



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

MÁSTER RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD

**Demandas fisiológicas y de rendimiento de los
atletas de élite en carreras de ciclismo de cross-
country olímpico (XCO).**

Autor: Joel Villaverde Rodríguez

Tutor: Alejandro Javaloyes Torres

Curso académico: 2024/2025

ÍNDICE

<i>Resumen</i>	3
<i>Abstract</i>	4
<i>Introducción</i>	6
<i>Método</i>	11
Participantes	11
Diseño experimental	12
Procedimientos	12
Análisis estadístico	14
<i>Referencias</i>	17



Resumen

Introducción: El ciclismo de montaña en la disciplina de Cross-Country Olímpico (XCO) es un deporte de resistencia muy demandante que integra esfuerzos continuos de alta intensidad, destrezas técnicas y condiciones ambientales variables. Entender las necesidades fisiológicas y de rendimiento de los deportistas de alto nivel es crucial para mejorar el entrenamiento y las tácticas de competición.

Objetivo: Este estudio tuvo como finalidad caracterizar las exigencias fisiológicas y de rendimiento de ciclistas élite internacionales de XCO y comparar las métricas fundamentales entre los finalistas del Top 5 y los demás competidores. Igualmente, se intentó definir valores de referencia a partir de una muestra extensa y de alta calidad.

Metodología: Se llevó a cabo un estudio observacional retrospectivo utilizando 281 registros válidos de competición en formato .fit recolectados entre 2021 y 2024. Se examinaron variables de desempeño como la potencia, ritmo cardíaco, cadencia, velocidad y elevación. Se calcularon métricas adicionales como el VO_2max estimado, el torque, la eficiencia mecánica y la potencia relativa ($\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$). Se realizó el análisis estadístico en RStudio utilizando pruebas no paramétricas (Wilcoxon-Mann-Whitney con corrección de Bonferroni), test de Welch, correlaciones de Spearman y regresión logística.

Resultados: Se encontraron diferencias notables entre el grupo Top 5 y los demás en varias variables, especialmente en la potencia relativa y el tiempo dedicado a zonas de alta intensidad. Estos resultados muestran un perfil de rendimiento distinto entre los ciclistas con mejores posiciones al final.

Conclusión: Este análisis ofrece información normativa valiosa y evidencia de que los ciclistas de XCO de élite que logran posiciones entre los 5 primeros poseen características fisiológicas y de rendimiento destacadas. Estos resultados pueden ayudar a optimizar la

planificación del entrenamiento y las tácticas competitivas en el ciclismo de montaña de alto rendimiento.

Palabras clave: Cross – Country Olímpico, ciclistas élites, VO₂max, Potencia, Torque, Valores normativos.

Abstract

Introduction: Mountain biking in the Cross-Country Olympic (XCO) discipline is a highly demanding endurance sport that combines continuous high-intensity efforts, technical skills, and variable environmental conditions. Understanding the physiological and performance demands of high-level athletes is crucial for improving training and competition strategies.

Objective: This study aimed to characterize the physiological and performance demands of elite international XCO cyclists and to compare key metrics between Top 5 finishers and the remaining competitors. Additionally, it sought to define reference values based on a large, high-quality sample.

Methods: A retrospective observational study was conducted using 281 valid race files in .fit format collected between 2021 and 2024. Performance variables such as power output, heart rate, cadence, speed, and elevation were examined. Additional metrics including estimated VO₂max, torque, mechanical efficiency, and relative power ($W \cdot kg^{-1}$) were calculated. Statistical analysis was performed in RStudio using non-parametric tests (Wilcoxon-Mann-Whitney with Bonferroni correction), Welch's t-test, Spearman correlations, and logistic regression.

Results: Significant differences were found between the Top 5 group and the rest in several variables, especially relative power and time spent in high-intensity zones. These results demonstrate a distinct performance profile among the highest-ranking cyclists.

Conclusion: This analysis provides valuable normative data and evidence that elite XCO cyclists who finish among the Top 5 possess superior physiological and performance characteristics. These findings may help optimize training planning and competitive strategies in high-performance mountain biking.

Keywords: Cross-Country Olympic, elite cyclists, VO_2max , power output, torque, normative values.



Introducción

El ciclismo de montaña es un deporte recreativo y competitivo muy popular, y uno de sus eventos más prestigiosos (Cross-Country) se incluyó como deporte olímpico oficial en los Juegos de Verano de Atlanta de 1996 (Impellizzeri et al., 2005). Las carreras de ciclismo de montaña se celebran principalmente en un solo día y los competidores completan varias vueltas a un circuito sobre terreno diverso, compuesto por caminos de tierra y grava, senderos estrechos y campos abiertos. Las carreras de ciclismo de montaña suelen incluir descensos técnicos y una proporción significativa de ascensos. La prestigiosa Copa del Mundo de ciclismo de montaña incluye tramos de ascenso que representan aproximadamente el 40% de la distancia de la carrera (calculado a partir de 14 carreras de la Copa del Mundo entre 1997 y 1998; información proporcionada por los organizadores) (Lee et al., 2002).

El Cross-Country Olympic (XCO) es un deporte de resistencia exigente que desafía a los atletas de élite con una combinación de requisitos fisiológicos, técnicos y tácticos al más alto nivel internacional. Los ciclistas de élite XCO compiten en eventos de alto nivel, como las carreras de la Copa del Mundo, donde se desplazan por terrenos variados, incluyendo tramos de subida y bajada, a menudo en condiciones ambientales extremas. Estas carreras, que suelen celebrarse a altitudes que oscilan entre los 50 y los 2680 m y temperaturas ambientales entre los 7 y los 41 °C, exigen a los atletas mantener esfuerzos intensos en distancias de 15,2 a 48,4 km y duraciones de 55 a 157 minutos (Brocherie et al., 2020).

Las exigencias fisiológicas de las carreras de XCO son complejas y requieren un equilibrio entre los sistemas energéticos aeróbico y anaeróbico. Los atletas deben mantener altas cargas de trabajo aeróbico, especialmente en las subidas, donde la reducción de la velocidad de pedaleo limita el enfriamiento convectivo, aumentando la

dependencia de la capacidad aeróbica (Macdermid y Stannard, 2012; Brocherie et al., 2020). Los estudios disponibles muestran que las carreras de circuito de cross country se realizan a una intensidad de ejercicio muy alta, con una frecuencia cardíaca promedio de competición cercana al 90 % de la máxima en carreras de hasta dos horas de duración y con valores de potencia de salida (PO) que alcanzan entre 250 y 500 W durante las subidas. Además, investigaciones más recientes han demostrado que un alto consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) y la capacidad de mantener un trabajo aeróbico submáximo elevado (umbrales de lactato) son determinantes importantes del rendimiento. Algunos estudios también han demostrado que la masa corporal debe tenerse en cuenta al evaluar las características fisiológicas de los ciclistas de montaña y su relación con el rendimiento (Impellizzeri et al., 2005). Existe un consenso general sobre los factores fisiológicos que limitan el rendimiento de resistencia. Sin embargo, continúa el debate sobre cómo organizar el proceso de entrenamiento diario para desarrollar mejor estos componentes y mejorar el rendimiento.

Es común organizar el continuo de intensidad del entrenamiento en zonas específicas, que a menudo se definen en términos de frecuencia cardíaca o rangos de concentración de lactato en sangre. Las zonas de entrenamiento se han recomendado en la literatura de entrenamiento y los organismos rectores deportivos nacionales e internacionales han implementado escalas estandarizadas de zonas de intensidad que constan de hasta cinco zonas de intensidad aeróbica diferentes. Sin embargo, estas numerosas zonas de intensidad sugieren un grado de especificidad fisiológica que no está realmente presente (Seiler et al., 2006). También se especula que existen tres tipos de fatiga (un concepto que consideraba inexacto): (1) la asociada a esfuerzos breves e intensos; (2) el agotamiento que se produce cuando un esfuerzo de intensidad moderada se mantiene durante un

tiempo prolongado; y (3) la fatiga asociada a un desgaste más general. Se creía que los dos primeros tipos de fatiga eran principalmente musculares (Joyner & Coyle, 2008).

Por el contrario, las secciones de descenso exigen una gran destreza técnica y permiten la recuperación fisiológica, lo que pone de manifiesto la interacción entre las habilidades físicas y técnicas (Macdermid & Stannard, 2012). Las contribuciones anaeróbicas son fundamentales en los inicios de carrera y en esfuerzos cortos e intensos, como los sprints o las subidas empinadas, lo que resalta la necesidad de contar con una capacidad anaeróbica bien desarrollada (Macdermid & Stannard, 2012). Los factores ambientales complican aún más estas demandas, ya que la altitud reduce el VO_2max en aproximadamente un 5–7 % por cada 1000 m, mientras que el estrés térmico provocado por altas temperaturas y humedad puede afectar negativamente el rendimiento de resistencia al inducir hipertermia (Brocherie et al., 2020; Nybo et al., 2014). Estos desafíos ambientales requieren estrategias adaptativas para mantener el rendimiento en condiciones variables.

El perfil geográfico de un recorrido de ciclismo de montaña de cross country varía considerablemente. La naturaleza del deporte implica que la ventaja posicional al inicio de la carrera es vital. El resultado es un ritmo explosivo al inicio, seguido de arranques intermitentes durante 1,5-1,75 h (Macdermid & Stannard, 2012). El objetivo principal de clasificar a los atletas en filas de la parrilla es recompensar a los mejores atletas con una ventaja justa basada en su rendimiento previo, pero con amplias oportunidades para que los atletas con clasificaciones más bajas mejoren su posición a lo largo de la competición (Macdermid & Morton, 2012).

El entrenamiento para las competiciones de XCO suele basarse en una distribución polarizada de la intensidad (POL), en la que una parte significativa del volumen de entrenamiento se realiza a bajas intensidades (por debajo del primer umbral ventilatorio)

con el objetivo de mejorar la resistencia aeróbica, complementada con sesiones de alta intensidad para desarrollar la potencia anaeróbica (Schneeweiss et al., 2022; Seiler & Kjerland, 2006). La investigación sugiere que el enfoque POL puede mejorar variables clave de resistencia, como el $\text{VO}_{2\text{peak}}$, el tiempo hasta la extenuación y la capacidad de ejercicio a alta intensidad, en mayor medida que el entrenamiento de baja intensidad (LIT) o el entrenamiento en zona umbral (THR) en deportistas de resistencia (Stöggl & Sperlich, 2014; Neal et al., 2013). Sin embargo, el enfoque óptimo de entrenamiento para el XCO sigue siendo motivo de debate, ya que algunos estudios no han encontrado una superioridad clara del modelo POL sobre el LIT en el rendimiento competitivo (Schneeweiss et al., 2022).

Los avances tecnológicos, como los potenciómetros móviles, han facilitado un control más preciso del entrenamiento al medir directamente la potencia generada en el ciclismo, ofreciendo una métrica más fiable que la frecuencia cardíaca, la cual puede verse influida por factores externos y presenta un retraso en su respuesta ante los cambios de intensidad (Schneeweiss et al., 2022; Allen & Coggan, 2010). Estos desarrollos refuerzan la necesidad de comprender en detalle las métricas específicas de rendimiento que caracterizan a los ciclistas de élite en XCO.

A pesar del creciente cuerpo de investigaciones sobre las competiciones de XCO, todavía existe una laguna en la caracterización completa de las demandas fisiológicas y de rendimiento de los deportistas de élite al más alto nivel competitivo, especialmente en lo que respecta a la distinción entre los mejores clasificados y el resto de los participantes. Estudios previos han analizado el impacto de factores ambientales y estrategias de entrenamiento en el rendimiento en XCO, pero pocos se han centrado específicamente en las diferencias entre los finalistas del Top 5 y los demás competidores (Macdermid & Stannard, 2012; Brocherie et al., 2020). Además, los datos normativos sobre métricas de

rendimiento en XCO de élite son limitados, lo que dificulta el establecimiento de referencias claras para el entrenamiento y la preparación competitiva. La naturaleza dinámica de este deporte, que implica rápidas transiciones entre esfuerzos de alta intensidad y descensos técnicos, exige una comprensión profunda de las demandas fisiológicas y de rendimiento para optimizar el entrenamiento y las estrategias competitivas. Este estudio se centra en una amplia cohorte de 654 ciclistas masculinos de élite en XCO, clasificados en finalistas del Top 5 y el resto, utilizando datos de 281 archivos de carrera válidos recopilados entre 2021 y 2024, con el objetivo de analizar dichas demandas en el contexto de la competición internacional.

Por tanto, este estudio tiene como objetivo caracterizar las demandas fisiológicas y de rendimiento de los ciclistas de XCO de élite, enfocándose en las diferencias entre aquellos que terminan en los primeros 5 puestos (Top 5) y el resto del campo, a partir de datos de una muestra amplia. Se pretende establecer valores normativos que sirvan como referencia para mejorar la preparación de los ciclistas en competiciones internacionales. La hipótesis del estudio plantea que los ciclistas del Top 5 exhibirán capacidades fisiológicas y de rendimiento superiores a las de los ciclistas del resto del pelotón, reflejando una mayor aptitud para afrontar las demandas físicas y técnicas del deporte.

Método

Participantes

Este Trabajo Final de Máster incluye 654 ciclistas de montaña de categoría élite. Todos ellos son varios y participaron en competiciones internacionales de Cross Country Olímpico (XCO) entre los años 2021 y 2024. La muestra de los datos se obtuvo a partir de 281 archivos de competición válidos, en formato “.fit”, seleccionados por cumplir criterios de integridades de datos y validez en cuanto a los parámetros fisiológicos y de rendimiento registrados.

Por su análisis, la muestra fue dividida en dos grupos, según el rendimiento obtenido en competición. Un grupo que conforman las primeras 5 posiciones dentro de la clasificación de la competición (Top 5; $n = 32$), y otro grupo compuesto por los ciclistas que finalizaron a partir de la sexta posición (Rest; $n = 622$). Esta clasificación, se realizó con el objetivo de analizar diferencia significativa entre los mejores deportistas y el resto de los participantes.

Los deportistas incluidos en este trabajo cumplieron con criterios de inclusión como: (1) Que fuesen deportistas de élite y que hayan competido en pruebas internacionales reconocidas; (2) Disponer de archivos de carrera completos en formato “.fit”, donde se incluyen datos de potencia, frecuencia cardíaca, velocidad, altitud, cadencia y muchas otras variables relevante para su análisis; (3) Haber aceptado de manera voluntaria la visualización de estos datos en los archivos formato “.fit”, a partir de la política de privacidad en las plataformas de recogida de datos. Por otra parte, se excluyeron del análisis: (1) Archivos pertenecientes a pruebas de formato distintos al XCO, como el Cross-Country Short Track (XCC); (2) Archivos incompletos o con registros fuera de lo normal (e.g., valores inexistentes de potencia o frecuencia cardiaca).

Diseño experimental

Se llevó a cabo un estudio observacional retrospectivo de tipo comparativo, con el objetivo de analizar todas las demandas y características fisiológicas y de rendimiento en ciclistas de élite en competiciones internacionales (Copas del Mundo, Campeonatos del Mundo, Campeonatos Continentales, Juegos Olímpicos) de Cross-Country Olímpico (XCO).

El diseño del estudio se realizó en torno a datos recogidos en los archivos originales en formato “.fit” de cada competición. Estos datos se obtuvieron de forma natural, sin intervención directa por parte de los investigadores, lo que permitió obtener información ecológicamente válida sobre el comportamiento fisiológico y el rendimiento real en condiciones de alta exigencia competitiva.

El estudio se propuso como objetivo identificar diferencias significativas en las variables fisiológicas y de rendimiento entre ambos grupos. Además, se pueden establecer valores de referencia para los deportistas en XCO. La naturaleza retrospectiva del diseño ha permitido un amplio acceso de datos reales de competición, lo que supone una gran fortaleza metodológica, donde aumenta la validez externa del estudio. No obstante, se debe tener en cuenta limitaciones, como la imposibilidad de controlar variables contextuales o personales, propias o externas de la competición analizada.

Todas las fases del análisis de datos se llevaron a cabo respetando los principios científicos y de privacidad, en línea con los estándares ético-internacionales en investigación.

Procedimientos

Los datos de análisis fueron obtenidos a partir de archivos originales en formato “.fit” registrados durante competiciones oficiales de la disciplina, entre los años 2021-2024,

utilizando ciclocomputadores y herramientas de medida de potencia y frecuencia cardiaca. Para poder obtener los archivos con los datos, fue necesario encontrar las fechas de las competiciones. Por ello, se utilizó una web pública con los eventos específicos. Así, únicamente fueron seleccionados eventos que incluyeron Copas del Mundo, Campeonatos del Mundo, Campeonatos Continentales y Juegos Olímpicos. Los archivos fueron recopilados con una frecuencia de muestreo de 1 Hz (una medición por segundo), fueron procesados y filtrados para excluir valores atípicos, como valores nulos, y segmentos no representativos del esfuerzo competitivo, como pudiese ser el calentamiento y el enfriamiento).

Antes del análisis estadístico, los archivos fueron revisados para asegurar su validez. Se excluyeron todos aquellos con datos incompletos o que no tenían lógica, como registros sin frecuencia cardiaca, sin potencia o señales erróneas. Los dispositivos estaban previamente calibrados según las indicaciones del fabricante, y los ciclistas participantes eran usuarios experimentados, habitados al uso de herramientas de medición durante los entrenamientos y las competiciones. Las métricas registradas que incluimos en el estudio son: Potencia (W), frecuencia cardiaca (lpm), cadencia (rpm), velocidad (km/h), altitud (m), tiempo (s) y distancia (km).

Por otra parte, se registró el peso corporal de cada ciclista a través de mediciones recientes o a través de plataformas de registros de atletas, lo que permitió expresar varias variables en términos relativos al peso (como la potencia relativa, w/kg, o el trabajo específico, kj/kg). Todos los datos se procesaron de forma anónima para preservar la identidad de los participantes.

La potencia absoluta (W) y relativa (w/kg) fue extraída directamente del potenciómetro y representa la potencia mecánica producida por el deportista en cada segundo. La potencia relativa se calculó dividiendo con la masa corporal.

El consumo máximo de oxígeno (ml/kg/min) no se calculó de manera directa, pero se utilizó una fórmula validada por Klitzke Borszcz et al. (2024), donde se utiliza un esfuerzo sostenido de 5 minutos durante la competición. Esta ecuación utiliza la potencia media normalizada a la nada corporal en un esfuerzo continuo de 5 minutos, expresado como: $\text{VO}_{2\text{max}} = 7.44 \times \text{RPO}_{5\text{-min}} + 27.51$. En este estudio, $\text{RPO}_{5\text{-min}}$ fue derivado del esfuerzo máximo de 5 minutos registrado durante las competencias de XCO.

El Torque se obtuvo a partir de la relación entre la potencia y la cadencia, para calcular la fuerza rotacional aplicada al pedal. Utilizando la fórmula (Gardner et al., 2007): **Torque** = $\text{PO} \div (\text{cadence} \times \pi \div 30)$, donde PO es la potencia desarrollada (W), cadencia son las revoluciones por minuto (rpm), y torque se mide en Newton-metros (N x m).

El trabajo por kilómetro (Kj/km) fue registrado como: Trabajo por kilómetro = trabajo mecánico total / distancia, donde el trabajo mecánico total es en kilojulios (kJ) y distancia es en kilómetros (km).

La eficiencia mecánica (kJ/km/h) fue determinada como: Eficiencia mecánica = potencia desarrollada / velocidad donde PO es potencia desarrollada (W) y velocidad es en kilómetros por hora (km/h).

Se establecieron variables adicionales como el tiempo a una intensidad alta de frecuencia cardiaca y velocidad (%), alta frecuencia cardiaca y baja velocidad (%), baja frecuencia cardiaca y alta velocidad (%), y baja frecuencia cardiaca y baja velocidad (%), según lo definido por los umbrales específicos de las demandas de la carrera XCO.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, todos los análisis fueron realizados utilizando el entorno de programación R (versión 4.2.0 o superior, R Core Team, 2022) a través del software RStudio (versión 4.2.0 or higher; Posit Software, PBC, Boston, MA). Los datos se

presentan como media $\pm$ desviación estándar (DE), mediana y cuartiles. La normalidad se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, que reveló distribuciones no normales en la mayoría de las variables del grupo Resto ($p < 0.05$), lo que justificó el uso de pruebas no paramétricas. La homogeneidad de varianzas se comprobó con la prueba de Levene.

Se optó por emplear pruebas no paramétricas para las comparaciones entre grupos. En concreto, se utilizó la prueba de Wilcoxon – Mann – Whitney para comparar las variables fisiológicas y de rendimiento entre los ciclistas que finalizaron en el Top 5 y el resto de los participantes. Para reducir el riesgo de error tipo I debido a comparaciones múltiples, se aplicó una corrección de Bonferroni al conjunto de variables analizadas (por ejemplo, potencia relativa, torque, distribución del tiempo en bandas de potencia) entre los grupos Top 5 y Resto, y se calcularon las correlaciones biseriales de rangos como tamaños del efecto (esperadas entre ~ 0.3 y 0.7).

Además, se calculó el tamaño del efecto para cada comparación y la obtención de la significación mediante la estadística r de Rosenthal, a fin de interpretar la magnitud de las diferencias observadas entre grupos.

Como prueba complementaria para las comparaciones entre grupos, se aplicó el test t de Welch, que asume varianzas desiguales, y se calcularon los tamaños del efecto con el estadístico d de Cohen, interpretándose como moderados (>0.5) o grandes (>0.8).

Se calcularon correlaciones de rango de Spearman para explorar relaciones entre las variables de rendimiento (como la potencia relativa, torque, o tiempo en determinadas bandas de potencia) y la posición final en la carrera. Los coeficientes de correlación se interpretaron como débiles (<0.3), moderados ($0.3-0.5$) o fuertes (>0.5).

Con el fin de evaluar la capacidad predictiva de ciertas variables de rendimiento, se construyó un modelo de regresión logística binaria, utilizando como variable dependiente

el estado competitivo (Top 5 = 1; Resto = 0). Entre las variables independientes introducidas en el modelo, se incluyó el porcentaje de tiempo invertido en la zona de potencia relativa entre 9.01–12.00 W·kg⁻¹, dado su aparente relevancia como discriminador de alto rendimiento. Se reportaron los valores de odds ratio (OR) con sus respectivos intervalos de confianza al 95 %, así como el p-valor ajustado correspondiente.

Todos los resultados se representaron mediante medidas de tendencia central (media y mediana) y dispersión (desviación estándar o rango intercuartílico, según la distribución), y fueron complementados con gráficos descriptivos elaborados en ggplot2 (R).



Referencias

1. Allen, H., & Coggan, A. (2010). *Training and racing with a power meter*. VeloPress.
2. Brocherie, F., Fischer, S., De Laroche Lambert, Q., Meric, H., & Riera, F. (2020). Influence of environmental factors on Olympic cross-country mountain bike performance. *Temperature*, 7(2), 149–156. <https://doi.org/10.1080/23328940.2020.1761577>
3. Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Rampinini, E., et al. (2005). Correlations between physiological variables and performance in high level cross country off road cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 39(10), 747–751. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2004.017236>
4. Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: The physiology of champions. *Journal of Physiology*, 586(1), 35–44. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
5. Macdermid, P. W., & Morton, R. H. (2012). A longitudinal analysis of start position and the outcome of World Cup cross-country mountain bike racing. *Journal of Sports Sciences*, 30(2), 175–182. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.627368>
6. Macdermid, P. W., & Stannard, S. (2012). Mechanical work and physiological responses to simulated cross country mountain bike racing. *Journal of Sports Sciences*, 30(14), 1491–1501. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.711487>
7. Nybo, L., Rasmussen, P., & Sawka, M. N. (2014). Performance in the heat—physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. *Comprehensive Physiology*, 4(2), 657–689. <https://doi.org/10.1002/cphy.c130033>

8. R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
9. Schneeweiss, P., Schellhorn, P., Haigis, D., Niess, A., Martus, P., & Krauss, I. (2022). Effects of different training intensity distributions on performance in young competitive cross-country mountain bike athletes. *Sports*, 10(4), 53. <https://doi.org/10.3390/sports10040053>
10. Stöggl, T., & Sperlich, B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Frontiers in Physiology*, 5, 33. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00033>
11. Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: Is there evidence for an “optimal” distribution? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16(1), 49–56. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x>