pueden ser herramientas útiles para mitigar la disminución en el rendimiento de fuerza después de un episodio de ejercicio aeróbico, al menos en los protocolos investigados por estos autores.

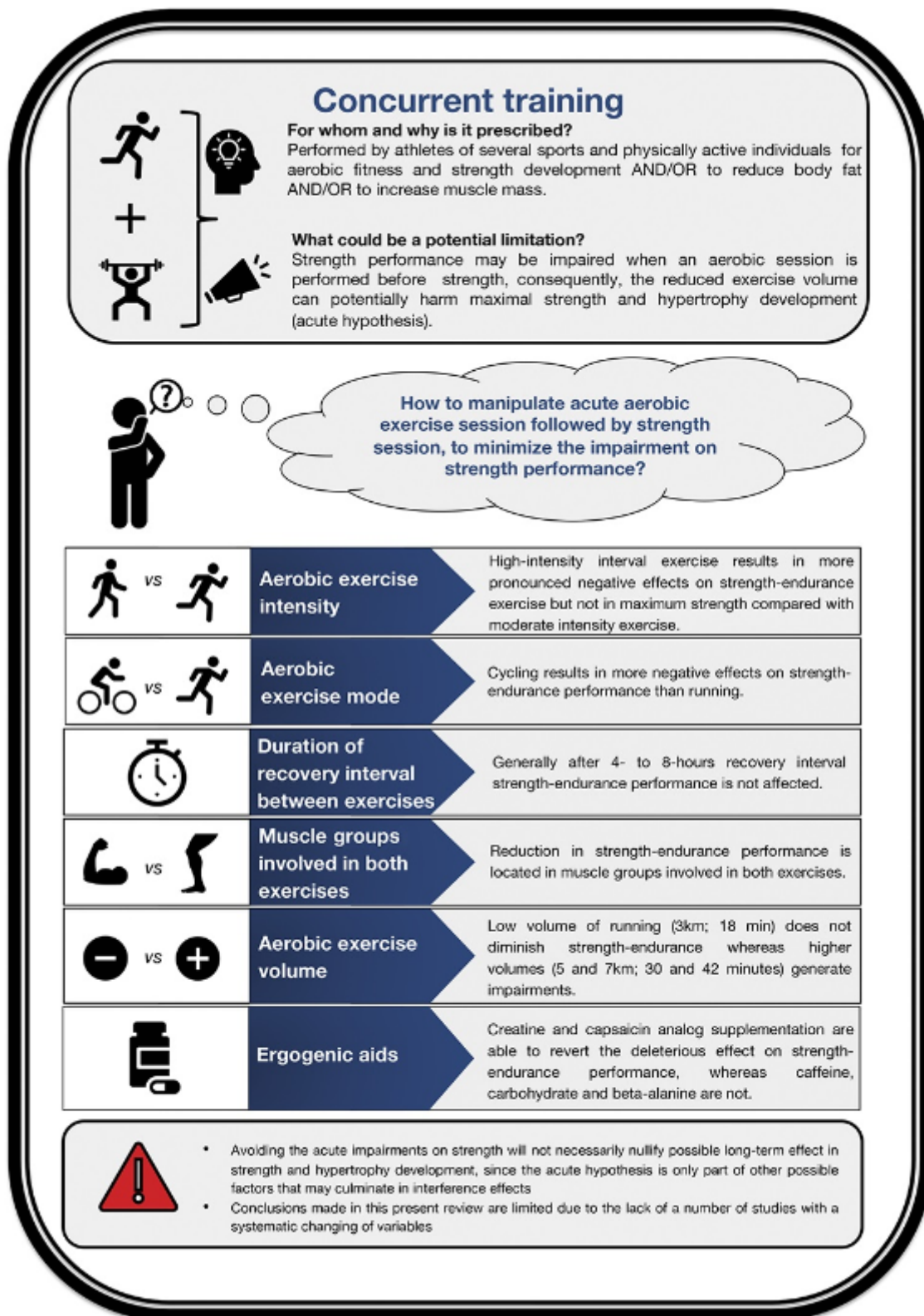
## **CONCLUSIONES**

Con base en los estudios incluidos en esta revisión, podemos concluir que, con respecto a la intensidad del ejercicio aeróbico, los ejercicios de intervalos de alta intensidad dieron como resultado efectos negativos más pronunciados en el rendimiento de fuerza-resistencia pero no en la fuerza máxima en comparación con el ejercicio de intensidad moderada. Con respecto a la modalidad de ejercicio aeróbico, el ciclismo resultó en más

efectos negativos sobre el rendimiento de fuerza-resistencia que la carrera. En cuanto al volumen de ejercicio aeróbico, aunque encontramos solo 1 estudio que investigó esta variable, indicó que el volumen bajo (3 km, ?18 minutos) no disminuyó el rendimiento de fuerza-resistencia, mientras que los volúmenes más altos (5 y 7 km, ?30 y ?42 minutos, respectivamente) generaron deterioros.

Algunas pruebas señalaron que el rendimiento de fuerza-resistencia se recupera después de un intervalo de recuperación de 4 a 8 horas entre actividades. Además, la reducción en el rendimiento de fuerza-resistencia se localiza solo en los grupos musculares involucrados en ambos ejercicios. Finalmente, aunque la cafeína, los carbohidratos y la beta-alanina no pudieron revertir el efecto nocivo sobre el rendimiento de fuerza-resistencia, la suplementación con creatina y análogos de capsaicina sí pudieron hacerlo. Las conclusiones de este estudio también se pueden ver en la infografía (Figura 1).





**Figura 1. Resumen de las principales conclusiones sobre el entrenamiento concurrente.**

Es importante señalar que las conclusiones de esta revisión son limitadas debido a la falta de un mayor número de estudios con un cambio sistemático de variables. Debido a que las sesiones aeróbicas y de fuerza concurrentes están compuestas por muchas variables, es importante que, para atenuar o evitar deterioros agudos en la fuerza, los

profesionales y entrenadores tomen en consideración las características del protocolo de ejercicio antes de aplicar las conclusiones descritas en la presente revisión. También es necesario señalar que evitar las deficiencias agudas en la fuerza no necesariamente anulará los posibles efectos a largo plazo en el desarrollo de la fuerza y ??la hipertrofia porque la hipótesis aguda es solo una parte de otros posibles factores que pueden culminar en efectos de interferencia.

## REFERENCIAS

1. Abernethy PJ. Influence of acute endurance activity on isokinetic strength. *J Strength Cond Res* 7: 141–146, 1993.
2. Aoki MS, Gomes RV, Raso V. Creatine supplementation attenuates the adverse effect of endurance exercise on subsequent resistance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 36: S334–S335, 2004.
3. Aoki MS, Pontes Junior FL, Navarro F, Uchida MC, Bacurau RFP. Carbohydrate supplementation fails to revert the effect of endurance exercise on subsequent strength exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 35: S368, 2003.
4. Baker D. The effects of an in-season of concurrent training on the maintenance of maximal strength and power in professional and college-aged rugby league football players. *J Strength Cond Res* 15: 172–177, 2001.
5. Balabinis CP, Psarakis CH, Moukas M, Vassiliou MP, Behrakis PK. Early phase changes by concurrent endurance and strength training. *J Strength Cond Res* 17: 393–401, 2003.
6. Bell GJ, Syrotuik D, Martin TP. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol* 81: 418–427, 2000.
7. Bentley DJ, Zhou S, Davie AJ. The effect of endurance exercise on muscle force generating capacity of the lower limbs. *J Sci Med Sport* 1: 179–188, 1998.
8. Bentley DJ, Smith PA, Davie JA, Shi Z. Muscle activation of the knee extensors following high intensity endurance exercise in cyclists. *Eur J Appl Physiol* 81: 297–302, 2000.
9. Bijker K, De Groot G, Hollander A. Differences in leg muscle activity during running and cycling in humans. *Eur J Appl Physiol* 87: 556–561, 2002.
10. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports Med* 43: 927–954, 2013.
11. Cadore EL, Izquierdo M, Alberton CL, et al. Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. *Exp Gerontol* 47: 164–169, 2012.
12. Costill DL, Coyle EF, Fink WF, Lesmes GR, Witzmann FA. Adaptations in skeletal muscle following strength training. *J Appl Physiol Respirat Environ Exerc Physiol* 46: 96–99, 1979.

13. Craig BW, Lucas J, Pohlman R, Herbert S. Effects of running, weightlifting and a combination of both on growth hormone release. *J Appl Sport Sci Res* 5: 198–203, 1991.
14. De Souza EO, Tricoli V, Aoki MS, et al. Effects of concurrent strength and endurance training on genes related to myostatin signaling pathway and muscle fiber responses. *J Strength Cond Res* 28: 3215–3223, 2014.
15. De Souza EO, Tricoli V, Franchini E, et al. Acute effect of two aerobic exercise modes on maximum strength and strength endurance. *J Strength Cond Res* 21: 286–290, 2007.
16. Divljak G. Acute Effect of Continuous Running or Cycling Exercise on Subsequent Strength Performance: A Concurrent Training Study [Master's Thesis]. Stockholm, Sweden: Swedish School of Sport and Health Sciences, 2016.
17. Eddens L, Van Someren K, Howatson G. The role of intra-session exercise sequence in the interference effect: A systematic review with meta-analysis. *Sports Med* 48: 177–188, 2017.
18. Eklund D, Pulverenti T, Bankers S, et al. Neuromuscular adaptations to different modes of combined strength and endurance training. *Int J Sports Med* 36: 120–129, 2015.
19. Freitas MC, Cholewa JM, Panissa VLG, et al. Short-time  $\beta$ -alanine supplementation on the acute strength performance after high-intensity intermittent exercise in recreationally trained men. *Sports* 7: 108, 2019.
20. Freitas MC, Cholewa JM, Panissa VLG, et al. Acute capsaicin supplementation improved resistance exercise performance performed after a high-intensity intermittent running in resistance-trained men. *J Strength Cond Res* 2019. [epub ahead of print].
21. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al. American college of sports medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 43: 1334–1359, 2011.
22. Gergley JC. Comparison of two lower-body modes of endurance training on lower-body strength development while concurrently training. *J Strength Cond Res* 23: 979–987, 2009.
23. Gravelle BL, Blessing DL. Physiological adaptation in women concurrently training for strength and endurance. *J Strength Cond Res* 14: 5–13, 2000.
24. Häkkinen K, Alen M, Kraemer WJ, et al. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *Eur J Appl Physiol* 89: 42–52, 2003.
25. Hickson RC. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *Eur J Appl Physiol* 45: 255–263, 1980.
26. Holloszy JO, Coyle EF. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol* 56: 831–838, 1984.

27. Koenig J, Jarczok MN, Kuhn W, et al. Impact of caffeine on heart rate variability: A systematic review. *J Caff Res* 3: 22–37, 2013.
28. Kraemer WJ, Patton JF, Gordon SE, et al. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J Appl Physiol* 78: 976–989, 1995.
29. Krieger JW. Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: A meta-analysis. *J Strength Cond Res* 24: 1150–1159, 2010.
30. Leveritt M, Abernethy P. Effects of carbohydrate restriction on strength performance. *J Strength Cond Res* 13: 52–57, 1999.
31. Leveritt M, Abernethy PJ. Acute effects of high intensity endurance exercise on subsequent resistance activity. *J Strength Cond Res* 13: 47–51, 1999.
32. Leveritt M, Maclaughlin H, Abernethy PJ. Changes in leg strength 8 and 32 h after endurance exercise. *J Sports Sci* 18: 865–871, 2000.
33. McCarthy JP, Pozniak MA, Agre JC. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 34: 511–519, 2002.
34. Millet GY, Lepers R. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. *Sports Med* 34: 105–116, 2004.
35. Millet GP, Vleck VE, Bentley DJ. Physiological differences between cycling and running: Lessons from triathletes. *Sports Med* 39: 179–206, 2009.
36. Murlasits Z, Kneffel Z, Thalib L. The physiological effects of concurrent strength and endurance training sequence: A systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci* 36: 1212–1219, 2018.
37. Panissa VLG, Cal Abad CC, Julio UF, Andreato LV, Franchini E. High-intensity intermittent exercise and its effects on heart rate variability and subsequent strength performance. *Front Physiol* 7: 81, 2016.
38. Panissa VLG, Fukuda DH, De Oliveira FP, et al. Maximum strength development and volume-load during concurrent high intensity intermittent training plus strength or strength-only training. *J Sports Sci Med* 17: 623, 2018.
39. Panissa VLG, Tricoli VA, Julio UF, et al. Acute effect of high-intensity aerobic exercise performed on treadmill and cycle ergometer on strength performance. *J Strength Cond Res* 29: 1077–1082, 2015.
40. Ralston GW, Kilgore L, Wyatt FB, Buchan D, Baker JS. Weekly training frequency effects on strength gain: A meta-analysis. *Sports Med Open* 4: 1–24, 2018.
41. Reed JP, Schilling BK, Murlasits Z. Acute neuromuscular and metabolic responses to concurrent endurance and resistance exercise. *J Strength Cond Res* 27: 793–801, 2013.
42. Reilly R, Morris T, Whyte G. The specificity of training prescription and physiological assessment: A review. *J Sports Sci* 27: 575–589, 2009.

43. Ribeiro N, Ugrinowitsch C, Panissa VLG, Tricoli V. Acute effects of aerobic exercise performed with different volumes on strength performance and neuromuscular parameters. *Eur J Sport Sci* 19: 287–294, 2019.
44. Robbins DW, Marshall PW, McEwen M. The effect of training volume on lower-body strength. *J Strength Cond Res* 26: 34–39, 2012.
45. Rossi FE, Panissa VLG, Monteiro PA, et al. Caffeine supplementation affects the immunometabolic response to concurrent training. *J Exerc Rehab* 13: 179, 2017.
46. Sale DG, MacDougall JD, Jacobs I, Garner S. Interaction between concurrent strength and endurance training. *J Appl Physiol* 68: 260–270, 1990.
47. Salles Painelli V, Alves VT, Ugrinowitsch C, et al. Creatine supplementation prevents acute strength loss induced by concurrent exercise. *Eur J Appl Physiol* 114: 1749–1755, 2014.
48. Saunders B, Elliott-Sale K, Artioli GG, et al. Beta-alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 51: 658–669, 2017.
49. Shaw BS, Shaw I, Brown GA. Comparison of resistance and concurrent resistance and endurance training regimes in the development of strength. *J Strength Cond Res* 23: 2507–2514, 2009.
50. Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci* 35: 1073–1082, 2017.
51. Sooneste H, Tanimoto M, Kakigi R, Saga N, Katamoto S. Effects of training volume on strength and hypertrophy in young men. *J Strength Cond Res* 27: 8–13, 2013.
52. Sporer BC, Wenger H. Effects of aerobic exercise on strength performance following various periods of recovery. *J Strength Cond Res* 17: 638–644, 2003.
53. Wilson JM, Marin PJ, Rhea MR, et al. Concurrent training: A meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *J Strength Cond Res* 26: 2293–2307, 2012.

**Link to Original article:** <https://www.congresodefuerza.com/journal-nsca-spain/entrenamiento-concurrente-e-interferencia-aguda-sobre-la-fuerza-revision-de-las-variables-relevantes?elem=301625>