



UNIVERSITAS

Miguel Hernández

**PERIODIZACIÓN PIRAMIDAL Y
POLARIZADA EN ATLETAS
ENTRENADOS**

Alumno: Sergio Alfonso Carrillo

Tutor académico: Alejandro Javaloyes Torres

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Curso académico: 2022 - 2023

ÍNDICE

Resumen.....	1
Introducción	2
Procedimiento de revisión (Metodología)	4
Resultados.....	6
Discusión	8
Conclusiones	11
Aplicaciones prácticas.....	12
Propuesta de intervención	12
Referencias.....	13
Anexos.....	18



Resumen

El objetivo de esta revisión bibliográfica es analizar el tipo de periodización del entrenamiento deportivo y la distribución de la intensidad en atletas entrenados para así, realizar una aproximación a la elaboración de un sistema propio de entrenamiento. Para ello, se analizaron los diferentes tipos y modelos de organización del entrenamiento en atletas entrenados de medio fondo y fondo. Dicha literatura, siguiendo el modelo trifásico de distribución de las zonas de intensidad, propone comenzar la periodización siguiendo una distribución piramidal, la cual acumula un mayor volumen de entrenamiento en zona 1, seguido de la zona 2 y con escaso en la zona 3; finalizando con una distribución polarizada durante la fase competitiva, donde aproximadamente el 80% del volumen se realiza en la zona 1 y el restante, en la zona 3.

Tras revisar estos modelos, se realizó propuesta de intervención con el fin de optimizar el rendimiento deportivo en la población de estudio.



Introducción

Existe diferente literatura que pretende ahondar en los diferentes modelos de periodización y planificación del entrenamiento con el fin de optimizar un mayor número de adaptaciones con su entrenamiento y así alcanzar el máximo rendimiento (Meeusen et al., 2013). Es por ello por lo que se ha de tener en cuenta numerosos factores para conseguir la excelencia deportiva como son: conocer las demandas particulares de los individuos (factores psicosociales), las demandas fisiológicas y neurales específicas del deporte, el control de carga, estrés y recuperación, principalmente (Kellmann et al., 2018; Sandford et al., 2021).

En cuanto a las variables fisiológicas determinantes del rendimiento en las que se puede incidir con el entrenamiento se encuentra el consumo de oxígeno máximo ($VO_{2\text{máx}}$), (Foster, 1983) definida como la cantidad de oxígeno que puede ser captado, fijado y utilizado por el organismo para transformarlo en energía (Joyner & Coyle, 2008; Morgan et al., 1989), y su velocidad asociada ($vVO_{2\text{máx}}$ o VAM), definida como la velocidad mínima asociada con el $VO_{2\text{max}}$ durante una prueba de ejercicio incremental (Santos et al., 2012); la economía de carrera (Ingham et al., 2008), definido como la demanda energética a una velocidad submáxima (Saunders et al., 2004); primer y segundo umbral de lactato y sus velocidades asociadas (LT1, LT2, $vLT1$ y $vLT2$, respectivamente) (Yoshida et al., 1990), definido como el equilibrio entre el lactato producido y aclarado (LT1) (Gordon et al., 2017) y la máxima intensidad en la que el lactato se mantiene estable y no sufre un aumento exponencial (LT2) (Casado et al., 2022a).

Para encontrar una óptima integración de las variables fisiológicas en la periodización del entrenamiento y, por tanto, del desarrollo y optimización para alcanzar una mejora en el rendimiento, esta revisión analiza y expone la información siguiendo una distribución trifásica de las zonas de intensidad. La fase I ($z1$) corresponde a la intensidad por debajo del umbral aeróbico; la fase II ($z2$), entre el umbral aeróbico y anaeróbico; y la fase III ($z3$), por encima del anaeróbico hasta el $VO_{2\text{máx}}$ (Skinner & McLellan, 1980). Estas variables que determinan el rendimiento en las pruebas de medio fondo y fondo (desde 800 metros hasta maratón) pueden ser trabajadas siguiendo diferentes modelos de distribución de la intensidad (TID, de las siglas en inglés "training intensity distribution") de los deportistas. Entre éstas se encuentra la distribución polarizada, la piramidal y entre umbrales. En la distribución polarizada, la mayor parte del volumen (80%) se dedica a la $z1$, mientras que el restante, a la $z3$ (20%) (Seiler, 2010). Aunque también puede seguir el 70% en $z1$, 10% en $z2$ y 10% en $z3$ (Foster et al., 2022a). Por otro lado, la distribución piramidal dedica también un 80% del volumen a la $z1$, pero reparte el 20% restante a la $z2$ y $z3$ (Seiler, 2010). También se puede distribuir mediante un el 70% en $z1$, 10% en $z2$ y 10% en $z3$ (Foster et al., 2022a). Finalmente, en la distribución entre umbrales, el mayor porcentaje de entrenamiento dedicado se da en la $z2$ (>65%) (Casado et al., 2022a). Existe un grueso de literatura que investiga como la TID puede influir en las adaptaciones de los atletas de medio fondo y fondo. En este sentido, parece ser que seguir una distribución polarizada/piramidal puede permitir un desarrollo mitocondrial de las unidades motoras tipo II y un incremento de su densidad capilar, puede evitar una posible una disfunción autonómica, reducciones de generación de ATP aeróbica y sobreentrenamiento (Esteve-Lanao et al., 2007a; Foster et al., 2022b). Además de las propias adaptaciones del entrenamiento en $z1$; como el desarrollo de la vía de señalización del calcio en la expresión del PGC1- α , mejora oxidativa de las fibras tipo I a través de una capilarización de dichas fibras musculares y aumento del gasto cardiaco que provoca el aumento del suministro de oxígeno al tejido músculo-esquelético y estimulación de la biogénesis mitocondrial, entre otras (Casado et al., 2023a). Siguiendo por esta línea, la distribución polarizada parece aportar mayores beneficios en los deportes de resistencia (Tønnessen et al., 2014). Concretamente, en el atletismo es la distribución más utilizada por los deportistas de más alto nivel de en el medio fondo y fondo (Haugen et al., 2022), como se puede observar en los estudios realizados desde al actual campeón olímpico de 1500 metros (Tjelta, 2013) hasta al actual campeón olímpico y plusmarquista mundial de maratón (Haugen et al.,

2022). Concluyendo que las actuales evidencias científicas aúnan y/o combinan la distribución polarizada y piramidal como una misma o como una evolución a seguir durante todo el proceso de preparación de cara a un gran objetivo, pues se asemejan en la distribución principal del volumen en z_1 (>70%). Además, surge una perspectiva que analiza la combinación de ambas dependiendo del momento de la temporada. De este modo, se realiza una distribución piramidal del entrenamiento durante toda la temporada y, durante la fase competitiva, se produce una transformación a una polarizada (Filipas et al., 2022a; Foster et al., 2022a; Kenneally et al., 2022a).

Por otro lado, existe literatura científica que apoya la distribución entre umbrales debido al aumento de la resistencia, suponiendo un trabajo aeróbico significativo sin una pérdida en la homeostasis del organismo, o al aumento de adaptaciones fisiológicas en intensidades correspondientes a la z_2 (Burnley et al., 2022a; Casado et al., 2023a; Sjödin et al., 1982). Según la evidencia científica, parece ser que una distribución entre umbrales puede no ser una estrategia óptima para la mejora del rendimiento. Por el contrario, sí lo sería la que dedica mayor volumen a la baja intensidad (Esteve-Lanao et al., 2007b). Igualmente, durante esta distribución se enfatiza el trabajo cercano al umbral de lactato (referenciado en múltiples aspectos terminológicos como LT2, MLSS, OBLA), consiguiendo optimizar la curva de lactato a intensidades superiores (Casado et al., 2023a). Además, se aboga por esta distribución cuando la especificidad de la competición lo requiera (pruebas comprendidas entre los 25 minutos y las 3 horas); asimismo, se optimiza el entrenamiento cuando el tiempo es escaso, en atletas no élite (Foster et al., 2022b).

Por otra parte, surge una problemática objeto de mención a la cuantificación del volumen total de entrenamiento y su adecuada distribución porcentual, ya que el método para cuantificarlo no está del todo claro y no parece existir uno óptimo (velocidad, potencia, frecuencia cardíaca, lactato, tipo de sesión, etc.). De tal modo, puede conducir a errores al seguir o interpretar un tipo de distribución u otra (Burnley et al., 2022b; Foster et al., 2022a; Kenneally et al., 2022a). Sin embargo, el grueso de la literatura específica y justifica su cuantificación y cálculo del volumen e intensidad en la misma (Kenneally et al., 2021, 2022b; Manzi et al., 2015).

Un factor fundamental que hay que considerar a la hora de elegir un tipo de distribución del entrenamiento u otro es el momento de la temporada en el que se encuentra el deportista, para evitar interpretaciones erróneas que puedan dirigir a combinaciones no deseadas en la distribución de la intensidad. Por eso, es imprescindible contextualizar la fase de la temporada en la realización del estudio para poder obtener conclusiones precisas. En el estudio de Kenneally et al., (2022b) se puede llegar a interpretar que utiliza una distribución piramidal a lo largo de la temporada, pero analizándose detalladamente se ha evidenciado que utiliza un tipo de periodización polarizada en la fase competitiva (últimas semanas), mientras que se aplica una distribución piramidal enfatizando el trabajo en la zona de umbral (límite superior de z_2) durante el resto de la temporada. Siguiendo por la misma línea, en determinadas planificaciones se ha observado que se utiliza una distribución piramidal durante toda la temporada (Rønnestad & Hansen, 2018), pero al analizar detalladamente la distribución de la intensidad, se contempla que se distribuye en bloques donde las primeras semanas se enfoca en la z_1 y z_2 , mientras que más adelante se combinan bloques de z_1 y z_3 , con semanas de z_1 y z_2 .

En consecuencia, la correcta elección de la distribución de las intensidades del entrenamiento depende de un metódico control y conocimiento del momento de la temporada y las necesidades del deportista. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo final de grado es revisar las evidencias actuales acerca de la distribución de las intensidades en la periodización del entrenamiento.

Procedimiento de revisión (Metodología)

Se realizó esta revisión de acuerdo con las pautas indicadas en la guía PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Page et al., 2021) y que en los siguientes apartados se va a explicar detalladamente.

Criterios de elegibilidad

La presente recopilación de artículos científicos ha sido filtrada siguiendo una serie de criterios que, a continuación, se pueden describir:

1. Describir los modelos de distribución de intensidad.

Los presentes artículos seleccionados deben especificar la distribución de la intensidad aplicada durante el proceso de obtención de datos.

2. Tipo de muestra: no incluir no entrenados.

Los sujetos participantes en las intervenciones u observaciones deben ser personas entrenadas en pruebas de medio fondo y/o fondo (entrenamiento de resistencia). Es decir, no pueden ser no-entrenados. Mínimamente deben tener una experiencia superior a 5 años entrenando y realizar, al menos, 4 horas semanales de entrenamiento.

3. Año de publicación del artículo: la fecha de publicación debía ser igual o superior al año 2013.

Los artículos seleccionados tienen el filtro de ser publicados desde el año 2013, incluido, hasta la fecha de realización de la presente revisión (mayo de 2023).

4. Idioma: inglés o español.

Se han excluido artículos no escritos en inglés o español.

5. Tipo de artículo: artículos originales de investigación

Se ha excluido el análisis de otras revisiones sistemáticas de la literatura.

Se incluían artículos experimentales, observacionales y estudio de caso.

6. Criterio extra: incluye pruebas de rendimiento para comprobar los cambios.

En la esta revisión, se han utilizado artículos que midiese, valorase y justificase de manera objetiva las pruebas de rendimiento pre- y post- intervención.

Por otro lado, en estudios observacionales o de caso, se han incluido artículos que utilizasen competiciones como prueba de rendimiento.

Fuentes de información

La búsqueda literaria ha sido realizada en mayo de 2023 utilizando las siguientes bases de datos: PubMed y Scopus.

Estrategia de búsqueda

En el buscador avanzado de las bases de datos PubMed y Scopus se utilizó las siguientes palabras claves: (“TID” OR “training intensity distribution”) AND “running” AND “athletics”.

Proceso de selección de estudios

Como aparece en la Figura 1, tras la búsqueda avanzada a través de las palabras clave, se encontraron 177 referencias científicas de las que se excluyeron inicialmente 138 por título pues no se incluían en el propósito de este estudio ni cumplían los criterios de elegibilidad – donde se han excluido aquellos artículos que no analizan o realizan intervenciones con atletas participantes en pruebas de medio fondo y/o fondo (atletismo), excluyendo otros deportes de resistencia.

Posteriormente, se profundizó en los artículos restante siguiendo el mismo criterio que el mencionado unas líneas arriba, excluyendo según sus Abstract.

Más tarde, se añadió un artículo que no aparecía en su búsqueda inicial por palabras clave, ya que cumplía los requisitos para poder ser objeto de revisión del presente estudio; obteniendo así una muestra total de 40 documentos científicos.

A continuación, se eliminaron los artículos duplicados de ambas bases de datos para proceder a su lectura completa (2 artículos excluidos).

Finalmente, se analizó toda literatura resultante para tomar la decisión final de excluirlos o incluirlos definitivamente, incluyendo un total de 11 artículos.

Proceso de extracción de los datos

Una vez realizada la lectura completa de todos los estudios, se procedió a la extracción de todos los datos necesarios para la realización de dicha revisión a través de una síntesis exhaustiva de la información relevante de los mismos. Referente a la extracción de los resultados del presente estudio, se ha explicado los resultados generales, estableciendo así una media de todos los datos presentados en su conjunto y agrupándolos en un rango, acorde con la tendencia científica actual. Asimismo, se han analizado los datos que difieren de las anteriores cifras para asegurar una interpretación válida en el contexto de esta revisión.

Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales

La Escala PEDro-Español (de Morton, 2009), ver en Tabla 1, ha sido realizada para evaluar la calidad metodológica de los artículos experimentales presentes.

Esta escala consta de 11 ítems o criterios y valora el rigor científico. De este modo, se puede obtener la validez externa (ítem 1), es decir, la aplicabilidad del estudio, la validez interna (ítems 2 al 9) y una interpretación estadística interpretable (criterios 10-11).

Sin embargo, el primer ítem no contabiliza para el cálculo de la puntuación de la escala.

La puntuación atribuida a cada criterio puede ser de 1, cuando el artículo científico cumple escrupulosamente el criterio mencionado, y de 0, si no lo cumple o no aparece mencionado.

Métodos de síntesis

Con toda la información sintetizada y extraída, los artículos fueron interpretados a través de dos vías independientes agrupando todos los relacionados con las muestras élite y no élite. De este modo, se extrajeron dos conclusiones para cada tipo de población y se aunó en una final para la interpretación de los resultados finales y conclusión. Esto permite poder profundizar y especificar las características concretas de los resultados y poder interpretarlos de manera efectiva.

Resultados

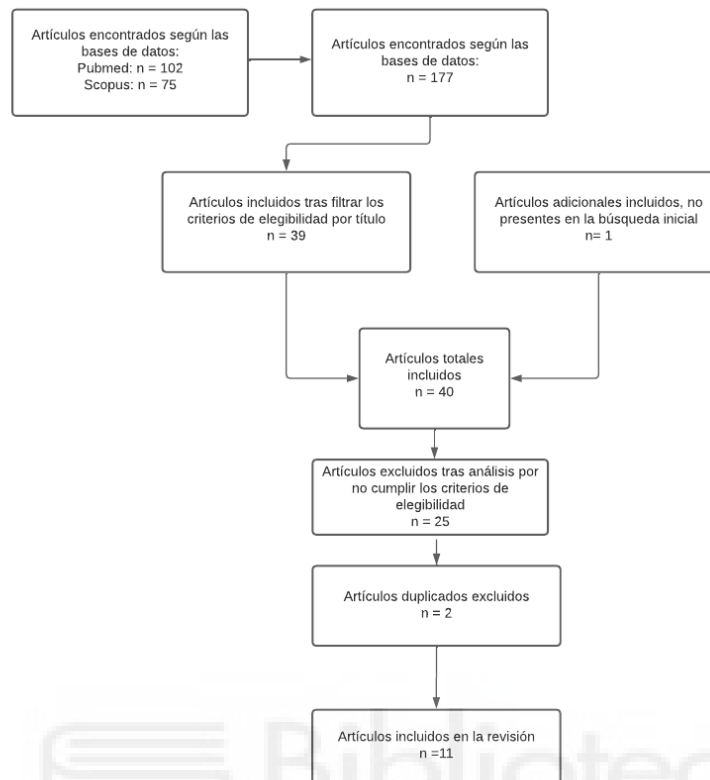


Figura 1. Diagrama de flujo de la información a través de las diferentes fases de la revisión

Características de los estudios.

En su totalidad, se analizan 95 sujetos élite y 126 no élite que comparten las características que podemos observar en la Tabla 2.

Los 6 estudios realizados con sujetos élite (Casado et al., 2021, 2023b; Kenneally et al., 2021, 2022b; Leif Inge Tjelta, 2013b; Tjelta et al., 2014) presentan ciertas similitudes que a continuación se van a mencionar.

Cabe destacar que todos ellos son estudios observacionales en los que no se ha intervenido y, simplemente, se analizó la periodización y/o entrenamientos particulares en un periodo específico de atletas de élite. Sin embargo, no es una característica insólita; pues es muy complejo que un grupo de atletas profesionales en activo se presten voluntarios para realizar una intervención y que de ello dependan su rendimiento.

Respecto a las TID, en todos ellos utilizan una distribución piramidal durante el grueso de la planificación, con ligeras modificaciones en periodos específicos, aplicando principalmente un modelo polarizado en el periodo competitivo (Kenneally et al., 2021, 2022b; Muñoz et al., 2014).

De los 5 estudios restantes realizados con sujetos no élite (recreacionales, bien y altamente entrenados, universitarios), en 3 de ellos se realizaron estudios experimentales (Filipas et al., 2022b; Manzi et al., 2015; Muñoz et al., 2014). En los 2 artículos restantes (Farrell et al., 2021; T. W. Jones et al., 2021) se analizó a un tipo de población en concreto con sus entrenamientos pautados y se les realizaron los análisis oportunos para valorar el rendimiento, sin compararlo con otro tipo de grupo control o que haya seguido otro tipo de metodología.

Resultados de los estudios individuales

Tabla 2. Características de estudios incluidos y resultados.						
Artículo	Sujetos				Estudio	
	Número	Edad	Nivel	Modalidad	Objetivo	Resultados
(Leif Inge Tjelta, 2013b)	1	17-21	Élite	Medio fondo y fondo	TID	33% volumen (5 sesiones por semana) en intervalos cortos sobre el LT2. Esto podría explicar la gran mejora de rendimiento.
(Tjelta et al., 2014)	1 (+6)	21 - 30	Élite	Medio fondo y fondo	TID	2 modelos predominaban para alcanzar el éxito en la larga distancia: Alto volumen y baja intensidad, utilizados principalmente por corredoras de larga distancia. Alta intensidad y bajo volumen, utilizados principalmente por corredoras de media y larga distancia.
(Casado et al., 2021)	85	18-43 (28±5)	Élite y Nivel Internacional	Fondo	DP y carreras fáciles	Altísima relación entre el rendimiento y el volumen acumulado (>100 km por semana). Gran relación entre carreras a baja intensidad y rendimiento. Los <i>Tempo runs</i> e intervalos cortos juegan un papel fundamental en la mejora del rendimiento.
(Casado et al., 2023b)	Deportistas de resistencia noruegos	-	Élite	Medio fondo y fondo	Nuevo modelo de entrenamiento	Especial importancia a los entrenamientos LGTIT. Realizas 2-4 sesiones de LGTIT acumulando 8-10 km por cada una puede resultar clave para la mejora del rendimiento. Además, realizar una sesión de alta intensidad. En el periodo competitivo, reducir las sesiones de LGTIT a cambio de específicas de competición.

						Gran importancia en la realización de la mayor parte del volumen a baja intensidad.
(Muñoz et al., 2014)	32	25-43	Recreativos	Fondo	TID	Mayores mejoras, pero no significativas, siguiendo la distribución polarizada que entre umbrales.
(Farrell et al., 2021)	17	18-23	Estudiantes universitarios estadounidenses y alto nivel	Fondo	TID	Entrenar siempre en grupo puede tener efectos negativos en el rendimiento. No diferencias significativas entre sexos ni tiempo en zonas. Todos siguieron una distribución piramidal. Mejoras significativas en hombres en VO_{2peak} , VO_2 a 2 $mmol \cdot L^{-1}$, velocidad a 2 $mmol \cdot L^{-1}$ y a 4 $mmol \cdot L^{-1}$, y en mujeres en VO_{2peak} , VO_2 a 4 $mmol \cdot L^{-1}$, velocidad a 4 $mmol \cdot L^{-1}$. Sujetos que más tiempo acumularon en z2 y z3 obtuvieron una disminución del rendimiento.
(Kenneally et al., 2022b)	1	23-24	Élite	Medio fondo y fondo	TID	Distribución polarizada (fisiológica) en la fase competitiva. Distribución piramidal durante las 52 semanas, con volúmenes significativos cercanos al umbral; y predominancia de la baja intensidad.
(Manzi et al., 2015)	7	32.7-40.3	Recreativos	Fondo	TID	Mayor parte del tiempo de entrenamiento debe realizarse a baja intensidad, pues se asocia a mejoras el rendimiento en maratón. Utilizar el RPE sesión puede considerarse efectivo para monitorizar la carga.
(T. W. Jones et al., 2021)	10	14-18	Altamente entrenados	Medio fondo	Cambios derivados del entrenamiento:	Misma TID provoca mejoras en las cualidades físicas en este tipo de población.

					rendimiento y cualidades físicas.	Mejoras en Velocidad Crítica y VO ₂ máx, además se correlacionan.
(Kenneally et al., 2021)	7	22.2–28.2	Élite	Medio fondo y fondo.	TID	Baja intensidad es el mayor predictor de rendimiento en carrera. Volúmenes superiores a 150 km por semana. Sesiones a umbral suponen un tipo de sesión significativo independientemente de la distancia de competición. La distribución fisiológica de mediofondistas eleva el porcentaje de entrenamiento en z3 en comparación a la distribución por ritmo de carrera. Por eso, ambos son deficientes en cuanto a su sensibilidad para detectar la TID.
(Filipas et al., 2022b)	60	31 – 45	Bien entrenados	Resistencia	TID	La periodización basada en altos volúmenes en z1 y reducidos en z2 y z3 permiten mejoras significativas, por lo que son más efectivas. Entrenamiento de 16 semanas mejora el rendimiento, no fisiológico. Cambiando de piramidal a polarizado tras 8 semanas parece ser más eficaz para maximizar las mejoras en el rendimiento (0,5%).

Discusión

El objetivo de esta revisión sistemática es el analizar la literatura actual acerca del tipo de distribución de la intensidad del entrenamiento para realizar una aproximación a una elaboración de un sistema óptimo, propio e individualizado de entrenamiento. Para ello se analizaron diferentes tipos de periodización como son la polarizada, piramidal y entre umbrales; explicándose mediante un modelo trifásico de la intensidad.

En el estudio de Casado et al., (2021) en el que analiza a 85 sujetos durante los últimos 3, 5 y 7 años, las zonas de intensidad se distribuyen siguiendo una distribución piramidal: 67% z1, 20% z2 y 7-8% z3. En este artículo se destaca la importancia de realizar dos tercios del volumen semanal medio, el cual debe ser mayor a 100 kilómetros, en z1 y la predominancia de sesiones continuas en z2 (*tempo run*), suponiendo el 20% del volumen semanal. Además de la realización de un volumen bajo de intervalos a alta intensidad. Al igual que el anterior, Kenneally et al., (2021, 2022b) comparte la idea de la predominancia de trabajo a baja intensidad (87 – 88,5%) como variable fundamental en el rendimiento del deportista de medio fondo y fondo, un trabajo notable a moderada intensidad (5,4 – 12%) y menor trabajo a alta intensidad (1 – 7,5%). Sin embargo, puede ser variable según el medio utilizado para cuantificar esa carga, pues difiere la interpretación a través del ritmo de carrera a la interpretación fisiológica a través de la frecuencia cardiaca. Por la misma línea, dependerá del momento de la temporada (periodo competitivo o preparatorio) y de las características del deportista. Pues Kenneally et al., (2021) opta por un modelo piramidal para los sujetos fondistas y uno polarizado, para los mediofondistas, con la excepción de la abundancia de trabajo en la segunda zona de intensidad durante dos fases puntuales. Siguiendo la misma tónica y analizándolo por el perfil fisiológico, se observa claramente un modelo polarizado, pero esas diferencias se reducen cuando se analiza según el ritmo de carrera. Continuando con estos hallazgos, Kenneally et al., (2022b) tomó nota que el *recordman* australiano de 10.000 metros y 12º del mundo en 1.500 metros seguía una distribución piramidal de la intensidad, guiándose a través de la frecuencia cardiaca en los entrenamientos en z2, para finalizar con 6 semanas polarizadas, abordando sesiones al ritmo objetivo, en periodo competitivo. En concordancia con la literatura científica, el alto volumen y la baja intensidad acaparan el panorama científico de la última década. Estudios observacionales como el de Casado et al., (2023) y Leif Inge Tjelta (2013b) permiten descubrir la metodología noruega fundada por el ilustre exatleta Marius Bakken y que tanto éxito ha tenido en los últimos Juegos Olímpicos de Tokio 2020 con ganadores olímpicos en pruebas como los 1.500 metros lisos de atletismo y el triatlón. Este tipo de metodología se basa en el control de la carga interna a través de mediciones de lactato, alternando día duro-día suave en el que se llega a la consecución de 4 sesiones de z2 a la semana y 1 de z3, todo ello secundado con la predominancia de un alto volumen en z1. De esta manera y contextualizando, se realiza una distribución de la intensidad de 68 - 75% z1, 18 - 25% z2 y 2 - 6,3% z3. Este modelo opta por la consecución final tras una progresión adecuada de 4 sesiones de z2 manipulando la distancia, velocidad y descanso entre los intervalos para mantener el lactato estable en $2,5 - 4,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. De esta manera, se permite lograr una serie de adaptaciones en el organismo como mejora del metabolismo oxidativo, trabajo del ritmo específico y tolerancia de mayor carga de entrenamiento. Siguiendo la línea de los estudios anteriores, durante el periodo competitivo se reduce al mínimo el trabajo en z2 en aumento de los ritmos específicos de competición; partiendo de un enfoque piramidal a un polarizado. En estudios a fondistas recreacionales, como el de Manzi et al., (2015), se distribuyó la intensidad siguiendo un modelo piramidal (76,3% \pm 6,4% en z1 / 17,3% \pm 5,8% en z2 / 6,3% \pm 0,9% en z3) y se llegó a la conclusión de la crucial importancia del trabajo a baja intensidad para lograr mejoras en el rendimiento en maratón. Además, la disminución del tiempo en z1 para otorgárselo a la z2 parece perjudicial para el rendimiento, como muestra Farrell et al., (2021), en el que la mayoría de los sujetos mejoraron en variables fisiológicas como el VO_2peak , $\text{VO}_2@2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ y a $4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, velocidad a 4 mmol

· L⁻¹, con excepción a los atletas que disminuyeron del 70% del volumen en z1 y aumentaron de 10 a casi el 20% del volumen a la z2.

Mejoras de rendimiento se encontraron también T. W. Jones et al., (2021) con 10 atletas adolescentes de media distancia altamente entrenados en el que una TID piramidal (77,8% z1 / 16,1% z2 / 6,1% z3) condujo a mejoras significativas en la velocidad crítica y ésta se relacionó con el VO₂máx.

Finalizando esta sección con el estudio que analizó a 60 corredores bien entrenados Filipas et al., (2022b), se dividió 4 grupos que siguieron diferentes TID: piramidal (77% z1 / 17% z2 / 6% z3), polarizada (80/6/14), piramidal-polarizada y polarizada-piramidal. En estos grupos, la mayor mejora de rendimiento (del 0,5%) se dio en la combinación de 8 semanas de distribución piramidal para finalizar con la polarizada. Siendo una mejora pequeña pero importante en atletas entrenados. Destacando que la distribución polarizada produjo una mejora rápida debido a la pronta aparición de la intensidad, pero un estancamiento tras 8 semanas.

Algo similar encontraron Muñoz et al., (2014), en el que entrenamientos polarizados (77% z1 / 3% z2 / 20% z3) obtenían una ligera mejora no significativa sobre la distribución del entrenamiento entre umbrales (45% z1 / 35% z2 / 19% z3) en 32 deportistas de resistencia recreativos; aun mejorando en ambos grupos. Sin embargo, 2 sujetos empeoraron siguiendo la distribución entre umbrales.

Por lo que volúmenes altos de entrenamiento a baja intensidad y reducidos en intensidades medias y altas provocan mejoras de rendimiento significativas en atletas no entrenados y entrenados y élite.

En contraposición a las mejoras producidas por este tipo de TID, el estudio observacional de Tjelto et al., (2014) en el que analizó a la múltiple ganadora de la Maratón de Nueva York en los años 70 Grete Waitz se observó que optaba por el trabajo de bajo volumen y alta intensidad (LVHI). Sus entrenamientos se caracterizaban por volumen continuo a intensidades mayores, escasos intervalos largos y numerosas competiciones. Una metodología opuesta a las que compartían otras competidoras como Paula Radcliffe, Ingrid Kristiansen, Tegla Lourope and Susanne Wigene; entrenamientos caracterizados por abundante volumen (170-200km semanales) y baja intensidad (HVLI).

Entre 1978 y 1979 la TID de Greta varió según el contexto de la temporada desde una TID entre umbrales (37,6% / 59% / 3,4%), a una piramidal con menor trabajo a baja intensidad (50,5% / 45,6% / 3,9%) a una piramidal propiamente (70,7% / 23,7% / 5,4%).

Beneficios y resultados del modelo entre umbrales

Siguiendo un modelo entre umbrales se consigue mejorar la capacidad aeróbica y anaeróbica (A. M. Jones & Carter, 2000), así como el umbral de lactato debido a su especificidad (Burnley et al., 2022a). También se desarrolla la resistencia y capacidad para tolerar y eliminar el lactato acumulado y la mejora del rendimiento en esfuerzos de intensidad constante y prolongada, debido a la especificidad del trabajo en z2 (Burnley et al., 2022a) – dominio de intensidad que abarca desde los 25 a los 180 minutos (*heavy intensity domain*).

De esta manera, trabajar a intensidades cercanas al umbral de lactato provoca adaptaciones fisiológicas significativas en atletas no entrenados o moderadamente entrenados (Esteve-Lanao et al., 2007a). En contraposición, la evidencia enfatiza que la acumulación principal de volumen, en atletas élite o altamente entrenados, debe realizarse en z1, pareciendo ser más efectiva para la mejorar del rendimiento. Pues consideran que realizar alto volumen en z2 tiene un impacto negativo para el sistema nervioso autónomo en este tipo de población altamente entrenada (Esteve-Lanao et al., 2007a; Schneider et al., 2000). Sin embargo, otros

estudios critican esta hipótesis, pues también consideran que la z2 tiene un menor impacto que el trabajo en z3 (Burnley et al., 2022a).

Siguiendo este camino, surgen estudios que intentan conseguir ambas premisas que trabajen abundante volumen a baja intensidad sin eliminar el desarrollo de esta zona fisiológica correspondiente al segundo umbral de lactato (Leif Inge Tjelta, 2013b; Muñoz et al., 2014).

Beneficios/resultados de los modelos polarizado y piramidal

El volumen de entrenamiento es el mayor predictor de rendimiento en pruebas de resistencia (Casado et al., 2021). En la actualidad, parece ser que la forma óptima de aplicarlo es a través de la baja intensidad, llegando a acumular hasta el 85-90% del volumen en dicha zona de intensidad (Kenneally et al., 2021). Provocando adaptaciones beneficiosas para el rendimiento tales como como son la biogénesis mitocondrial, y su desarrollo en las fibras musculares tipo II, la potenciación de la vía de señalización del calcio en la expresión del PGC1- α (Casado et al., 2023a) y el aumento de densidad capilar provocando una mejora oxidativa de las fibras tipo I (Esteve-Lanao et al., 2007a; Foster et al., 2022b).

Se está llevando a cabo una extensa investigación sobre la realización de trabajo en la z2 (cercana al LT2 o MLSS) y su aplicación práctica. Diversos estudios han abordado este desarrollo mediante la implementación de un trabajo continuo en dicha zona de intensidad (Casado et al., 2021) y otros, por fraccionarlo en intervalos cortos o largos (Casado et al., 2023b) con sus respectivos beneficios como la tolerancia a un mayor volumen de entrenamiento, adaptaciones oxidativas, reclutamiento neuromuscular, adaptaciones específicas musculares, ritmos específicos, etc. También provocando el desarrollo de esta zona fisiológica una estimulación de adaptaciones fisiológicas a diferentes niveles de intensidad, un desarrollo de una gran y sólida base aeróbica y una mayor integración del atleta para afrontar diferentes demandas competitivas derivadas de la mejora de la capacidad anaeróbica y de alta intensidad (Burnley et al., 2022a; Casado et al., 2023a; Sjödín et al., 1982).

Destacando también que estas TID puede prevenir el sobreentrenamiento (Esteve-Lanao et al., 2007a). Además de ser la periodización con mayor evidencia contrastada en atletas bien entrenados.

Por otro lado, no se debe olvidar el trabajo a alta intensidad en la estructuración semanal.

Por consiguiente, parece que la literatura científica está dando un giro de guion y muestra los mayores beneficios de la predominancia al trabajo a baja intensidad, en contraposición al trabajo entre umbrales, contextualizando el tipo de deportista y momento de la temporada.

Con el fin de conseguir un mayor estímulo en el entrenamiento, los deportistas de resistencia en su conjunto – élite y no élite – están apostando por una distribución piramidal de la intensidad durante toda la temporada para finalizar con una polarizada en la fase competitiva, con propósito de reducir la carga y trabajar el ritmo específico de competición, manteniendo entre 1 y 2 sesiones semanales cercanas al LT2, evitando una desadaptación.

Limitaciones

Otro aspecto crucial observado reside en la contextualización del momento de la temporada y prueba a preparar que se encuentra el deportista (Casado et al., 2022b). Pues algunos estudios han propuesto o han observado la combinación de piramidal, en la fase general, y polarizada, en la fase competitiva (Filipas et al., 2022b; Kenneally et al., 2022b) o incluso piramidal para atletas de fondo durante toda la temporada y para mediodfondistas durante la fase de desarrollo y polarizada durante el resto de la temporada del mediodfondista

(Kenneally et al., 2021). Por lo cual, se sugiere en investigaciones futuras el control de dichas variables temporales y específicas del deportista para establecer unas conclusiones acertadas.

De este modo, para seguir un modelo u otro hay que cuantificar el volumen de intensidad realizado en cada zona y puede surgir otra problemática en cuanto a su cálculo; pues hay autores que la realizan por tiempo, por ritmo, por indicadores de carga interna como frecuencia cardiaca o lactato, combinándolas, etc. (Bellinger et al., 2019; Casado et al., 2023b; Festa et al., 2019; T. W. Jones et al., 2021; Kenneally et al., 2018, 2021, 2022b; Leif Inge Tjelta, 2013b; Manzi et al., 2015). Sin embargo, debe quedar claro que para seleccionar una u otra es imprescindible conocer la finalidad fisiológica y mecánica que se busca desarrollar para elegir un método u otro, valorando su fundamentación científica.

Resumiendo, esta revisión ha analizado tres modelos de TID en atletas de medio fondo y fondo entrenados observando que la distribución polarizada y piramidal son las más empleadas, aunque la elección puede variar según el contexto específico (momento de la temporada y necesidades individuales). Estos hallazgos pueden proporcionar una base para la elaboración de un sistema óptimo, propio y adaptado al contexto que optimice el rendimiento de los deportistas en cuestión.

Conclusiones

La evidencia actual sugiere que seguir una TID piramidal y polarizada es más efectiva que la periodización entre umbrales, siendo éstas las más empleadas por parte de los atletas entrenados de medio fondo y fondo. Además, sugiere la elección de una y otra dependiendo del contexto; es decir, momento de la temporada y las necesidades y características individuales del deportista. Sin embargo, un modelo entre umbrales también resulta efectivo, aunque no de igual manera. Es muy probable que esta conclusión derive de la evidenciada justificación que el volumen es el mejor predictor de rendimiento en carrera. Parece ser que la forma más tolerable que actualmente se conoce de trabajarla es dedicándole más del 70% del volumen a la baja intensidad o z1. Además, la secuencia de entrenamientos “día duro – día suave” permite acumular la mayor cantidad posible de entrenamiento con numerosas sesiones de alto impacto permitiendo una cierta tolerancia. De este modo, se desarrollan sesiones de media o alta intensidad; siendo necesario un control exhaustivo de la misma para conseguirlo. Es por ello que surgen nuevas tendencias en el entrenamiento que abogan por la realización durante el día duro de dos sesiones a umbral por intervalos cortos o largos ($2,5 - 4.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) monitorizando la carga interna (respuesta fisiológica) para evitar la excesiva fatiga y trabajo en una zona no planificada, que derivaría en una no tolerancia al entrenamiento y disminución del rendimiento. De esta manera, en atletas muy entrenados se consiguen acumular hasta 4 sesiones semanales de alto impacto a dicha zona y una de alta intensidad a ritmo específico, reduciéndolas a 2 o 3 en el periodo competitivo a esta última intensidad mencionada. Destacando la necesidad imperiosa de adaptar estas cargas de entrenamiento según el nivel del deportista, siguiendo el principio de individualización.

Aplicaciones prácticas

Según la actual evidencia científica y las conclusiones de este artículo, para todo aquel atleta entrenado de medio fondo y fondo se le recomienda la periodización de su temporada realizando una distribución de la intensidad piramidal, en la que el más del 70% del volumen acumulado se realice en z1, y el 30% restante se distribuya en la z2 y z3. Además, se recomienda la combinación de “día duro – día suave”, realizando 2 días duros semanales mediante sesiones continuas ($2 - 3,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$), interválicas cortas ($3,5 - 4,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) o largas ($2,5 - 4,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) y un día duro de alta intensidad, cercanas a la $v\text{VO}_2\text{máx}$. Estos 2 días duros deben verse modificados para atletas muy entrenados a 4 sesiones, realizando doble sesión (también conocido como doble umbral). Para finalizar, durante la fase competitiva (últimas 6 semanas aproximadamente), con un modelo polarizado en el que se realicen entre 2 y 3 sesiones semanales a alta intensidad relacionada con el ritmo específico de competición. Recalcando el principio de individualización del entrenamiento según las características del individuo.

Siguiendo este modelo, se controlaría la intensidad a través del ritmo y/o frecuencia cardíaca (además del RPE) en los días de baja intensidad y con mediciones de lactato durante los días de alta intensidad.

Propuesta de intervención

Como se muestra en la Tabla 4 (4.1 y 4.2) del Anexo III, se exponen dos semanas tipo generales para un atleta altamente entrenado.

Referencias

- Bellinger, P., Arnold, B., & Minahan, C. (2019). Quantifying the Training-Intensity Distribution in Middle-Distance Runners: The Influence of Different Methods of Training-Intensity Quantification. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(3), 1–5. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0298>
- Burnley, M., Bearden, S. E., & Jones, A. M. (2022a). Polarized Training Is Not Optimal for Endurance Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(6), 1032–1034. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002869>
- Burnley, M., Bearden, S. E., & Jones, A. M. (2022b). Polarized Training Is Not Optimal for Endurance Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(6), 1032–1034. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002869>
- Casado, A., Foster, C., Bakken, M., & Tjelta, L. I. (2023a). Does Lactate-Guided Threshold Interval Training within a High-Volume Low-Intensity Approach Represent the “Next Step” in the Evolution of Distance Running Training? In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 20, Issue 5). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph20053782>
- Casado, A., Foster, C., Bakken, M., & Tjelta, L. I. (2023b). Does Lactate-Guided Threshold Interval Training within a High-Volume Low-Intensity Approach Represent the “Next Step” in the Evolution of Distance Running Training? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph20053782>
- Casado, A., González-Mohino, F., González-Ravé, J. M., & Foster, C. (2022a). Training Periodization, Methods, Intensity Distribution, and Volume in Highly Trained and Elite Distance Runners: A Systematic Review. In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 17, Issue 6, pp. 820–833). Human Kinetics Publishers Inc. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0435>
- Casado, A., González-Mohino, F., González-Ravé, J. M., & Foster, C. (2022b). Training Periodization, Methods, Intensity Distribution, and Volume in Highly Trained and Elite Distance Runners: A Systematic Review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(6), 820–833. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0435>
- Casado, A., Hanley, B., Santos-Concejero, J., & Ruiz-Pérez, L. M. (2021). World-class long-distance running performances are best predicted by volume of easy runs and deliberate practice of short-interval and tempo runs. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(9), 2525–2531. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003176>
- de Morton, N. A. (2009). The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 55(2), 129–133. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(09\)70043-1](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(09)70043-1)
- Esteve-Lanao, J., Foster, C., Seiler, S., & Lucia, A. (2007a). Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 943–949. <https://doi.org/10.1519/R-19725.1>
- Esteve-Lanao, J., Foster, C., Seiler, S., & Lucia, A. (2007b). IMPACT OF TRAINING INTENSITY DISTRIBUTION ON PERFORMANCE IN ENDURANCE ATHLETES. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 21, Issue 3).

- Farrell, J. W., Dunn, A., Cantrell, G. S., Lantis, D. J., Larson, D. J., & Larson, R. D. (2021). Effects of Group Running on the Training Intensity Distribution of Collegiate Cross-Country Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(10), 2862–2869. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003236>
- Festa, L., Tarperi, C., Skroce, K., La Torre, A., & Schena, F. (2019). Effects of Different Training Intensity Distribution in Recreational Runners. *Frontiers in Sports and Active Living*, 1, 70. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00070>
- Filipas, L., Bonato, M., Gallo, G., & Codella, R. (2022a). Effects of 16 weeks of pyramidal and polarized training intensity distributions in well-trained endurance runners. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 32(3), 498–511. <https://doi.org/10.1111/sms.14101>
- Filipas, L., Bonato, M., Gallo, G., & Codella, R. (2022b). Effects of 16 weeks of pyramidal and polarized training intensity distributions in well-trained endurance runners. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 32(3), 498–511. <https://doi.org/10.1111/sms.14101>
- Foster, C. (1983). Vo2max and training indices as determinants of competitive running performance. *Journal of Sports Sciences*, 1(1), 13–22. <https://doi.org/10.1080/02640418308729657>
- Foster, C., Casado, A., Esteve-Lanao, J., Haugen, T., & Seiler, S. (2022a). Polarized Training Is Optimal for Endurance Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(6), 1028–1031. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002871>
- Foster, C., Casado, A., Esteve-Lanao, J., Haugen, T., & Seiler, S. (2022b). Polarized Training Is Optimal for Endurance Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(6), 1028–1031. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002871>
- Gordon, D., Wightman, S., Basevitch, I., Johnstone, J., Espejo-Sanchez, C., Beckford, C., Boal, M., Scruton, A., Ferrandino, M., & Merzbach, V. (2017). Physiological and training characteristics of recreational marathon runners. *Open Access Journal of Sports Medicine, Volume 8*, 231–241. <https://doi.org/10.2147/oajsm.s141657>
- Haugen, T., Sandbakk, Ø., Seiler, S., & Tønnessen, E. (2022). The Training Characteristics of World-Class Distance Runners: An Integration of Scientific Literature and Results-Proven Practice. In *Sports Medicine - Open* (Vol. 8, Issue 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00438-7>
- Ingham, S. A., Whyte, G. P., Pedlar, C., Bailey, D. M., Dunman, N., & Nevill, A. M. (2008). Determinants of 800-m and 1500-m running performance using allometric models. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(2), 345–350. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815a83dc>
- Jones, A. M., & Carter, H. (2000). *The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness*.
- Jones, T. W., Shillabeer, B. C., Ryu, J. H., & Cardinale, M. (2021). Development in adolescent middle-distance athletes: A study of training loadings, physical qualities, and competition performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35, S103–S110. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003437>

- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: The physiology of champions. In *Journal of Physiology* (Vol. 586, Issue 1, pp. 35–44).
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., Erlacher, D., Halson, S. L., Hecksteden, A., Heidari, J., Wolfgang Kallus, K., Meeusen, R., Mujika, I., Robazza, C., Skorski, S., Venter, R., & Beckmann, J. (2018). Recovery and performance in sport: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *13*(2), 240–245. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0759>
- Kenneally, M., Casado, A., Gomez-Ezeiza, J., & Santos-Concejero, J. (2021). Training intensity distribution analysis by race pace vs. physiological approach in world-class middle- and long-distance runners. *European Journal of Sport Science*, *21*(6), 819–826.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1773934>
- Kenneally, M., Casado, A., Gomez-Ezeiza, J., & Santos-Concejero, J. (2022a). Training Characteristics of a World Championship 5000-m Finalist and Multiple Continental Record Holder Over the Year Leading to a World Championship Final. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *17*(1), 142–146.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0114>
- Kenneally, M., Casado, A., Gomez-Ezeiza, J., & Santos-Concejero, J. (2022b). Training Characteristics of a World Championship 5000-m Finalist and Multiple Continental Record Holder Over the Year Leading to a World Championship Final. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *17*(1), 142–146.
<https://doi.org/10.1123/IJSP.2021-0114>
- Kenneally, M., Casado, A., Gomez-Ezeiza, J., & Santos-Concejero, J. (2022c). Training Characteristics of a World Championship 5000-m Finalist and Multiple Continental Record Holder Over the Year Leading to a World Championship Final. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *17*(1), 142–146.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0114>
- Kenneally, M., Casado, A., & Santos-Concejero, J. (2018). The effect of periodization and training intensity distribution on middle- and long-distance running performance: A systematic review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *13*(9), 1114–1121. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0327>
- Leif Inge Tjelta. (2013a). A Longitudinal Case Study of the Training of the 2012 European 1500m Track Champion. *IJASS(International Journal of Applied Sports Sciences)*, *25*(1), 11–18. <https://doi.org/10.24985/ijass.2013.25.1.11>
- Leif Inge Tjelta. (2013b). A Longitudinal Case Study of the Training of the 2012 European 1500m Track Champion. *IJASS(International Journal of Applied Sports Sciences)*, *25*(1), 11–18. <https://doi.org/10.24985/ijass.2013.25.1.11>
- Manzi, V., Bovenzi, A., Castagna, C., Salimei, P. S., Volterrani, M., & Iellamo, F. (2015). Training-load distribution in endurance runners: Objective versus subjective assessment. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(8), 1023–1028.
<https://doi.org/10.1123/IJSP.2014-0557>
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., & Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport

Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). In *European Journal of Sport Science* (Vol. 13, Issue 1, pp. 1–24).
<https://doi.org/10.1080/17461391.2012.730061>

- Morgan, D. W., BALDINI, F. D., MARTIN, P. E., & KOHRT, W. M. (1989). Ten kilometer performance and predicted velocity at V02max among well-trained male runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 21(1), 78–83.
- Muñoz, I., Seiler, S., Bautista, J., España, J., Larumbe, E., & Esteve-Lanao, J. (2014). Does polarized training improve performance in recreational runners? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2), 265–272. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2012-0350>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. In *The BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group.
<https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Rønnestad, B. R., & Hansen, J. (2018). A scientific approach to improve physiological capacity of an elite cyclist. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(3), 390–393. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2017-0228>
- Sandford, G. N., Laursen, P. B., & Buchheit, M. (2021). Anaerobic Speed/Power Reserve and Sport Performance: Scientific Basis, Current Applications and Future Directions. *Sports Medicine*, 51(10), 2017–2028. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01523-9>
- Santos, T. M., Rodrigues, A. I., Greco, C. C., Marques, A. L., Terra, B. S., & Oliveira, B. R. R. (2012). VO2má x estimado e sua velocidade correspondente predizem o desempenho de corredores amadores. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 14(2), 192–201. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2012v14n2p192>
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., & Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. In *Sports Medicine* (Vol. 34, Issue 7, pp. 465–485).
<https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00005>
- Schneider, D. A., McLellan, T. M., & Gass, G. C. (2000). Plasma catecholamine and blood lactate responses to incremental arm and leg exercise. In *Med. Sci. Sports Exerc* (Vol. 32, Issue 3). <http://www.msse.org>
- Seiler, S. (2010). What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 5, Issue 3, pp. 276–291). Human Kinetics Publishers Inc.
<https://doi.org/10.1123/ijssp.5.3.276>
- Sjödin, B., Jacobs, I., & Svedenhag, J. (1982). Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 49(1), 45–57.
<https://doi.org/10.1007/BF00428962>
- Skinner, J. S., & McLellan, T. H. (1980). The Transition from Aerobic to Anaerobic Metabolism. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51(1), 234–248.
<https://doi.org/10.1080/02701367.1980.10609285>

- Tjelta, L., Tønnessen, E., & Enoksen, E. (2014). A case study of the training of nine times New York Marathon winner Grete Waitz. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 9(1), 139–157. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.1.139>
- Tnønessen, E., Sylta, Ø., Haugen, T. A., Hem, E., Svendsen, I. S., & Seiler, S. (2014). The road to gold: Training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *PLoS ONE*, 9(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101796>
- Yoshida, T., Udo, M., Iwai, K., Chida, M., Ichioka, M., Nakadomo, F., & Yamaguchi, T. (1990). Significance of the contribution of aerobic and anaerobic components to several distance running performances in female athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 60(4), 249–253. <https://doi.org/10.1007/BF00379391>



Anexos

ANEXO I: Escala PEDro

Artículo	Ítems											Total	Nivel de Evidencia
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
(Muñoz et al., 2014)	Sí	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9	Excelente
(Filipas et al., 2022b)	Sí	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	9	Excelente

Tabla 1. Escala PEDro.

Ítem:

1. Los criterios de elección fueron especificados.
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos.
3. La asignación fue oculta.
4. Los grupos fueron similares al inicio con relación a los indicadores de pronóstico más importantes.
5. Todos los sujetos fueron cegados.
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados.
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados.
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos.
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar".
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave.
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.

ANEXO II: Tabla 3.

Escala		[Bla]	HR	VO ₂ max	RPE	Método de entrenamiento
6 zonas	3 zonas	mmol · L ⁻¹	% Max	%	6-20	
SST (6)	3	n/a	>97	n/a	n/a	Sprint
VHIT (5)	3	8 – 18	92 – 97	94 – 140	18 – 20	Tolerancia al lactato (p.ej: ritmo de 800 m y 1500 m)
HIT (4)	3	4.5 – 8	87 – 92	88 - 94	16 – 18	Intervalos aeróbicos intensivos /p.ej: ritmo de 5000 m)
MIT (3)	2	3.5 – 4.5	82 – 87	80 – 88	14 – 16	Entrenamiento a umbral: intervalos (ritmo de 10.000 m)
MIT (2)	2	2 – 3.5	80 – 84	80 – 84	12 – 14	Entrenamiento a umbral: continuo / intervalos (ritmo de maratón)
LIT (1)	1	0.7 – 2	55 – 80	55 – 80	9 – 12	Carrera continua fácil y moderada

Tabla 3. Distribución de las zonas de intensidad (Casado et al., 2023b)

ANEXO III: Tabla 4 (4.1 y 4.2). Propuesta de intervención.

Fase general (individuo altamente entrenado)		
Día de la semana	Entrenamiento de mañana	Entrenamiento de tarde
Lunes	Z1	Z1 + velocidad 10x100 m a máxima velocidad recuperando 4'
Martes	6-8k Intervalos cortos a 3,5 – 4,5 mmol · L ⁻¹ 20x400 metros recuperando 45"-70"	6-8k Intervalos largos a 2 – 4,5 mmol · L ⁻¹ 4x2000 metros recuperando 2-4'
Miércoles	Z1	Z1 + velocidad 10x10" a máxima velocidad recuperando 3'
Jueves	6-8k Intervalos cortos a 3,5 – 4,5 mmol · L ⁻¹ 20x400 metros recuperando 45"-70"	Sesión continua 2,0 – 4,0 mmol · L ⁻¹ 6km
Viernes	Z1	Z1
Sábado	Sesión interválica corta de alta intensidad (puede realizarse en colinas): 15x300 a VAM rec 30-60"	Z1
Domingo	15-21k z1	-

Volumen semanal medio: 150 km por semana

Tabla 4.1. Propuesta de intervención

Fase competitiva (individuo altamente entrenado)		
Día de la semana	Entrenamiento de mañana	Entrenamiento de tarde
Lunes	Z1	Z1 + velocidad 5x100 m a máxima velocidad recuperando 4' + 4x200 al 125% VAM recuperando 3'
Martes	Entrenamiento interválico específico: 3x (500 + 300) con recuperaciones de 1'30 y 8' al 115% de la VAM	Z1
Miércoles	Z1	Z1 + velocidad 10x10" a máxima velocidad recuperando 3'
Jueves	6-8k Intervalos cortos 8x1000 metros recuperando 60"-75" (a 2,5 – 4,0 mmol · L ⁻¹)	Z1
Viernes	Z1	Z1
Sábado	Entrenamiento interválico específico: 5x300 al 100-105% de la VAM + 5x200 al 105-110% de la VAM + 2x150 a máxima velocidad	Z1
Domingo	Z1	-

Volumen semanal medio: 140 km por semana

Tabla 4.2. Propuesta de intervenció