

Article

Efectos de la Distribución de la intensidad del Entrenamiento sobre el Rendimiento de Resistencia - Una Revisión Sistemática de Estudios Controlados Aleatorizados

Michael Rosenblat

RESUMEN

Al diseñar un programa de entrenamiento de resistencia se deben considerar varias variables con el fin de limitar la fatiga y optimizar el rendimiento. La intensidad del entrenamiento es una variable importante que puede ser manejada de tal manera que pueda producir una mejora o un deterioro en el rendimiento. Existen tres zonas fisiológicas de entrenamiento que pueden ser utilizadas para determinar la intensidad del entrenamiento al diseñar un programa de entrenamiento de resistencia. La Zona 1 (Z1) está por debajo del umbral del lactato (LT1) o umbral aeróbico. La Zona 2 (Z2) está situada entre el LT1 y el LT2 (umbral anaeróbico) y la Zona 3 (Z3) se ubica por encima del LT2. Un programa de entrenamiento ideal incluirá una distribución adecuada entre estas zonas de entrenamiento. Los dos modelos de distribución de entrenamiento comunes incluyen un modelo de entrenamiento polarizado (POL) y un modelo de entrenamiento en umbral (THR). El POL consiste aproximadamente en 80%, 5% y 15% de entrenamiento en Z1, Z2, y Z3 respectivamente. El THR consiste en 45%, 35% y 20% de entrenamiento en Z1, Z2, y Z3. El propósito de esta revisión es revisar sistemáticamente la evidencia disponible sobre los efectos de los diferentes modelos de distribución de la intensidad del entrenamiento sobre los marcadores de rendimiento de resistencia. Hay evidencia de nivel moderado que demuestra que un modelo POL produce mayores mejoras en el tiempo de carrera de 10 km que las que produce el modelo THR en corredores recreativos y de sub élite. Hay evidencia de bajo nivel que demuestra que un modelo POL produce mejoras en la economía de carrera en los atletas de resistencia competitivos (esquí a campo traviesa, ciclismo, triatlón, corredores de fondo y medio fondo). Hay evidencia de bajo nivel que demuestra que un modelo POL produce aumentos en VO_{2max} mayores a los que producen los modelos THR o entrenamiento de alto volumen (HVT) en atletas de resistencia competitivos (esquí a campo traviesa, ciclismo, triatlón, corredores de fondo y medio fondo). Es necesario realizar investigaciones precisas para evaluar los mecanismos por los cuales la alteración en la distribución del entrenamiento mejora el rendimiento. Se necesitan estudios con mejores diseños metodológicos que aporten resultados más conclusivos sobre los efectos de diferentes modelos de entrenamiento en el rendimiento de resistencia.

INTRODUCCIÓN

Hay numerosas variables para considerar al diseñar un programa de entrenamiento de resistencia con el fin de limitar la

fatiga y optimizar el rendimiento. La intensidad del entrenamiento es una variable importante que puede ser manejada de tal manera que pueda mejorar o deteriorar el rendimiento.

Existen tres zonas fisiológicas de entrenamiento que pueden ser utilizadas para determinar la intensidad del entrenamiento al diseñar un programa de entrenamiento de resistencia (6). Zona 1 (Z1) está por debajo del umbral del lactato (LT1) o umbral aeróbico. Zona 2 (Z2) entre el LT1 y el LT2 (umbral anaeróbico) y la zona 3 (Z3) por encima del LT2. Un programa de entrenamiento ideal debería incluir una distribución apropiada entre estas zonas de entrenamiento. Los dos modelos de distribución de entrenamiento comunes incluyen un modelo de entrenamiento polarizado (POL) y un modelo de entrenamiento umbral (THR). El modelo POL consiste aproximadamente en 80%, 5%, y 15% de entrenamiento en Z1, Z2, y Z3 respectivamente. El modelo THR está compuesto por 45%, 35% y 20% de entrenamiento en Z1, Z2 y Z3 respectivamente.

Varios estudios prospectivos, observacionales que analizaron la distribución de las intensidades de entrenamiento de esquiadores a campo traviesa de élite, remeros de élite y triatletas *ironman* presentaban un diseño de entrenamiento polarizado (2, 5, 7, 9). En los últimos años se han realizado varios estudios de gran calidad en los cuales se compararon los efectos de POL y THR. En la actualidad no existe ninguna revisión sistemática de estudios controlados aleatorizados que haya analizado los efectos de la distribución de la intensidad de entrenamiento sobre el rendimiento de resistencia. El propósito de esta revisión fue estudiar sistemáticamente la evidencia disponible de los efectos de diferentes modelos de distribución de la intensidad del entrenamiento sobre los marcadores de rendimiento de resistencia.

Variables de Medición

Las variables de medición incluidas en estos estudios son las relacionadas al rendimiento en carreras (tiempo en carrera de 10 km), rendimiento en ciclismo (tiempos de eventos de ciclismo de 40 km), economía de trabajo, VO_{2max} (absoluto y relativo), producción de potencia en el umbral aeróbico (PO@LT1), producción de potencia máxima (PPO) y cambios en el músculo esquelético (transportador monocarboxilato (MCT1, MCT4)).

Objetivos

1. ¿Qué tipo de distribución de intensidad de entrenamiento produce los mayores aumentos en el rendimiento de resistencia?
2. ¿Qué tipo de modelo de distribución de intensidad de entrenamiento tiene el mayor efecto sobre los marcadores fisiológicos de rendimiento en atletas de resistencia?

MÉTODOS

Estrategia de Búsqueda

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos *Pubmed* y *Medline*. Los términos utilizados para realizar la búsqueda fueron: distribución de la intensidad de entrenamiento. Las limitaciones incluyeron: humanos, estudios controlados, inglés, aleatorizados.

Criterio de Selección

Los artículos se seleccionaban si incluían sujetos que fueran considerados atletas de resistencia entrenados o altamente entrenados y que tuvieran entre 18 y 65 años de edad. Se excluyeron aquellos artículos que incluyeran deportes considerados de naturaleza anaeróbica, individuos desentrenados o sujetos con alguna patología.

RESULTADOS

Búsqueda

La búsqueda bibliográfica se realizó el 28 de diciembre de 2014. La búsqueda en *Pubmed* y *Medline* arrojó un total de 64 y 3 artículos respectivamente. Se seleccionaron cuatro artículos luego de quitar los artículos que no cumplieron el criterio de selección.

Calidad del Estudio

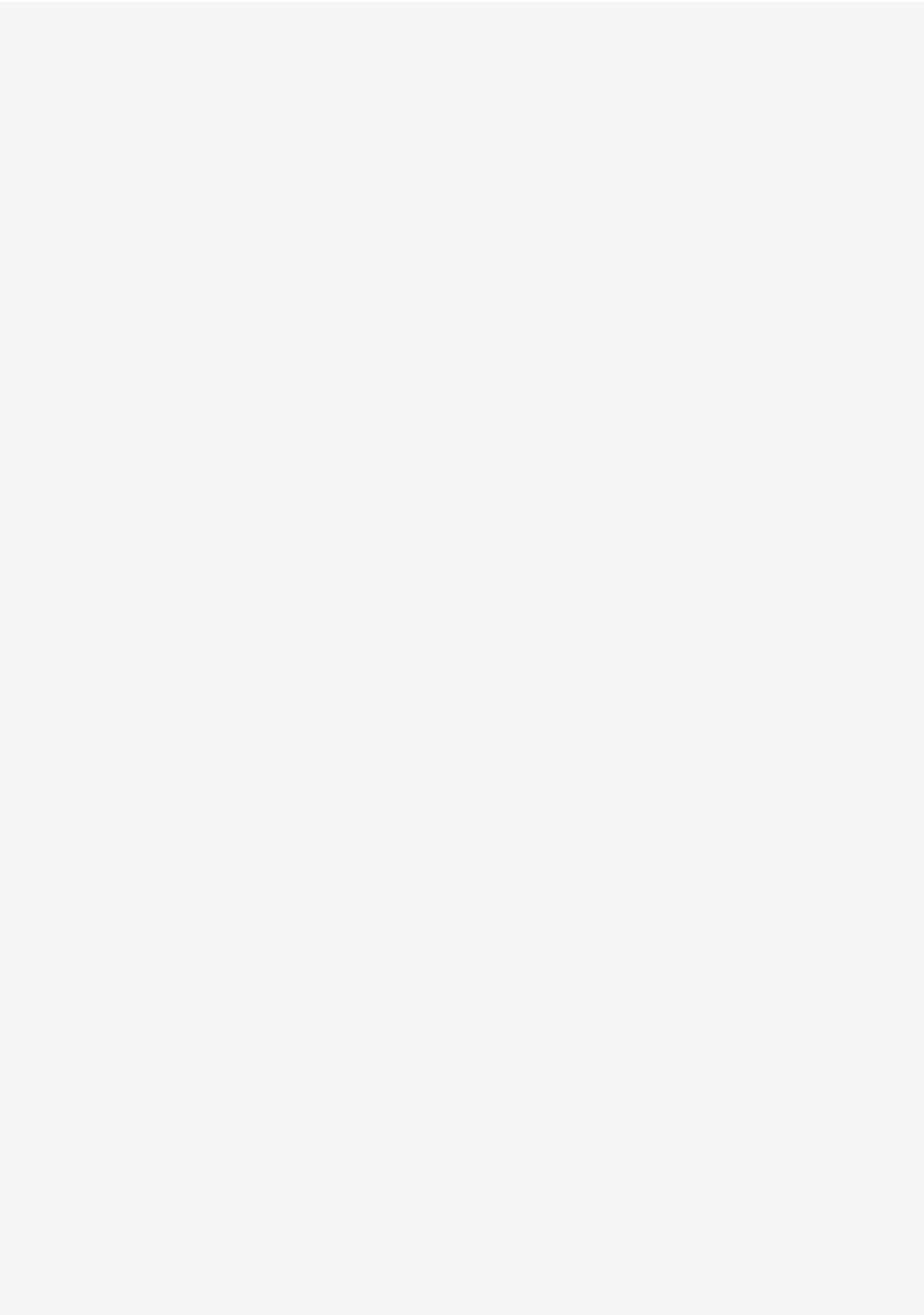
Para establecer la calidad de los artículos incluidos en este trabajo de revisión se utilizó la escala PEDro (puntaje de 10). Dos estudios obtuvieron un puntaje de 6/10 y dos estudios un puntaje de 5/10 (Tabla 1).

Estudio	Criterio de elegibilidad	Asignación aleatoria	Ocultación de la asignación	Posibilidad de comparar los valores iniciales	Cegamiento de los sujetos	Cegamiento de los terapeutas	Cegamiento de los asesores	Seguimiento adecuado	Intención de tratar	Comparación entre grupos	Estimaciones puntuales y variabilidad
Muñoz I et al. 2014	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1
Stoggl T et al. 2014	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Neil C et al. 2013	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1
Esteve-Lanao J et al. 2007	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1

Tabla 1. Evaluación de la calidad del diseño de los estudios. (basada en la escala PEDro)

Características de los Estudios

Tres de los estudios analizaron los efectos de un modelo de entrenamiento POL con un modelo THR sobre el rendimiento en pruebas contrarreloj (carreras o ciclismo) (Tabla 2); y uno de ellos también evaluó el cambio en PO@LT1, PPO y en los transportadores del músculo esquelético. Un estudio comparó los efectos de POL, THR, entrenamiento de alto volumen (HVT) e entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) en el VO_{2max} , la economía de trabajo y el tiempo hasta el agotamiento. Los protocolos de entrenamiento se describen en detalle en la Tabla 2.



Estudio	Sujetos	Grupos	Intervención	Resultados
Muñoz I et al. 2014	<p>Corredores recreativos (n=32)</p> <p>Grupo POL (n=16) Edad: 34 ± 9 años Peso: 71,4 ± 8,9 kg - Talla: 177 ± 5 cm VO_{2max}: 61,0 ± 8,4 ml/kg/min</p> <p>Experiencia de entrenamiento 7,0 ± 3,2 años</p> <p>Grupo THR (n=16) Edad: 34 ± 7 años Peso: 67,0 ± 10,4 kg - Talla: 173 ± 7 cm VO_{2max}: 64,1 ± 7,3 ml/kg/min</p> <p>Experiencia de entrenamiento 5,6 ± 3,5 años</p>	<p>POL 75% en zona 1, 5% en zona 2, 20% en zona 3</p> <p>THR 4,5% en zona 1 35% en zona 2, 20% en zona 3</p>	<p>Periodización Fase preparatoria Bloques 2x 4 semanas (3 alta, 1 baja)</p> <p>Fase específica Bloques 2x 3 semanas, (2 alta, 1 baja)</p> <p>Fase de competición 1 bloque (3 alta, 1 baja)</p> <p>Distribución semanal POL: 2x HIIT en Z3, 3-4x continuo en Z1 THR: 2x HIIT en Z3, 3x4x continuo en Z2</p> <p>Carga de entrenamiento Aprox. 350 TRIMPS por semana Frecuencia de entrenamiento: 5-6 días</p>	<p>Rendimiento Tiempo en Carrera de 10 km (dentro de los grupos) POL (-5,0 ± 3,3%, p < 0,0001) *↓ THR (-3,5 ± 1%, p < 0,001) *↓</p> <p>Tiempo en Carrera de 10 km (entre los grupos) POL vs THR ↔</p> <p>Subconjunto de rendimiento. (sujetos que cumplieron mas precisamente sus respectivos modelos de entrenamiento) Tiempo de carrera de 10 km (dentro de los grupos) POL (-7,0 ± 3,6%)[‡] THR (-1,6 ± 4%)[‡]</p> <p>Tiempo de Carrera de 10 km (entre los grupos) POL vs THR la diferencia en el tamaño del efecto fue de 1,29 (90% CI 0,31-2,27, p=0,038)</p>
Stöggl et al. 2014	<p>Atletas de Resistencia competitivos(esquí a campo traviesa, ciclismo, triatlón, corredores de fondo y medio fondo) (n=48)</p> <p>Edad: 31 ± 6 años Peso: 73,8 ± 9 kg Talla: 180 ± 8 cm VO_{2max}: 62,6 ± 7,1 ml/kg/min</p>	<p>HVT 83 ± 6 % en zona 1, 16 ± 6 % en zona 2, 1 ± 1 % en zona 3.</p> <p>THR 46 ± 7 % en zona 1, 54 ± 7 % en zona 2, 0 % en zona 3.</p> <p>HIIT 43 ± 1 % en zona 1, 0% en zona 2, 54 ± 1 % en zona 3.</p> <p>POL 68 ± 12 % en zona 1, 6 ± 8 % en zona 2, 26 ± 7 % en zona 3.</p>	<p>Periodización</p> <p>Bloques: 3x3 semanas (3 alta, 1 baja)</p> <p>Distribución semanal</p> <p>HVT: 3x90min Z1, 2x 150-240 min Z1, 1x 60 min Z2.</p> <p>THR: Ver el estudio (descripción completa)</p> <p>HIT: Bloques 2x 16 días, 3 días de HIIT Z3 seguidos por 1 día de recuperación</p> <p>POL: 2x HIIT Z3, 2x 150-240 Z1, 2x 90min Z1</p> <p>Sesión de entrenamiento intervalado (HIIT)</p> <p>4x 4min 90-95% frecuencia cardíaca max, 3 min de descanso.</p>	<p>Rendimiento</p> <p>Economía de trabajo % de VO_{2max} (dentro de los grupos) POL (-4,8 ± 7,6%, p < 0,05) *↓</p> <p>Tiempo hasta el agotamiento (dentro de los grupos) POL (+17,4%, p < 0.001) *↑ HIIT (8,8%, p < 0,01) *↑</p> <p>Tiempo hasta el agotamiento (entre grupos) HVT vs THR vs HUT vs POL ↔</p> <p>Fisiológico VO_{2max} (dentro de los grupos) POL (+11,7 ± 8,4%, p < 0,001) *↑ HIIT (-4,8 ± 5.6%. p < 0,05) *↑</p> <p>VO_{2max} (entre los grupos) POL > THR. (p < 0,001), HVT (p < 0,05) *↑</p>
Neil C et al. 2013	<p>Varones ciclistas altamente entrenados (n = 12)</p> <p>Edad: 37 ± 6 años Peso: 76,8 ± 6,6 kg Talla: 178 ± 6 cm Experiencia de entrenamiento ≥ 4 años Podían completar una prueba contrarreloj de 40 km con una producción de potencia media de 240 watts o superior.</p>	<p>POL 80% en zona 1, 0% en zona 2, 20% en zona 3</p> <p>THH 57% en zona 1, 43% en zona 2, 0% en zona 3</p>	<p>Periodización Bloques 2x3 semanas (2 alta, 1 baja)</p> <p>Distribución semanal POL: 2x HIIT en Z3, 2-3x continuas en Z1 THH: 2-3x 60min Z2, 2-3x continuas en Z1</p> <p>Sesión de entrenamiento intervalado (HIIT) 6x4min en Z3, 2 min de recuperación.</p>	<p>Rendimiento</p> <p>Prueba contrarreloj (TT) de 40 km (dentro del grupo). POL (-2,3 ± 2,2 min) ↔ THR (-0,4 ± 2,9 min) ↔</p> <p>PO@LT (dentro del grupo) POL (+9 ± 9%, p < 0,05) *↑ THR (+2 ± 14%) ↔</p> <p>PPO (dentro del grupo) POL (+8 ± 5%, p < 0,05) *↑ THR (+3 ± 4%) ↔</p> <p>Fisiológico MCT1 ↔ MCT4 ↔</p>
Esteve-Lanao J et al. 2007	<p>Corredores Varones competitivos sub elite (n = 20)</p> <p>POL (n = 6) Edad: 27 ± 2 años Peso: 63,5 ± 1,1 kg Talla: 174,8 ± 2,6 cm VO_{2max}: 68,6 ± 2,4 ml/kg/min</p> <p>THR (n=6) Edad: 27 ± 2 años Peso: 65,4 ± 1 kg Talla: 174,3 ± 1,2 cm VO_{2max}: 70,3 ± 2,6 ml/kg/min</p>	<p>POL 80% en zona 1, 10% en zona 2, 10% en zona 3</p> <p>THR 65% en zona 1, 25% en zona 2, 10% en zona 3</p>	<p>Periodización</p> <p>Fase preparatoria Bloques 2x 3 semanas Bloques 1x.4 semanas</p> <p>Fase específica Bloques 2x 4 semanas</p> <p>Fase de competición Bloques 1x3 semanas</p> <p>Distribución semanal</p> <p>POL: 2x HIIT en Z3, 3-4x continuos en Z1</p> <p>THR: 2x HIIT en Z3, 3-4x continuos en Z2</p> <p>Entrenamiento de la fuerza Programa idéntico para ambos grupos</p> <p>Cargas de entrenamiento 500 TRIMPS por semana</p>	<p>Performance</p> <p>Tiempo de Carrera de 10 km (dentro del grupo) POL (-157 ± 13 seg, p = 0,03) *↓ THR (-121,5 ± 7,1 seg, p = 0,03) *↓</p> <p>Tiempo de Carrera de 10 km (entre los grupos) POL < THR, p = 0,03 (-35,5 ± 14,6 seg; 95% CI (-68,4 seg; -3,3 seg) *↓</p>

Tabla 2. Descripción de los estudios. POL= Entrenamiento polarizado, THR= Entrenamiento en el umbral; HVT= Entrenamiento de alto volumen, PPO= producción de potencia máxima; PO@LT= Producción de potencia en el umbral aeróbico; PO@LT2= Producción de potencia en el umbral anaeróbico; ↔= Diferencia no significativa, *↓ = Disminución significativa; *↑ = Aumento significativo; ?= Resultados poco claros

DISCUSIÓN

¿Qué Tipo de Distribución de la Intensidad de Entrenamiento produce los Mayores Aumentos en el Rendimiento de Resistencia?

Los cuatro estudios analizaron los efectos de la distribución de la intensidad del entrenamiento sobre el rendimiento de resistencia (1, 3, 4, 8). Los estudios de Muñoz et al. 2014 y Esteve-Lanao et al. 2007 compararon los efectos de POL y THR en el rendimiento de pruebas contrarreloj de 10 km (TT). El estudio Neil et al. 2013 evaluó el rendimiento a través del tiempo necesario para completar una prueba contrarreloj de ciclismo de 40km y de PO@LT1 y PPO. Stöggl et al 2014 evaluó la economía de trabajo (medida como porcentaje de VO_{2max}) y el tiempo de carrera hasta el agotamiento.

Muñoz et al. realizaron un estudio con 32 corredores recreativos, distribuidos aleatoriamente en dos grupos (POL con un VO_{2max} medio = 61,0 8,4 ml/kg/min; y THR con un VO_{2max} medio = 64,1 7,3 ml/kg/min) (3). Ambos grupos presentaron una mejora significativa en el rendimiento de carrera en una prueba TT de 10 km; POL (-5,0±3,3%, $p < 0,0001$); THR (-3,5±3%, $p < 0,001$) (3). No se observaron diferencias significativas entre los grupos después de la intervención, sin embargo, esto podría deberse a variaciones en la distribución de la intensidad dentro de los grupos. Los subconjuntos de sujetos que cumplieron más estrechamente su modelo de entrenamiento respectivo demostraron resultados ligeramente diferentes. El grupo de POL presentó un cambio de -7,0±3,6% y el grupo THR un cambio de -1,6±4,0% (3). La diferencia en la mejora entre los sub grupos expresada en unidades estandarizadas de tamaño de efecto de Cohen fue 1,29 (90% CI 0,31-2,27, $p = 0,038$) (3).

El estudio de Muñoz et al. tiene varias limitaciones. Luego de finalizar la prueba, los valores de los sujetos que no registraron por lo menos 98% de su frecuencia cardíaca (HR) fueron excluidos de los resultados. Este método de eliminación de sujetos introduce un grado de sesgo, porque estos sujetos ya habían sido incluidos en la aleatorización inicial. Sus resultados al inicio del estudio deberían haber sido considerados en el análisis estadístico final para explicar las variables de confusión. En el estudio no se describieron las características técnicas de las cargas de entrenamiento de alta intensidad y moderada intensidad, por consiguiente el estudio no puede ser reproducido. También, debido a que no se describió el HIIT, no es posible determinar si las mejoras en el rendimiento fueron un resultado del modelo de entrenamiento o se debieron a variaciones (intensidad, duración, etc.) en las sesiones de HIIT entre los grupos.

En el estudio de Esteve-Lanao et al participaron veinte corredores varones sub-élite (grupo POL con VO_{2max} medio = 68,6 ±2,4 ml/kg/min; y grupo THR con VO_{2max} medio = 70,3±2,6 ml/kg/min) (1). De manera similar al estudio de Muñoz et al, los grupos en el estudio de Esteve-Lanao presentaron una mejora significativa en el tiempo de rendimiento de carrera de 10 km; POL (-157±13 seg, $p=0,03$); THR (-121,5±7,1 seg, $p=0,03$) (1). Se observó una diferencia significativa ($p=0,03$) entre los grupos con una mejora media de -35,5±14,6 seg (95% CI: -68,4 seg; -3,3 seg) en favor de POL (1). Este estudio tenía las mismas limitaciones que el estudio de Muñoz tal como describimos antes. Además de las fallas de diseño mencionadas, este estudio no tuvo un seguimiento adecuado con respecto al índice de finalización de los sujetos, y sólo 60% de los sujetos completaron el estudio. Un índice de finalización mínimo de 85% mejoraría la significancia estadística de los resultados.

El estudio de Neil et al. 2013 fue realizado con doce varones, entrenados (TT de 40 km PO > 240 watts). Fueron divididos en dos grupos, uno siguió un modelo de entrenamiento POL y el otro un modelo THR. Ambos grupos experimentaron una mejora en el rendimiento en pruebas contrarreloj (TT) de ciclismo de -2,3±2,2 min y -0,4±2,9 min, respectivamente, sin embargo, los resultados no fueron significativos (4). Se observó un aumento significativo ($p < 0,05$) en PO@LT1 y PPO de +9±9% y +8±5% respectivamente en el grupo POL (4). Con respecto al diseño del estudio, no se realizaron comparaciones de los resultados entre grupos. Ésta es una debilidad significativa, porque no es posible determinar si las diferencias entre los grupos pueden ser atribuidas a la "suerte". Además no está claro si la carga total de entrenamiento completada fue igual para ambos grupos, porque no se utilizó un método de rastreo válido (eg. Puntuaciones TRIMP) para cuantificar el entrenamiento completado por los sujetos.

Stöggl et al 2014 realizaron una comparación sobre los efectos de cuatro modelos de entrenamiento que consistían en diferentes distribuciones de intensidad (POL, THR, HVT y HIIT) sobre la economía de trabajo y el tiempo de carrera hasta

el agotamiento en 48 atletas de resistencia (esquí a campo traviesa, ciclismo, triatlón, corredores de fondo y medio fondo) competitivos (VO_{2max} medio = 62,6 7,1 ml/kg/min). Sólo el grupo de POL presentó una mejora significativa ($p < 0,05$) en la economía de trabajo ($-4,8 \pm 7,6\%$), mientras que en los grupos POL y HIIT se observaron aumentos significativos en el tiempo de carrera hasta el agotamiento de $+17,4\%$, $p < 0,001$ y $+8,8\%$, $p < 0,01$ respectivamente (8). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en el tiempo de carrera hasta el agotamiento entre los grupos (8). Reproducir este estudio sería un desafío debido a la complejidad del programa de entrenamiento THR. El protocolo de este estudio fue diseñado pobremente y es significativamente diferente a los protocolos THR utilizados en los otros estudios. Por favor consulte el artículo de Stöggl et al. 2014 para obtener una descripción completa de la intervención.

¿Qué tipo de Modelo de Distribución de Intensidad de Entrenamiento tiene el Mayor Efecto sobre los Marcadores Fisiológicos de Rendimiento en Atletas de Resistencia?

Los estudios de Stöggl et al. 2014 y Neil et al. 2013 evaluaron los efectos de la distribución de la intensidad de entrenamiento sobre los marcadores fisiológicos de rendimiento. Stöggl et al supervisaron los cambios en VO_{2max} que se producían después de los cuatro modelos de distribución de entrenamiento (POL, THR, HVT, y HIIT) (8). Se observó un aumento significativo en VO_{2max} tanto en el grupo de entrenamiento POL ($+11,7 \pm 8,4\%$, $p < 0,001$) como en el grupo HIIT ($+4,8 \pm 5,6\%$, $p < 0,05$) (8). El grupo POL demostró un aumento significativo en VO_{2max} en comparación con el grupo THR ($p < 0,001$) y el grupo HVT ($p < 0,05$) luego de la intervención. Sin embargo no se realizó ninguna comparación de seguimiento, del VO_{2max} en los grupos POL y HIIT. Neil et al. 2013 analizaron los cambios en los marcadores del músculo esquelético (MCT y MCT4), pero los mismos no fueron significativos entre los grupos POL y THR (4).

Limitaciones

La revisión actual analizó sistemáticamente los estudios controlados aleatorizados sobre los efectos de la distribución de la intensidad del entrenamiento en el rendimiento de resistencia. Una limitación al diseño del estudio es que se consultaron sólo dos bases de datos (Medline, PubMed) para realizar la búsqueda de la literatura. Esto puede limitar el número de estudios incluidos en la revisión y aumentar el riesgo de sesgo de la selección. La herramienta principal utilizada para evaluar críticamente los artículos incluidos en el estudio (escala PEDro) sólo considera 10 categorías. Esto puede disminuir la calidad de la apreciación, sin embargo, utiliza una herramienta que puede proporcionar una medida objetiva.

Recomendaciones para las Futuras Investigaciones

La distribución de la intensidad del entrenamiento ha sido discutida con gran detalle en la literatura durante los últimos 10 años. Más recientemente, los entrenadores están empezando a considerar las implicaciones de grandes volúmenes de entrenamiento de alta intensidad. Se necesitan más investigaciones para evaluar con precisión los mecanismos por los cuales la alteración en la distribución del entrenamiento afecta el rendimiento en atletas de resistencia. Finalmente, se necesitan estudios con un diseño metodológico superior para obtener resultados más conclusivos.

Conclusiones

Hay evidencia de moderado nivel (dos RCTs, ambos con PEDro 5/10) que demuestra que un modelo POL produce mejoras mayores en el rendimiento de tiempo de carrera de 10 km que el modelo de THR en corredores recreativos y corredores de sub-élite.

Hay evidencia de bajo nivel (un RCT, PEDro 4/10) que demuestra que un modelo POL produce mejoras en la economía de carrera en los atletas de resistencia competitivos (esquí a campo traviesa, ciclismo, triatlón, corredores de fondo y medio fondo).

Hay evidencia de bajo nivel (un RCT, PEDro 4/10) que demuestra que un modelo POL produce mejoras en VO_{2max} mayores a las que producen los modelos THR o HVT en los atletas resistencia competitivos (esquí a campo traviesa, ciclismo, triatlón, corredores de fondo y medio fondo).

REFERENCIAS

1. Esteve-Lanao J., Foster C. , Seiler S. , Lucia A. (2007). Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *J Strength Cond Res*;21(3):943-949.
2. Muñoz I. , Cejuela R. , Seiler S. , Larumbe E. , Esteve-Lanao J. (2014). Training-intensity distribution during an ironman season:

- relationship with competition performance. *Int J Sports Physiol Perform*;9(2):332-339.
3. Muñoz I. , Seiler S. , Bautista J. , Espana J. , Larumbe E. , Esteve-Lanao J. (2014). Does polarized training improve performance in recreational runners? *Int J Sports Physiol Perform*;9(2):265-272.
 4. Neal C. , Hunter A. , Brennan L. , O'Sullivan A. , Hamilton D. , De Vito G. , Galloway S. (2013). Six weeks of polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists. *J Appl Physiol*;114(4):461-471.
 5. Plews D. , Laursen P. , Kilding A. , Buchheit M. (2014). Heart-rate variability and training-intensity distribution in elite rowers. *Int J Sports Physiol Perform*;9(6):1026-1032.
 6. Seiler S. (2010). What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes. *Int J Sports Physiol Perform*;5(3):276-291.
 7. Seiler S. , Kjerland G. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution? *Scand J Med Sci Sports*;16(1):49-56.
 8. Stöggl T. , Sperlich B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Front Physiol*;5(33):1-9.
 9. Sylta O. , Tønnessen E. , Seiler S. (2014). From heart-rate data to training quantification: a comparison of 3 methods of training-intensity analysis. *Int J Sports Physiol Perform*;9(1):100-107.

Cita Original

Rosenblat Michael. The effects of training-intensity distribution on endurance performance. A systematic review of randomized controlled trials. http://www.evidencebasedcoaching.ca/2015/01/the-effects-of-training-intensity_72.html