

CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DE LA INTENSIDAD EN EL ENTRENAMIENTO: EL MODELO POLARIZADO SOBRE EL RENDIMIENTO FÍSICO Y VARIABLES FISIOLÓGICAS.

¹Zapata Lamana, R. (rafaelzapata@udec.cl)

¹Escuela de Educación, Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, Chile.

Laboratorio de Psicología del Deporte, Universidad Autónoma de Barcelona, España.

Recibido: julio 2016; aceptado: diciembre, 2016.

RESUMEN

El control y la distribución de la intensidad en el entrenamiento son de interés científico y deportivo. Actualmente, no existe consenso sobre las intensidades más eficientes para obtener las mejoras en el rendimiento y la salud. Creciente evidencia expone que el modelo polarizado, ejerce un mayor impacto en variables fisiológicas y de rendimiento en sujetos altamente entrenados, sin embargo, se desconoce su aplicabilidad al ámbito sanitario. El objetivo: de esta revisión es recopilar y sintetizar la evidencia sobre el control de la intensidad y la distribución del modelo polarizado. Métodos: se revisaron las bases de datos Pubmed y Web of Science, entre los años 2000 al 2016, incorporando las palabras claves: polarized training; polarized training model; training intensity distribution, control intensity distribution. Conclusión: la evidencia indica que el entrenamiento polarizado ha reportado importantes mejoras de rendimiento y en variables fisiológicas relacionadas a la salud en comparación a otros tipos de distribución, por lo que se sugiere diseñar programas de ejercicio basado en este modelo para ser aplicados en diversas poblaciones. **PALABRAS CLAVES:** Entrenamiento polarizado, modelo polarizado, distribución de la intensidad, control de la intensidad.

ABSTRACT

Control and distribution of intensity in training is of scientific and sporting interest. At present, there is no consensus on the most efficient intensities for achieving improvements in performance and health. Increasing evidence shows that the polarized model exerts a greater impact on physiological and performance variables in highly trained subjects however; we do not know its possible applicability to the health field. The objective of the review is to compile and synthesize evidence on the control of intensity and distribution of the polarized model. Pubmed and Web of science databases were reviewed between 2000 and 2016, incorporating the key words: polarized training; polarized training model; training intensity distribution, control intensity distribution. Evidence indicates that polarized training has reported significant improvements in performance and in physiological variables related to health compared to other types of distribution, so it is suggested to design exercise programs based on this model to be applied in various populations. **KEY WORDS:** Polarized training; polarized training model; training intensity distribution, control intensity distribution.

INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico es una importante estrategia en la prevención y tratamiento de diversas patologías por lo que ha sido considerado una real medicina (Fiuza-Luces C, Garatachea N, Berger N, Lucia A., 2013). Actualmente, se discute sobre los parámetros de distribución de la intensidad, frecuencia, volumen, niveles de adherencia y tipos de programas de ejercicios más eficaces para diferentes objetivos de rendimiento físico y en la salud, siendo el control y la distribución de la intensidad, el componente más estudiado (Buchheit M, Laursen P., 2013), porque modula los beneficios sobre la salud (Knight E, Stuckey M, Petrella R., 2014), promueve diferentes adaptaciones y está asociada a posibles riesgos del entrenamiento (Osler M, Fritz T, Caidall K, Krook A, Zierath J, Wallberg H., 2015).

Durante la última década, un importante número de estudios han comparado los efectos del entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) y de entrenamiento de resistencia de intensidad baja a moderada (endurance) en atletas (Laursen PB, Jenkins DG., 2002) y en poblaciones con factores de riesgo cardiovascular (Kessler HS, Sisson SB, Short KR., 2012). Aunque las mejoras similares en el consumo de oxígeno máximo (Vo_2max) se producen después de HIIT y endurance (Weston M, Taylor KL, Batterham AM, Hopkins WG., 2014; Bacon AP, Carter RE, Ogle EA, Joyner MJ., 2013), el primero parece inducir sus efectos a través de estímulos periféricos (Weston M, Taylor KL, Batterham AM, Hopkins WG., 2014; Macpherson RE, Hazell TJ, Olver TD, Paterson DH, Lemon PW., 2011), mientras que los últimos afectan a las adaptaciones centrales (Macpherson RE, Hazell TJ, Olver TD, Paterson DH, Lemon PW., 2011; Montero D, Cathomen A, Jacobs RA, Fluck D, de Leur J, Keiser S, et al. 2015; Baggish AL, Wang F, Weiner RB, Elinoff JM, Tournoux F, Boland A, et al., 1985). Por lo tanto, las mejoras en el Vo_2max después de HIIT y endurance podrían estar mediadas por diferentes adaptaciones sistémicas, con la posibilidad de efectos sinérgicos entre estos.

Estudios retrospectivos sugieren que el entrenamiento con una distribución de la intensidad "polarizada" es el enfoque óptimo para mejorar las respuestas adaptativas en atletas de élite de clase mundial (Stoggl T, Sperlich B., 2015; Tonnessen E, Sylta O, Haugen T, Hem E, Svendsen I, Seiler S., 2014). Brevemente, una distribución de la intensidad polarizada implica generalmente entre el 70-80% del volumen del entrenamiento cerca del umbral ventilatorio o endurance y un 20-30% cerca de Vo_2max , es decir, en HIIT. De hecho, en comparación con las intensidades HIIT o endurance, el modelo de entrenamiento "polarizado" podría inducir mayores mejoras en las variables claves de rendimiento y fisiológicas en atletas bien entrenados (Stoggl T, Sperlich B., 2014). Sin embargo, a la fecha, los beneficios del ejercicio físico basado en el modelo de entrenamiento polarizado en sujetos con factores de riesgo cardiometabólico no están descritos.

El objetivo de la presente revisión es sintetizar sobre los mecanismos de control de la intensidad del entrenamiento y presentar la evidencia del modelo polarizado con sus posibles implicancias en variables fisiológicas de la salud cardiovascular.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Se revisaron la base de datos Pubmed y Web of Science desde el año 2000 al 2016, incorporando estudios en humanos, con diseños experimentales, retrospectivos-prospectivos y revisiones en idioma inglés con las siguientes palabras claves: polarized training; polarized training model; training intensity distribution. Control intensity distribution. Se incorporaron en esta revisión los artículos que estudiaron el control de la carga e intensidad del modelo de distribución polarizado en variables de rendimiento y fisiológicas, en sujetos altamente entrenados e individuos que practicaban actividad física de manera recreacional. Se incluyeron 13

estudios que utilizaron el modelo polarizado sobre variables claves del rendimiento físico y adaptaciones fisiológicas.

Desarrollo

El control de la intensidad en el entrenamiento.

El ejercicio físico tiene como objetivo modificar diversos marcadores fisiológicos por lo que la prescripción del entrenamiento debe considerar una serie características específicas. El control y la distribución de la intensidad es el componente más estudiado en la actualidad y se dispone de variados métodos para su cuantificación, como el porcentaje relativo de la frecuencia cardíaca (FC) máxima, FC pico, Vo_2 pico, percepción subjetiva de esfuerzo (PSE), unidades de medida del índice metabólico (METs) y umbrales ventilatorios (VT), del inglés ventilatory threshold (American College of Sports Medicine, 2014). A continuación se describen brevemente los métodos para su cuantificación y control.

La metodología basada en umbrales, corresponde a un modelo que divide la carga de trabajo en tres zonas que son delimitadas por el umbral ventilatorio 1 (VT1) y umbral ventilatorio 2 (VT2), con respecto al Vo_2max . Dependiendo del modelo de entrenamiento, la cuantificación de la carga a través de los umbrales antes mencionados nos permite registrar el volumen y la intensidad total del trabajo realizado en relación a los porcentajes de entrenamiento que un sujeto desarrolla en cada una de las tres zonas o fases (Wolpern A, Burgos D, Janot J, Dalleck L., 2015).

Otros métodos más utilizados por la comunidad científica, deportiva y del área de la prescripción de ejercicio para la salud, son el porcentaje del Vo_2max y de la FC. El Vo_2max y la FC, se utilizan frecuentemente en la prescripción como referente para determinar la intensidad de entrenamiento y se considera un indicador importante de la función y salud cardiovascular (Bosquet L, Leger L, Legros P, 2002). Sin embargo, se discute su precisión ya que las pruebas de esfuerzo prolongadas a intensidades de entrenamiento dadas por porcentajes de Vo_2max desconocen las respuestas metabólicas que se producen durante el entrenamiento de resistencia, por lo cual es relevante describir estas respuestas metabólicas dadas por el ejercicio físico. Esta heterogeneidad observada, también está presente en los individuos con menor capacidad cardiorrespiratoria mostrando las limitaciones del enfoque tradicional para la prescripción de la intensidad del ejercicio por medio de los valores máximos de Vo_2max (Scharhag-Rosenberger F, Meyer T, Walitzek S, Kindermann W., 2010).

Los estudios que se basan en el porcentaje de Vo_2max que un atleta de resistencia puede sostener durante eventos de larga distancia identifican factores importantes como el umbral de lactato, el principio de economía de carrera y la tasa de oxidación de grasas (Billat LV., 1996). Estos criterios, así como la capacidad de los sistemas oxígeno-independientes podrían ser responsables de las diferencias individuales observadas en la mantención y respuestas respecto al rendimiento, trabajando a intensidades dadas por el Vo_2max similares.

Existe otro método de control de la carga del entrenamiento es la percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) o RPE del inglés, rating of perceived exertion. Particularmente, la PSE correlaciona con el modelo de tres zonas del entrenamiento. La zona/fase 1, que llega hasta el VT1, corresponde a una descripción de RPE de “ligero a levemente difícil”. En escala de 1 al 10, está alrededor del valor 3-4. Para la zona/fase 2, la percepción del esfuerzo es percibida como “difícil”, en la misma escala es descrita como 5-6. Para los trabajos en zona/fase 3, se suelen describir como “muy difíciles” o “extremadamente difíciles”, y se

mencionan en la escala antes mencionada como 7-10. En ocasiones se suele ocupar este método de “calificación” o “categorización” de la carga de entrenamiento con el tiempo que permanece el sujeto en esa zona de trabajo. De esta manera la carga de entrenamiento sería igual a la PSE de la sesión multiplicado por duración en minutos, obteniéndose un valor referencial del tiempo total realizado a una intensidad determinada de esfuerzo físico percibido.

Los diferentes métodos de control de la carga del entrenamiento, sean directos o indirectos, deben ser utilizados para el diseño y planificación de programas de ejercicio para la salud. En la tabla 1, se resumen diferentes métodos de cuantificación para la carga de la intensidad del entrenamiento.

Tabla 1: Métodos de cuantificación de la carga de entrenamiento.				
Método de cuantificación de la carga de entrenamiento	Materiales utilizados	Unidad de medición	Ventajas	Desventajas
Cuestionarios retrospectivos	Cuestionarios diseñados	N/A	Simple aplicación y bajo costo. Recopilan todo tipo de información. No interfieren con el programa de entrenamiento.	Los datos obtenidos son absolutamente subjetivos. Cuestionarios no necesariamente validados.
Diarios	Libro de registros	N/A	Validez de los datos por su directa recopilación post entrenamiento.	Dificultad para sostener registros durante largo tiempo.
Observación directa	Registro de observaciones	Depende de la variable medida (p.e. intensidad, tipo de entrenamiento, volumen, etc).	Alta validez por su directa observación durante el proceso de entrenamiento.	Se generan posibles errores por parte del observador. El tiempo requerido es grande ya que el entrenador debe estar en todo momento en las evaluaciones.
Consumo de oxígeno	Ergoespirómetro	$\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ $\text{L} \times \text{min}^{-1}$ Porcentaje del $\text{VO}_{2\text{max}}$	Medida estable de la intensidad de un esfuerzo físico continuo.	No se puede utilizar en situaciones de trabajo intervalado con esfuerzos de alta intensidad. Costo del equipo.
Frecuencia cardíaca	Monitor de frecuencia cardíaca (pulsómetro).	$\text{Lat} \times \text{min}^{-1}$ Porcentaje de frecuencia cardíaca. Formula de Karvonen. Porcentaje de frecuencia cardíaca de reserva. TRIMP*	Medida estable de la intensidad de un esfuerzo físico continuo. De uso sencillo, práctico y económico.	Leves variaciones entre sesiones o por bebidas con productos miméticos o estimuladores del sistema nervioso simpático.
Percepción subjetiva del esfuerzo (RPE)	Registro digital o en papel	Escala de 0 a 10 Escala de 6 a 20	Es una medida con alta correlación de intensidad con valores fisiológicos como VO_2 o frecuencia cardíaca de trabajo.	El sujeto debe estar altamente entrenado para saber la intensidad a la que está trabajando.

Los Metodos más usados son de tipo cuantitativo, sin embargo los indicadores subjetivos son un buen referente que tiene el entrenador para ir evaluando aspectos que otros sistemas no lo permiten. En la tabla se indican tres métodos no convencionales usados para identificar estos aspectos (cuestionarios prospectivos, diario y observación directa). Los otros son de uso convencional por la gran mayoría de los entrenadores como lo son el consumo de oxígeno, la frecuencia cardíaca, la concentración de lactato en sangre y la percepción subjetiva del esfuerzo.

* TRIMP: "Training Impulse" $\text{TRIMP} = A \times B \times C$. A=Tiempo de entrenamiento en minutos; B= (frecuencia cardíaca media de la sesión / frecuencia cardíaca de reposo)/ (frecuencia cardíaca máxima – frecuencia cardíaca de reposo); C es $0,64 \times e^{1,92 \times B}$ para los hombres, y $0,86 \times e^{1,67 \times B}$ para las mujeres; e es el logaritmo neperiano con un valor de 2,712.

** MLSS: Máximo estado estable de lactato ** OBLA: Punto de inicio de acumulación de lactato en sangre.

Fundamentos del modelo polarizado basado en la herencia genética.

Hace millones de años en la era paleolítica, la alternancia en la distribución de intensidades fue clave para permitir la supervivencia de la especie humana (Boullosa D, Nakamura F, Ruiz J, 2010). La evidencia sobre el tema, sugiere que el patrón de actividades físicas del paleolítico estaba caracterizado por la prevalencia de actividad física de resistencia continua de baja intensidad y un alto volumen, alternadas, eventualmente, con episodios de alta intensidad y bajo volumen, siguiendo un patrón de actividad polarizado; es decir, las intensidades a las cuales se llevaba a cabo la mayor parte de las actividades se situaban en los polos o extremos (baja y alta intensidad respectivamente), con poco protagonismo de las intensidades intermedias (Boullosa D, Abreu L, Varela-Sanz A, Mujika I., 2013).

Basándose en los supuestos recién mencionados, se ha sugerido utilizar los patrones de actividad física de nuestros ancestros como modelo de referencia para prescribir ejercicio debido a que este tipo de actividad diaria ayudaría a otorgar una mejor aptitud física acorde con la que poseían los cazadores-recolectores en el medio natural (O'Keefe J, Vogel R, Lavie C, Cordain L., 2011). Este patrón paleolítico de subsistencia, demandaba un alto nivel de aptitud física que se desarrollaba a través de diferentes formas de actividad física, probablemente alternando períodos de actividad de alta intensidad o "difíciles" (cazar, transportar objetos, etc.), con una mayor predominancia de días de actividad de más baja intensidad o "fáciles" (largos desplazamientos a baja intensidad, mantenimiento del cobijo, etc.), siguiendo un patrón de ejercicio polarizado (Boullosa D, Nakamura F, Ruiz J, 2010).

En este sentido, se plantea que el genoma humano no ha evolucionado y hoy seguimos genéticamente programados para llevar un estilo de vida físicamente tan activo como el de nuestros ancestros. De lo anterior, se sugiere el estudio de las actividades de los humanos del paleolítico como base esencial para la prescripción y diseño de programas de entrenamiento para la mejora de la salud y de la calidad de vida (O'Keefe J, Vogel R, Lavie C, Cordain L., 2010).

La interacción de las intensidades para la prescripción de ejercicio físico para la salud.

La revisión de los estudios que manipulan la intensidad y el volumen del entrenamiento en un corto período revelan que el éxito de los programas de ejercicio físico podría beneficiarse de diversas intensidades dentro de períodos específicos de entrenamiento. Cuando la planificación no tiene una mezcla apropiada, tanto la alta intensidad como el alto volumen, podría estancar o disminuir el rendimiento (Laursen P., 2010).

De lo anterior, cabe entonces preguntarse: ¿Por qué podría la combinación de entrenamiento de alta y baja intensidad ser eficaz en incrementar el metabolismo energético de los músculos, en el rendimiento y en variables fisiológicas posterior a un proceso de entrenamiento? Seiler et al. (2007) proporcionan una hipótesis de por qué los atletas se benefician con ejercicios intensos y también con volumen elevado de entrenamiento.

En su estudio, monitorearon alteraciones agudas en el equilibrio autonómico, utilizando la variabilidad del ritmo cardíaco (VRC), en diferentes tipos de ejercicio de atletas noruegos altamente entrenados, que en ocasiones separadas, corrieron 60 y 120 min por debajo de VT1, 30 min entre VT1 y VT2, y de forma intermitente durante 60 seg por encima de VT2. Al momento de correr bajo el primer umbral, los marcadores de equilibrio autonómico no se alteraron en el mismo grado en comparación con una sesión corriendo entre el primer y segundo umbral ventilatorio, o una sesión de entrenamiento de intervalos de alta intensidad por encima del segundo umbral. Esto podría indicar que el entrenamiento en zona/fase 1

y zona/fase 3 tendrían una mejor tolerancia, adaptación y mejor rendimiento de los sujetos (Seiler S, Haugen O, Kuffel E., 2007).

Modelo de distribución polarizado de la intensidad del entrenamiento.

Los deportistas que compiten en deportes de resistencia de larga duración, como carreras, ciclismo, triatlón y esquí de fondo, incorporan cuatro conceptos de entrenamiento para incrementar el rendimiento deportivo. El primero es el ejercicio prolongado de baja intensidad y alto volumen o endurance. El segundo es entrenar cerca o en el umbral de lactato o ventilatorio; el tercero es el entrenamiento HIIT y el cuarto concepto es una combinación de los conceptos recién mencionados, que se conoce como entrenamiento "polarizado" (Stoggl T, Sperlich B., 2014).

El modelo polarizado realiza una mezcla de las intensidades, en donde la baja intensidad y alto volumen de entrenamiento, se le adiciona ejercicio de alta intensidad y bajo volumen (Boullosa D, Abreu L, Varela-Sanz A, Mujika I., 2013). Respecto a estas dos intensidades, existe predominancia referente a las proporciones de tiempo que protagonizan dentro del entrenamiento, donde predomina la baja intensidad que alcanza alrededor del 70-80% del volumen de entrenamiento, dejando a la alta intensidad con el 20-30% restante de entrenamiento; sin embargo pueden existir leves variaciones en la proporciones anteriormente descritas (Neal C, Hunter A, Brennan L, O'Sullivan A, Hamilton D, DeVito G, et al., 2013).

La evidencia disponible sugiere que la combinación de volúmenes grandes de entrenamiento de baja intensidad con un empleo cuidadoso de HIIT a lo largo del ciclo de entrenamiento, es el mejor modelo para desarrollar el rendimiento en sujetos entrenados (Esteve-Lanao J, Foster C, Seiler S, Lucia A., 2007). Actualmente existe escasa evidencia en población no deportista, por lo que resulta interesante realizar estudios que puedan contribuir no solo a la optimización en la distribución de cargas en los programas de entrenamiento para deportistas sino también, a la comprensión de las formas óptimas para promover adaptaciones fisiológicas en la población general.

Las bases del modelo polarizado se construyen sobre la hipótesis de que el organismo tiene un límite de tolerancia para soportar esfuerzos de alta intensidad (zona/fase III), necesitando sesiones de regeneración a baja intensidad para poder asimilar los efectos del entrenamiento y afrontar en óptimas condiciones el siguiente entrenamiento. Si normalmente se entrena a intensidad moderada (zona/fase II), el estímulo al que se somete el organismo es siempre similar y llega un momento en que debido al síndrome general de adaptación (SGA) descrito por Selyer, et al. (2010), dicho estímulo deja de ser suficiente para producir una mejora en el rendimiento, pudiendo derivar incluso en sobre-entrenamiento, esta es la razón principal de por qué el modelo polarizado trata de limitar el entrenamiento en intensidad moderada (Esteve-Lanao J., 2007; Seiler S., 2010).

Basándose en lo anterior, el entrenamiento polarizado se soporta en la premisa de acumular la mayor parte del trabajo en la zona/fase I y otra parte importante, aunque menor, en la zona/fase III, limitando significativamente el trabajo en la zona/fase II. La figura 1, expone la distribución de las intensidades de modelo polarizado.

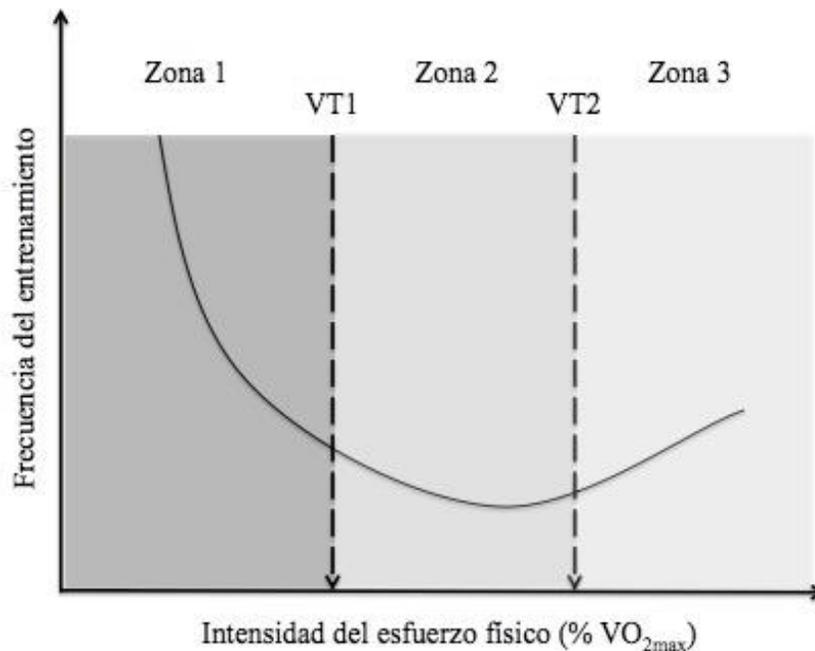


Figura 1: Distribución de las zonas de entrenamiento en función del VO_{2max} , para el modelo polarizado. Las zonas de entrenamiento están delimitadas por el umbral ventilatorio 1 (VT1) y umbral ventilatorio 2 (VT2). Modificado de Seiler, 2010.

Mejoras en variables de rendimiento físico y fisiológico como respuesta al modelo polarizado.

Se ha sugerido que la adopción de una distribución de intensidad polarizada puede optimizar la adaptación al ejercicio. Seiler et al. (2007), analizaron los efectos de la intensidad de entrenamiento en los tiempos de recuperación de atletas, determinaron que el tiempo de recuperación tras un entrenamiento de alta intensidad (zona/fase III) no es mayor que tras la realización de un esfuerzo a intensidad moderada (zona/fase II), siendo el tiempo de recuperación más corto el correspondiente a esfuerzos de baja intensidad (zona/fase I). Esto pudiera sugerir que el entrenamiento polarizado induce mejores estrategias de recuperación en comparación con el modelo de entrenamiento a umbral o zona/fase 2 (Neal C, Hunter A, Brennan L, O'Sullivan A, Hamilton D, DeVito G, et al., 2013).

Stöggl & Sperlich (2014) realizaron un interesante estudio con deportistas entrenados (corredores, ciclistas, triatletas y esquiadores de fondo) para evaluar la efectividad de diferentes tipos de entrenamiento basados en la distribución de la carga de entrenamiento de cara a la mejora de los factores más importantes que determinan el rendimiento (VO_{2max} , economía de carrera, tiempo hasta el agotamiento), concluyendo que el entrenamiento polarizado es el que produjo mejoras significativas en dichos parámetros de rendimiento y salud como el VO_{2max} .

De igual forma, en variables relacionadas a la condición física para la salud, Boullosa et al. (2010, 2013) demostraron en un estudio de caso, cuyo diagnóstico era mieloma múltiple quiescente (un tipo de cáncer), que la polarización de un entrenamiento mejora la capacidad funcional, la función hematológica y el control cardíaco autónomo, lo cual podría mejorar el pronóstico de la enfermedad a largo plazo (Boullosa D, Abreu L, Tonello L, Hofmann P, Leicht A., 2013; Boullosa D, Leicht A, Tuimil J., 2010). Los resultados de la aplicación del modelo polarizado indican que los protocolos de

entrenamiento basados en la combinación de intensidades, han demostrado generar diversas adaptaciones fisiológicas en el organismo, a pesar de que se requiere de mayor investigación.

Poder conocer y determinar los mecanismos por los cuales se producen los beneficios respecto a adaptaciones centrales y periféricas de las modalidades de entrenamiento resulta importante para establecer si cada intensidad de entrenamiento de forma independiente genera diferentes beneficios por lo que el complemento de ambos resultaría como una modalidad aumentada (Burgomaster, K, Howarth, K, Phillips, S., Rakobowchuk M, Macdonald M, McGee S, et al., 2008). Macpherson et al., señalan que el ejercicio de baja intensidad posee mayores adaptaciones fisiológicas centrales a través de mejoras de rendimiento respecto al $VO_2\max$ explicado por el aumento del gasto cardiaco máximo debido a un mayor volumen sistólico en el ejercicio (Macpherson R, Hazell T, Olver T, Paterson D, Lemon P., 2011). Esta situación fue corroborada por Arbab-Zadeh, et al (2014) y Daussin et al. (2007), quienes señalan que durante este entrenamiento ocurren adaptaciones morfológicas cardiacas en personas sometidas a ejercicio de resistencia continua durante 1 año, sin mayores variaciones de frecuencia cardiaca ni mayores cambios en la diferencia arterio-venosa de O_2 (Arbab-Zadeh A, Perhonen M, Howden E, Peshock R, Zhang R, Adams-Huet B, et al., 2014; Daussin F, Ponsot E, Dufour S, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, Geny B, et al., 2007).

Por otra parte el HIIT podría establecer mayores adaptaciones fisiológicas de tipo periféricas debido a que las mejoras de rendimiento respecto al $VO_2\max$ se deben principalmente a un aumento en la diferencia arterio-venosa de O_2 que va a depender de la entrega de este a las fibras musculares activas, estableciendo una presión parcial inferior de O_2 en el musculo debido a una reducción en el flujo de sangre a este durante el ejercicio HIIT (Macpherson R, Hazell T, Olver T, Paterson D, Lemon P., 2011; Daussin F, Ponsot E, Dufour S, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, Geny B, et al., 2007). De lo anterior, se puede sugerir que la combinación de ambas intensidades, por vías de señalización independiente, bajo una sola modalidad de entrenamiento polarizado podrían presentar importantes beneficios respecto al rendimiento y a variables fisiológicas (Muñoz I, Seiler S, Bautista J, España J, Larumbe E, Esteve-Lanao J., 2014).

CONCLUSIONES

La evidencia resumida en esta revisión, permite comprender la relevancia del control de la intensidad para la prescripción del ejercicio físico. El modelo de entrenamiento polarizado ha sido aplicado en deportistas altamente entrenados de nivel mundial de diversas especialidades de larga duración, obteniendo importantes mejoras y logros en el rendimiento y también en variables fisiológicas, específicamente el $VO_2\max$. En sujetos físicamente activos, también se reportan mejoras de rendimiento y en variables fisiológicas. Si bien estudios limitados han aplicado un modelo de entrenamiento polarizado para la mejora de los parámetros de salud en poblaciones no entrenadas, un desafío de interés, es el estudio de programas basados en el modelo polarizado en poblaciones con factores de riesgo cardiovascular.

AGRADECIMIENTOS

Durante la realización de esta revisión, Rafael Zapata Lamana declara haber sido apoyado por la beca de perfeccionamiento académico de la Universidad de Concepción, Chile. Se agradece a todos los equipos humanos de la Universidad de Concepción, Clínica MEDS y Universidad Santo Tomás, quienes participaron en la supervisión y seguimiento del estudio VRID Iniciación UdeC: “Efectos del entrenamiento polarizado sobre factores de riesgo cardiometabólicos en mujeres jóvenes con sobrepeso y obesidad”.

REREFENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American College Sport Medicine. Manual de ASCM para la valoración y prescripción de ejercicios: tercera edición; Editorial Paidotribo; 2014. p. 152-180.
2. Arbab-Zadeh A, Perhonen M, Howden E, Peshock R, Zhang R, Adams-Huet B, et al. Cardiac remodeling in response to 1 year of intensive endurance training. *Circulation* 2014; 130 (24): 2152-61.
3. Bacon AP, Carter RE, Ogle EA, Joyner MJ. VO₂max trainability and high intensity interval training in humans: a meta-analysis. *PLoS One*. 2013;8(9):e73182. doi: 10.1371/journal.pone.0073182. PubMed PMID: 24066036; PubMed Central PMCID: PMC3774727.
4. Baggish AL, Wang F, Weiner RB, Elinoff JM, Tournoux F, Boland A, et al. Training-specific changes in cardiac structure and function: a prospective and longitudinal assessment of competitive athletes. *J Appl Physiol* (1985). 2008;104(4):1121-8. doi: 10.1152/jappphysiol.01170.2007. PubMed PMID: 18096751.
5. Billat LV. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for longdistance running. *Sports Med* 1996;22(3):157-75.
6. Boulosa D, Nakamura F, Ruiz J. Effectiveness of polarized training for rowing performance. *Int J Sports Physiol Perform* 2010; 5 (4): 431-2; 432-6.
7. Boulosa D, Abreu L, Varela-Sanz A, Mujika I. Do Olympic Athletes Train as in the Paleolithic Era? *Sports Med* 2013; 43 (10): 909-17.
8. Boulosa D, Abreu L, Tonello L, Hofmann P, Leicht A. Exercise is medicine: case report of a woman with smoldering multiple myeloma. *Med Sci Sports Exerc* 2013; 45 (7): 1223-28.
9. Boulosa D, Leicht A, Tuimil J. Impact of fire-fighters training on a female with smoldering multiple myeloma. *J Sports Med Phys Fitness* 2010; 50 (3): 326-9.
10. Bosquet L, Leger L, Legros P. Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med* 2002; (11):675-700.
11. Buchheit M, Laursen P. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med* 2013; 43 (5): 313-38.
12. Burgomaster, K, Howarth, K, Phillips, S., Rakobowchuk M, Macdonald M, McGee S, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol* 2008; 586 (1): 151-60.
13. Daussin F, Ponsot E, Dufour S, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, Geny B, et al. Improvement of V_O2max, by cardiac output and oxygen extraction adaptation during intermittent versus continuous endurance training. *Eur J Appl Physiol*. 2007; 101 (3): 377-83.
14. Esteve-Lanao J. Capítulo IV. Prescripción de ejercicio aeróbico. *Personal Training Entrenamiento Personal Bases, fundamentos y aplicaciones*. 2a ed.Barcelona: Editorial Inde; 2007. p. 69-86.

15. Esteve-Lanao J, San Juan A, Earnest C, Foster C, Lucia A. How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37 (3): 496-504.
16. Esteve-Lanao J, Foster C, Seiler S, Lucia A. Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *J Strength Cond Res* 2007; 21 (3): 943-9.
17. Friederike Scharhag -Rosenberger, Tim Meyer, Nina Gäßler, Oliver Faude, Wilfried Kindermann; Exercise at given percentages of VO₂max: Heterogeneous metabolic responses between individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport* 13 (2010) 74–79.
18. Fiuza-Luces C, Garatachea N, Berger N, Lucia A. Exercise is the Real Polypill. *Physiology*; 2013; 28 (5): 330-58.
19. Kessler HS, Sisson SB, Short KR. The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. *Sports Med.* 2012;42(6):489-509. doi: 10.2165/11630910-000000000-00000. PubMed PMID: 22587821.
20. Knight E, Stuckey MI, Petrella RJ. Prescribing physical activity through primary care: does activity intensity matter? *Phys Sportsmed.* 2014 Sep;42(3):78–89.
21. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med.* 2002; 32(1):53-73. PubMed PMID: 11772161.
22. Laursen P. Training for intense exercise performance: high intensity or high volume training? *Scand J Med Sci Sports* 2010; 20 (2): 1-10.
23. Macpherson RE, Hazell TJ, Olver TD, Paterson DH, Lemon PW. Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(1):115-22. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181e5eacd. PubMed PMID: 20473222.
24. Milanovic Z, Sporis G, Weston M. Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO₂max Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Med.* 2015;45(10):1469-81. doi: 10.1007/s40279-015-0365-0. PubMed PMID: 26243014.
25. Montero D, Cathomen A, Jacobs RA, Fluck D, de Leur J, Keiser S, et al. Haematological rather than skeletal muscle adaptations contribute to the increase in peak oxygen uptake induced by moderate endurance training. *J Physiol.* 2015;593(20):4677-88. doi: 10.1113/JP270250. PubMed PMID: 26282186; PubMed Central PMCID: PMC4606528.
26. Muñoz I, Seiler S, Bautista J, España J, Larumbe E, Esteve-Lanao J. Does Polarized Training Improve Performance in Recreational Runners?. *Int J Sports Physiol Perform* 2014; 9(2): 265-72.
27. Neal C, Hunter A, Brennan L, O’Sullivan A, Hamilton D, DeVito G, et al. Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists. *J Appl Physiol* 2013; 114 (10): 461–471

28. Osler ME, Fritz T, Caidahl K, Krook A, Zierath JR, Wallberg-Henriksson H. Changes in gene expression in responders and nonresponders to a low-intensity walking intervention. *Diabetes Care*. 2015 Jun; 38(6):1154–60.
29. O’Keefe J, Vogel R, Lavie C, Cordain L. Exercise like a hunter-gatherer: a prescription for organic physical fitness. *Prog Cardiovasc Dis* 2011; 53 (6): 471-9.
30. O’Keefe J, Vogel R, Lavie C, Cordain L. Achieving hunter-gatherer fitness in the 21(st) century: back to the future. *Am J Med* 2010; 123 (12): 1082-6.
31. Scharhag-Rosenberger F, Meyer T, Walitzek S, Kindermann W., 2010). Effects of one year aerobic endurance training on resting metabolic rate and exercise fat oxidation in previously untrained men and women. *Metabolic endurance training adaptations*. *Int J Sports Med*. 2010 Jul; 31(7):498-504. doi: 10.1055/s-0030-1249621
32. Seiler S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *Int J Sports Physiol Perform* 2010; 5 (5): 276–91.
33. Seiler S, Haugen O, Kuffel E. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39 (8):1366-73.
34. Stoggl T, Sperlich B. Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Front Physiol*. 2014;5:33. doi: 10.3389/fphys.2014.00033. PubMed PMID: 24550842; PubMed Central PMCID: PMC3912323.
35. Sloth M, Sloth D, Overgaard K, Dalgas U. Effects of sprint interval training on Vo_2max and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports*. 2013;23(6):e341-52. doi: 10.1111/sms.12092. PubMed PMID: 23889316.
36. Stoggl TL, Sperlich B. The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Front Physiol*. 2015;6:295. doi: 10.3389/fphys.2015.00295. PubMed PMID: 26578968; PubMed Central PMCID: PMC4621419.
37. Stöggl T, Sperlich B. Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Front Physiol*. 2014; 5:33.
38. Tonnessen E, Sylta O, Haugen TA, Hem E, Svendsen IS, Seiler S. The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *PLoS One*. 2014;9(7):e101796. doi: 10.1371/journal.pone.0101796. PubMed PMID: 25019608; PubMed Central PMCID: PMC4096917.
39. Weston M, Taylor KL, Batterham AM, Hopkins WG. Effects of low-volume high-intensity interval training (HIT) on fitness in adults: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports Med*. 2014;44(7):1005-17. doi: 10.1007/s40279-014-0180-z. PubMed PMID: 24743927; PubMed Central PMCID: PMC4072920.
40. Wolpern A, Burgos D, Janot J, Dalleck L. Is a threshold-based model a superior method to the relative percent concept for establishing individual exercise intensity? a randomized controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil* (2015). 7:16 doi 10.1186/s13102-015-0011-z