

Article

# Efectos del Entrenamiento de Bajo Volumen y Alta Intensidad en el Rendimiento en Nadadores de Competición. Una Revisión Sistemática

Frank J. Nugent<sup>1</sup>, Thomas M. Comyns<sup>1</sup>, Emma Burrows<sup>2</sup> y Giles D. Warrington<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education and Sports Sciences, University of Limerick, Ireland

<sup>2</sup>School of Human Health and Performance, Dublin City University, Ireland.

## RESUMEN

El propósito de esta revisión sistemática fue analizar los alcances y la calidad de la literatura de investigación actual para determinar los efectos del entrenamiento de bajo volumen y alta intensidad (HIT) en el rendimiento fisiológico y el rendimiento de nado de nadadores de competición. La metodología siguió el protocolo PRISMA-P. Se realizó una búsqueda en las principales bases de datos y resúmenes de conferencias existentes hasta Diciembre de 2015. Los criterios de inclusión fueron: a) nadadores de competición, b)  $\geq 4$  semanas de intervención de HIT, c) el grupo de control debía realizar un mayor volumen de entrenamiento, d) variables de medición vinculadas al rendimiento fisiológico y rendimiento de nado, e) información de todos los diseños experimentales del estudio. La evaluación de la calidad se realizó utilizando la lista de control del índice de calidad (Quality Index Checklist). Los resultados revelaron que de los 538 estudios obtenidos, 7 estudios cumplieron los criterios de inclusión. Seis de los 7 estudios observaron que una intervención HIT provocó mejoras significativas en el rendimiento fisiológico. Cuatro de los 7 estudios observaron que el HIT produjo mejoras significativas en el rendimiento de nado y ninguno de los 7 estudios observó una disminución en el rendimiento fisiológico o de nado. A pesar de los resultados positivos de esta revisión, una de las limitaciones que presentaron varios estudios fue la corta duración del estudio. La evidencia actual sobre los efectos del HIT en el rendimiento es prometedora, sin embargo es difícil sacar conclusiones exactas hasta que se realicen más investigaciones.

## INTRODUCCIÓN

La natación ha formado parte del programa olímpico desde el comienzo de los primeros Juegos Olímpicos modernos en 1896. Durante este tiempo el deporte ha progresado hasta convertirse en uno de los deportes olímpicos más importantes con 32 eventos de piscina con distancias que van de 50 a 1500 metros. Los tiempos de los ganadores de la Medalla de Oro en los Juegos Olímpicos de Londres 2012 variaron de 21,34 segundos para el evento de 50 m a aproximadamente 14 minutos y 31,02 segundos para el evento de 1500 metros. Veintiséis de los treinta y dos (81%) eventos de natación de nivel olímpico se compiten en una distancia de carrera de 200 m o menos, con una duración típica inferior a 2 minutos y 20

segundos

Los entrenadores de natación son ampliamente reconocidos por poner un fuerte énfasis en el desarrollo del sistema de energía aeróbica del nadador a lo largo de su carrera, a través del uso de entrenamiento aeróbico de baja intensidad, y esta es una práctica común de entrenamiento en todos los grupos de edad y eventos de natación (43, 69). Greyson et al. (23) sugieren que el desarrollo del sistema de energía aeróbica en los nadadores es crucial para mejorar la recuperación de las series de entrenamiento de alta intensidad y de las competencias, maximizar el desarrollo del diafragma y del tórax durante la maduración y apuntar a la ventana óptima para el desarrollo aeróbico, tal como se propone en el modelo de desarrollo a largo plazo del atleta (LTAD) (4).

Los entrenadores de natación suelen prescribir entrenamiento aeróbico de baja intensidad en grandes cantidades con el objetivo de mejorar el rendimiento de nado, esto se conoce comúnmente como entrenamiento de alto volumen (HVT). La relevancia del HVT para las necesidades fisiológicas de muchos eventos de natación ha sido cuestionada en la literatura científica (3, 10, 11, 36, 56) ya que el 81% de los eventos de nivel olímpico se compiten en distancias de 200 m o menos, con una duración típica inferior a 2 minutos 20 segundos. Este es un tema largamente debatido entre los entrenadores de natación (22, 57, 64-66), y se conoce como "debate de Calidad vs. Cantidad" (44, 58). Desde el punto de la "Calidad", se sugiere que el enfoque del programa de natación debe ser de entrenamiento de bajo volumen en altas intensidades, mientras que el aspecto vinculado a la "Cantidad" sugiere que el entrenamiento de alto volumen en intensidades más bajas mejorará el rendimiento en natación (44, 58). El éxito reciente de los nadadores de competición que entrenan usando el método de entrenamiento *ultra-corta ritmo de carrera o ultra-short race-pace* (USRPT) ha alimentado aún más este debate (5, 7, 55, 67). El USRPT se define como natación de alta intensidad en series que se corresponden con las mejores velocidades alcanzadas en las carreras individuales, y consiste en un alto número de repeticiones en distancias cortas con descansos breves, generalmente de no más de 20 segundos.

Hasta la fecha, no hay estudios revisados por pares que hayan investigado el método de entrenamiento USRPT. La definición de USRPT lo clasificaría dentro de una variación del entrenamiento de alta intensidad (HIT) que se define como episodios repetidos de ejercicio de alta intensidad que van desde una intensidad de máximo nivel de lactato en estado estable hasta intensidad de ejercicio supramáxima, intercalados con períodos de recuperación de intensidades bajas o descanso completo (24). En los últimos años, el HIT se ha convertido en una metodología de entrenamiento cada vez más investigada porque puede permitir una reducción en la distancia/tiempo total de entrenamiento (volumen), a través de un aumento en la intensidad del entrenamiento. Las intervenciones HIT se han aplicado en una gran variedad de eventos deportivos tales como el remo (2, 14, 29), el entrenamiento de carrera de media a larga distancia (16, 19, 28), ciclismo (12, 40, 53, 68), tenis (20) y fútbol (15, 18, 61, 62). Se ha observado que los deportes que se caracterizan por la realización de HVT tales como ciclismo, carrera de fondo, remo y natación pueden beneficiarse por las intervenciones HIT (38).

Una reducción en el volumen de entrenamiento mediante la implementación de una intervención de HIT podría tener potencialmente muchos efectos beneficiosos sobre la salud general y la longevidad de los nadadores de competición. La excesiva implementación de HVT se ha relacionado con un mayor riesgo de lesión en hombros (42, 50, 59) y con el síndrome de sobreentrenamiento (26, 52) en nadadores de competición. Además, se ha sugerido que los elevados volúmenes de entrenamiento desde una edad temprana aumentan el riesgo de especialización temprana (30, 45, 47, 48), por lo que los métodos de entrenamiento que permiten la reducción en el volumen de entrenamiento son interesantes. La base científica sólida para la adopción de este enfoque tradicional HVT para los nadadores de competición es poco clara. Las revisiones sistemáticas anteriores han investigado la energética de la natación en los nadadores de élite (3, 9, 10) pero no se ha realizado una revisión detallada de las investigaciones actuales sobre intervenciones de HIT en nadadores de competición. El propósito de esta revisión sistemática fue examinar los alcances y la calidad de la literatura de investigación actual, con el fin de determinar los efectos de HIT en el rendimiento fisiológico y el rendimiento de natación en nadadores de competición.

## MÉTODOS

---

### Enfoque Experimental del Problema

En esta revisión sistemática (60) se utilizó la metodología descrita en *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis* (PRISMA-P). Siguiendo las recomendaciones del documento PRISMA-P, la revisión sistemática fue registrada en el Registro Prospectivo Internacional de Revisiones Sistemáticas (PROSPERO) el 18 de diciembre de 2015 y fue actualizada por última vez el 2 de marzo de 2016 (número de registro CRD42015030049). La estructura de esta revisión sistemática involucró las siguientes 5 etapas.

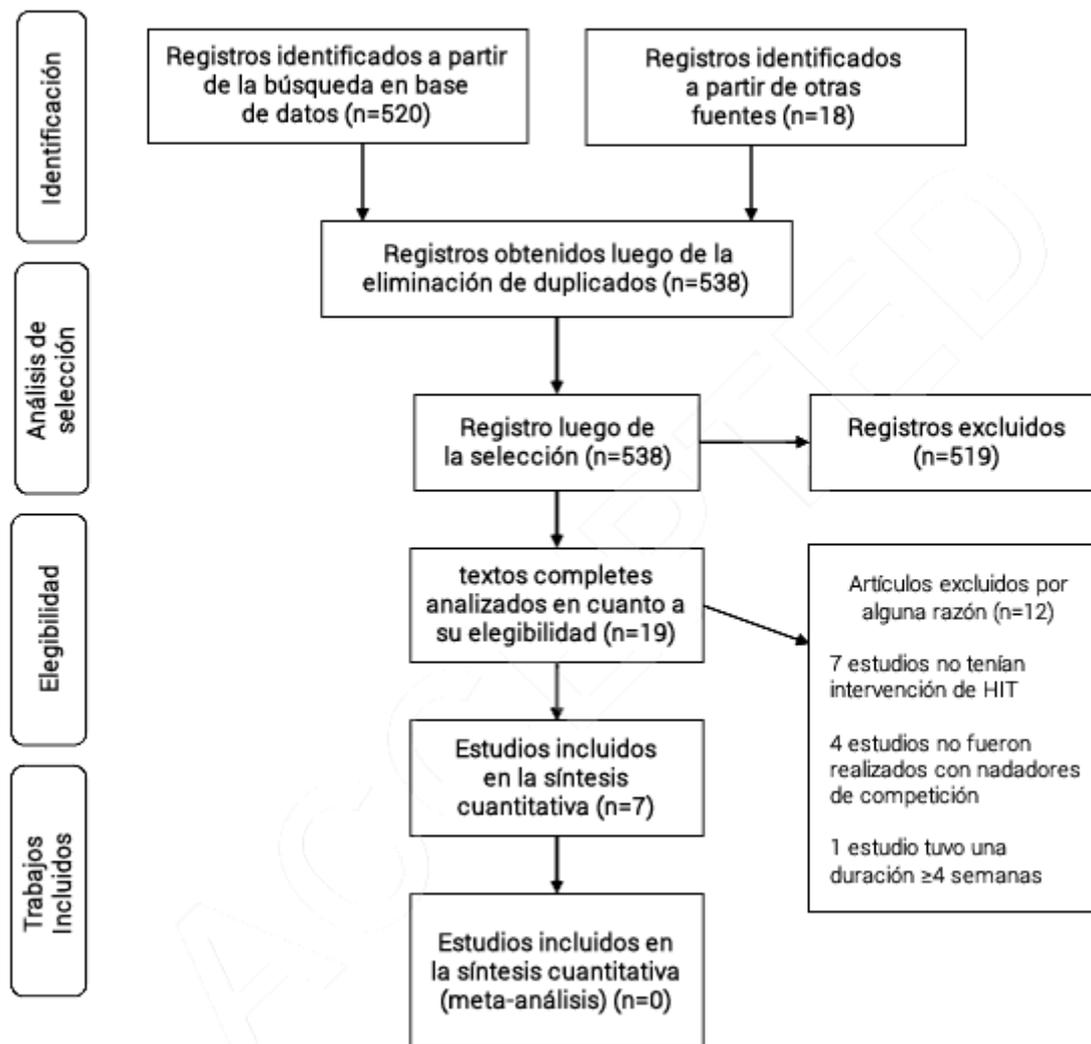
Etapa 1: Se realizó una búsqueda exhaustiva de las bases de datos MEDLINE, SPORTDiscus, ScienceDirect y PubMed el 16 de diciembre de 2015. El bibliotecario universitario de ciencias de la salud colaboró en el desarrollo de la estrategia de búsqueda específica. Se utilizaron las siguientes estrategias de búsqueda: swim\* AND (Comp\* OR youth OR young OR elite OR national OR regional OR international OR master) AND (intensity OR high intensity training OR reduc\* volume OR low volume) NOT (rat OR mouse OR mice OR fish). La búsqueda se limitó al idioma inglés, sujetos humanos y estudios publicados después de 1970. Además de la búsqueda en las bases de datos, se realizaron búsquedas manuales entre las referencias de *Biomechanics and Medicine in Swimming Conference* (volumen 1, 1970 al volumen 12, 2014) y en *Journal of Swimming Research*. También se estableció contacto con autores prominentes del área temática para considerar cualquier estudio adicional relevante y se realizaron búsquedas manuales entre las listas de referencias de los estudios identificados.

Etapa 2: Los estudios eran elegibles si cumplían con los criterios de inclusión que se presentan en la Tabla 1. Los nadadores de competición se definieron como varones o mujeres,  $\geq 10$  años de edad, entrenamiento  $\geq 3$  días por semana durante  $\geq 3$  años y competir como mínimo a nivel regional. Las variables de medición sobre rendimiento fisiológico incluyeron el máximo (o de pico) consumo de oxígeno ( $VO_{2\text{pico}}$  o  $VO_{2\text{max}}$ ), los índices de lactato sub-máximos ( $La_{\text{submax}}$ ; velocidad en concentraciones de lactato sanguíneo de 2 mmol l<sup>-1</sup> y 4 mmol l<sup>-1</sup>) y los índices de lactato pico ( $La_{\text{pico}}$ ; pico de acumulación de lactato después del ejercicio). El parámetro de medición de rendimiento en natación se definió a través de una prueba contrarreloj máxima (TTP) o a ritmo de competición (CP) en cualquier distancia. El autor principal (FJN) realizó una investigación detallada durante la etapa de planificación de la revisión para asegurar que las variables de medición que se seleccionaron fueran relevantes

**Tabla 1.** Criterios de inclusión

<b>Nadadores de competición</b>
<b>La intervención fue HIT con una duración <math>\geq 4</math> semanas</b>
<b>El grupo control debía realizar un mayor volumen de entrenamiento por sesión (distancia o duración)</b>
<b>Variables de medición relacionadas al rendimiento fisiológico y al rendimiento de nado</b>
<b>Todos los estudios debían detallar el diseño experimental</b>

Etapa 3: La primera etapa de selección de los estudios fue realizada por dos revisores (FJN y EB) quienes examinaron de forma independiente los títulos y los resúmenes de los trabajos de investigación antes de comparar los resultados. La segunda etapa incluyó a los revisores independientes (FJN y EB) que recuperaron y examinaron los estudios completos y compararon los resultados para determinar la inclusión en la revisión sistemática. Una vez que se llegó a una decisión final por consenso, se incluyeron los estudios seleccionados para su posterior análisis en la revisión sistemática. El diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección del estudio se resume en la Figura 1.



**Figura 1.** Diagrama de flujo de PRISMA

Etapa 4: La evaluación de calidad de los 7 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión se realizó utilizando la lista de Índice de Calidad (QI) propuesto por Downs y Black (13). Se ha demostrado que el QI es una herramienta válida y confiable para evaluar la calidad metodológica de los estudios aleatorios controlados y aleatorios no controlados (13). El QI consta de 27 ítems divididos en 5 subescalas: informes (10 ítems), validez externa (3 ítems), validez interna, sesgo (7 ítems), validez interna, confusión (6 ítems) y potencia (1 ítem). El QI tiene una puntuación máxima de 32 puntos y cada puntaje asigna 0 o 1, excepto los 2 puntos que se utilizan para describir la distribución de los principales factores de confusión y los 5 puntos para el cálculo de potencia suficiente. Dos revisores independientes (FJN y EB) evaluaron cada uno de los 7 estudios usando el QI. Se logró consenso sobre las puntuaciones otorgadas a los 7 estudios. No fue necesario un tercer revisor para resolver las diferencias en las puntuaciones, y el valor de Kappa para los 7 estudios fue 1,0 (acuerdo perfecto).

Etapa 5: Los 7 estudios seleccionados no fueron adecuados para la síntesis cuantitativa (meta-análisis) debido a la falta de homogeneidad en el diseño de los estudios y en el análisis de los datos. Por lo tanto, para resumir y explicar las características y hallazgos de los estudios incluidos se utilizó una síntesis cualitativa. El formato utilizado para la síntesis cualitativa incluyó información sobre las citas del estudio, descripción de los participantes (datos demográficos, nivel competitivo, historial de entrenamiento), descripción de la intervención (duración, intervención, grupo de comparación), las variables de rendimiento medidas y los resultados. Dos revisores independientes (FJN y EB) extrajeron manualmente los datos de los artículos utilizando matrices confeccionadas con Microsoft Excel TM y compararon los resultados. En aquellos casos en que no se contara con la información requerida se contactó a los autores de los artículos incluidos.

## RESULTADOS

Se eligió el QI debido a la ausencia de una herramienta de evaluación de calidad validada para evaluar la calidad metodológica de los estudios de rendimiento deportivo. El puntaje QI de los 7 estudios tuvo una media de 16,1 puntos (rango: 7 a 22) de un máximo de 32 puntos posibles (Tabla 2). En los 7 estudios, los puntos fuertes fueron la presentación de informes y la validez interna, sesgo. Los puntos débiles fueron la validez externa, la validez interna, las variables de confusión y la potencia. Ninguno de los estudios aportó un cálculo de potencia por lo tanto el elemento de potencia recibió 0 de 5 puntos en todos los estudios.

**Tabla 2.** Listado de puntuaciones del análisis del índice de calidad (QI).

Sub-escalas	Sperlich et al. (62)	Faude at al. (17)	Kilen at al. (34)	Kame, Pendergast y Termin (33)	Termin y Pendergast (69)	Houston et al. (27)	Pugliese et al. (50)
1. Informe (x/11)	11	10	10	3	7	8	10
2. Validez externa (x/3)	1	1	1	0	1	1	0
3. Validez interna - Sesgo (x/7)	5	4	5	2	2	4	5
4. Validez interna - Confusión (x/6)	5	4	4	2	2	2	3
5. Potencia (x/5)	0	0	0	0	0	0	0
Puntuación total (x/32)	22	19	20	7	12	15	18

Siete estudios investigaron los efectos de una intervención HIT en el rendimiento fisiológico y en el rendimiento de natación en nadadores jóvenes (17, 63), nadadores de élite (34), nadadores universitarios (27, 33, 70). Seis de los 7 estudios observaron que la intervención HIT provocó mejoras significativas en el rendimiento fisiológico, tanto aeróbico (17, 27, 33, 51, 63, 70) como anaeróbico (63, 70). Cuatro de los 7 estudios observaron que el HIT produjo mejoras significativas en rendimiento de nado, tanto en el rendimiento de pruebas contrarreloj (TTP) como en el rendimiento competitivo (CP) en eventos de 50 a 2000 m (33, 51, 63, 70). Ninguno de los 7 estudios provocó disminución en el rendimiento fisiológico o de nado después de una intervención HIT.

Sperlich et al. (63) obtuvieron una puntuación de 22/32 en el QI la cual fue la puntuación más alta recibida de los 7 estudios. Sperlich et al. (63) compararon las intervenciones HIT y HVT durante un estudio cruzado de 5 semanas aleatorizado que incluyó a 26 nadadores jóvenes. El grupo HIT experimentó un incremento del 20,1% en  $La_{cpico}$  ( $p < 0,01$ , tamaño del efecto = 0,43), mientras que el grupo HVT experimentó una disminución de 30,1% en  $La_{cpico}$  ( $p < 0,01$ , tamaño del efecto = 0,51). Este aumento en  $La_{cpico}$  en el grupo HIT permitiría una mayor contribución de las vías anaeróbicas, por lo tanto aumentaría la producción de energía durante el sprint. Además, Sperlich et al. (63) hallaron incrementos significativos en el  $VO_{2pico}$  en ciclismo en el grupo HIT (+ 10,2%, tamaño del efecto = 0,57) y en el grupo HVT (+ 8,5%, tamaño del efecto = 0,46 y  $p < 0,05$ ). El rendimiento de nado también mejoró significativamente en el rendimiento de competencias (CP) de 50 y 100 m (+ 14,8%,  $p < 0,01$ , tamaño del efecto = 0,48) y rendimiento en pruebas contrarreloj (TTP) de 2000 m (+ 2,8%,  $p = 0,04$ , tamaño del efecto = 0,17) para el grupo HIT. Los autores sugirieron que el aumento de 20,1% en  $La_{cpico}$  pudo haber influido en el aumento de 14,8% en el rendimiento de competencias (CP) en 50 y 100 m del grupo de HIT. Sin embargo, no se encontraron cambios significativos en el rendimiento de pruebas contrarreloj (TTP) de 100 m después de ambas intervenciones ( $p = 0,20$ ) y los autores no aportaron explicaciones de por qué habría ocurrido esto. A pesar de esto, los hallazgos positivos del estudio indican que una intervención de HIT que contemplaba un volumen de entrenamiento semanal promedio de 5,5 km fue una estrategia de entrenamiento de natación más efectiva para nadadores

jóvenes que una intervención de HVT que consistió en un volumen de entrenamiento semanal promedio de 11,9 km.

Un estudio similar de Faude et al. (17) obtuvo un puntaje de 19/32 en el QI y en el mismo se realizó una comparación de intervenciones HIT y HVT por medio de un estudio cruzado (transversal) aleatorizado de 4 semanas que incluyó a 10 nadadores jóvenes. Los resultados arrojaron un aumento significativo en  $La_{submax}$  (velocidad a una concentración de lactato sanguíneo de 4 mmol l<sup>-1</sup>) en ambos grupos HIT y HVT ( $p=0,01$ ), lo que indica una mejora en la capacidad de resistencia aeróbica en los participantes. Sin embargo, no hubo mejoras significativas en el rendimiento de natación en 100 y 400 m en ninguno de los dos grupos. La intervención HIT consistió en un volumen total de entrenamiento de  $81,2 \pm 7,4$  km realizado durante 4 semanas y la intervención HVT consistió en  $167,8 \pm 23,7$  km. Por lo tanto, el grupo HIT realizó aproximadamente un 50% menos de volumen de entrenamiento, pero tuvo un efecto similar de entrenamiento.

Kilen et al. (34) investigaron los efectos de una intervención de HIT mediante un estudio controlado aleatorio de 12 semanas realizado con 41 nadadores de élite. Este fue el único estudio elegible que involucró a nadadores de elite de nivel nacional y tuvo el segundo mayor puntaje QI; 20/32. Los resultados indicaron que la intervención de HIT y el entrenamiento del grupo control produjeron aumentos no significativos en el rendimiento fisiológico ( $VO_{2max}$  de nado) y en el rendimiento de nado (100 y 200 m). Los autores sugirieron que los nadadores habían estado realizando HIT como parte de su programa de entrenamiento normal durante varios años y que existiría un límite superior a la cantidad de HIT que se puede aplicar, pero que aun podría producirse una mayor adaptación fisiológica. A pesar de ello, la intervención HIT implicó un 50% menos de volumen de entrenamiento por semana (17,7 km) en comparación con el grupo de control que realizó 35,3 km por semana. Por lo tanto, la intervención HIT fue tan exitosa como el entrenamiento del grupo control a pesar de la reducción del 50% en el volumen de entrenamiento por semana.

Kame, Pendergast y Termin (33) investigaron los efectos de una intervención de HIT durante un estudio longitudinal controlado de un año realizado con 17 nadadores universitarios. El puntaje de QI para el estudio fue de 7/32, y el estudio obtuvo un puntaje bajo en todas las 5 sub escalas de QI. La intervención HIT produjo un aumento del 20% en el  $VO_{2max}$  de nado atado que fue medido antes y después de la temporada ( $3,12 \pm 0,11$  a  $3,91 \pm 0,1$  l/min,  $p=0,000$ ). Las mejoras en CP de 50 a 1650 yardas fueron mayores que las mejoras durante la temporada de HVT anterior que se utilizó como control ( $2,6 \pm 0,5\%$  y  $2,2 \pm 0,7\%$  respectivamente), pero en el estudio no se aportaron datos suficientes para apoyar esto como un hallazgo significativo.

Un estudio similar de Termin y Pendergast (70) obtuvo un puntaje de 12/32 en el QI y en el estudio se analizaron los efectos de una intervención de HIT siguiendo un diseño longitudinal no controlado de 4 años en el que participaron 22 nadadores universitarios. La intervención de HIT provocó un incremento del 27% en  $La_{cpico}$  durante el primer año ( $p \leq 0,05$ ), sin embargo no se observó un aumento significativo en  $La_{cpico}$  durante los años 2, 3 y 4. Además, se observó un aumento del 48% en el  $VO_{2max}$  de nado (de  $3,28 \pm 0,12$  a  $4,86 \pm 0,63$  L/min), esto se dividió en incrementos del 20%, 9%, 8% y 5% desde el año 1 al año 4, respectivamente. Los aumentos observados en el rendimiento fisiológico durante el período de 4 años se reflejaron en mejoras significativas en el rendimiento competitivo. Se observó una mejora del 10% en CP de 100 yardas (91,44 m) y una mejora de 8,3% en CP de 200 yardas (182,88 m) durante un período de 4 años. Las mejoras porcentuales en el CP de 100 yardas (91,44 m) fueron 2, 4, 2 y 4%, para el año 1 a 4, respectivamente. Las mejoras porcentuales en el CP de 200 yardas (182,88 m) fueron 1,9, 3,1, 2 y 1,3%, para el año 1 a 4, respectivamente.

Además, Houston et al. (27) investigaron los efectos de entrenamientos HIT y HVT mediante un estudio controlado no aleatorizado de 6,5 semanas que involucró a 10 nadadores universitarios. La puntuación QI para el estudio fue de 15/32. Los resultados revelaron que hubo aumentos significativos en  $VO_{2max}$  para el grupo HIT (+ 10,5%) y HVT (11,1%;  $p < 0,05$ ), sin embargo no se observaron aumentos significativos en  $VO_{2max}$  de nado atado en los dos grupos y los autores sugirieron que este hallazgo fue inesperado. No se observaron mejoras significativas en el rendimiento de nado en ninguno de los dos grupos.

Un estudio de Pugliese et al. (51) obtuvo un puntaje de 18/32 en QI y en el mismo se investigaron los efectos de intervenciones HIT y HVT mediante un estudio de 6 semanas continuo de series de tiempo realizado con 10 nadadores máster. La intervención de HIT provocó un aumento de  $12,4 \pm 5,3\%$  en  $La_{submax}$  (velocidad en una concentración de lactato sanguíneo de 4 mmol l<sup>-1</sup>) ( $p=0,004$ ) y TTP de 100 m ( $+1,2 \pm 0,8\%$ ;  $p=0,001$ ). Sin embargo, en el grupo HIT no se observaron cambios significativos en  $VO_{2max}$ , TTP de 400 m y 2000 m. Además, el grupo HVT presentó mejoras significativas en el  $VO_{2max}$  ( $11,9 \pm 4,9\%$ ,  $p=0,002$ ), el rendimiento en pruebas contrarreloj (TTP) de 400 m ( $+2,8 \pm 1,8$ ;  $p=0,002$ ) y el TTP de 2000 m ( $+3,4 \pm 2,9\%$ ;  $p=0,025$ ). Los autores sugirieron que la ausencia de mejoras en el rendimiento de natación de media a larga distancia (400 y 2000 m) y  $VO_{2max}$  durante la intervención HIT fue algo inesperado. Sin embargo, los autores sugirieron que la primera intervención de entrenamiento (HVT) podría haber influido en la segunda intervención (HIT), debido a que sólo transcurrieron 14 días entre ambas intervenciones, y esto podría haber sido una limitación del estudio.

**Tabla 3.** Características de los participantes

<b>Autores</b>	<b>N</b>	<b>Sexo (M/F)</b>	<b>Edad (Años±SD)</b>	<b>Nivel de competición</b>	<b>Antecedentes de entrenamiento</b>
Sperlich et al. (62)	26	13 V 13 M	10,5±1,4	Nivel juvenil regional o nacional	Entrenamiento ≥4 días por semana y competencia ≥3 años en eventos de 50-100 metros.
Faude et al. (17)	10	6 V 4 M	16,6±1,4	Nivel juvenil regional o nacional	Entrenamiento en promedio 20 horas por semana y competencia en eventos de 100 - 400m. Nueve de diez nadadores se encontraban dentro del ranking de los diez mejores o incluso en una mejor posición en los rankings nacionales de grupos de edades
Kilen et al. (34)	41	30 V 11 M	20±2,7	Nivel elite senior	Entrenamiento ≥5 años con 8-16 horas por semana con un volumen de entrenamiento promedio semanal de 20000-60000 m y competencia en eventos de 50-200m. Dos nadadores estaban especializados en eventos de 400m y 800m.
Kame, Pendergast y Termin (33)	17	17 V 0 M	19,06±0,22	Nivel universitario competitivo	Nadadores de la división 2. El entrenamiento de la temporada previa consistió en 2 sesiones por día recorriendo una distancia de 10000 - 12000 yardas
Termin y Pendergast (69)	22	22 V 0 M	19.0±0.2	Nivel universitario competitivo	Nadadores de la división 1. Volumen de entrenamiento Pre-colegio de 60000-80000 yardas por semana. Mejores marcas personales (PB) en 100 yardas estilo libre de 48,66±0,7seg y mejores marcas personales (PB) en estilo libre de 200 yardas de 1:50.17± 2,72seg.
Houston et al. (27)	10	7 V 3 M	19,8±0,4	Nivel universitario competitivo	Entrenamiento 9,4±3,7 años. Solo 4 nadadores habían entrenado en los 4 meses previos al estudio
Pugliese et al. (50)	10	10 V 0 M	32,3±5,1	Nivel elite master	Entrenamiento 11±4 años un promedio de 3km por día, 3 veces por semana y competencia en eventos de 50-400m. Habían competido en los Campeonatos Mundiales masters

**Tabla 4.** Descripción de los estudios

Autores, año de publicación	Duración (semanas)	Diseño del estudio	Grupo de Intervención	Grupo Control	Variables de medición del rendimiento fisiológico	Variables de medición del rendimiento de nado.	Resultados
Sperlich et al., 2000	5 sesiones	Estudio cruzado aleatorizado	5 sesiones por semana Volumen de entrenamiento (TV) promedio de 5,5 km por semana HIT de 30 minutos a 92% del tiempo PB TV total de 27,4 km	5 sesiones por semana. TV promedio de 11,9 km por semana HVT de 60 minutos a 85% del PB. TV total de 59,6 km	VO <sub>2lício</sub> durante un test de ciclismo incremental en escalones La <sub>Csúo</sub> luego de 100m	TTP de 100 m y 2000 m CP de 50m y 100m	Mejoras significativas en el rendimiento fisiológico y el rendimiento de nado.
Faude et al. 2008	4 semanas	Estudio cruzado aleatorizado	6 sesiones por semana. 40% ↓ en TV y 50% ↑ en HIT	6 sesiones por semana 30% ↑ en TV	La <sub>Csúo</sub> durante IST La <sub>Csúo</sub> post IST, luego de TTP de 100 m y 400 m	TTP de 100 m y 400m	Aumento significativo en el rendimiento fisiológico (La <sub>Csúo</sub> ) en ambos grupos
			79,6±13,7% de entrenamiento a ≤101% IAT y 20,5±6,7% de entrenamiento a >101% IAT.	92,9±7,5% del entrenamiento a ≤ 101% IAT y 7±2,5% del entrenamiento a >101% IAT.			Ningún aumento significativo en el rendimiento de nado en ninguno de los dos grupos
			TV total 81,2±7,4km	TV total 167,8±23,7 km			
Kilen et al. 2014	12 semanas	Estudio controlado aleatorizado	5-7 sesiones por semana. TV de 17,7 km en promedio por semana. 50% ↓ en TV y 100% ↑ en HIT	5-7 sesiones por semana. TV promedio de 35,3 km por semana. Cronograma de entrenamiento regular	VO <sub>2máx</sub> durante IST	TTP de 100m CP de 200m	Ninguna mejora significativa en el rendimiento fisiológico ni en el rendimiento de nado en ninguno de los dos grupos
Kame, Pendergast y Termini, 1990.	1 año	Estudio longitudinal controlado	1 sesión por día Sesión de HIT de 1 hora. 3000 yardas por día.	2 sesiones por día 10000 a 12000 yardas por día	VO <sub>2máx</sub> durante IST atados	CP de 50, 100, 200,500, 1000 y 1650 yardas.	Aumento significativo en el rendimiento fisiológico y el rendimiento de nado
Termini y Pendergast, 2000	4 años	Estudio longitudinal no controlado	4 fases de entrenamiento. Fase 1: 2-3 semanas de nado de baja velocidad. Fase 2: 6-7 semanas de intervalos de potencia aeróbica a 115-129% de VO <sub>2máx</sub> . Fase 3: 15-16 semanas de intervalos anaeróbicos de 25-50 yardas. Fase 4: 3 semanas de intervalos de velocidad máxima de 25 yardas	Sin grupo control de comparación	VO <sub>2máx</sub> durante IST	CP de 100 y 200 yardas	Mejoras significativas en el rendimiento fisiológico y de natación
Houston et al., 1981	6,5 semanas	Estudio no aleatorizado controlado	≥4 sesiones por semana. TV promedio de 1650 m por sesión. HIT consistió en intervalos de 23-183 m con descansos de una duración de 70-140 del tiempo de intervalo	≥4 sesiones por semana. TV promedio de 3200 m por sesión. MIT consistió en intervalos de 183-457 m con descansos con una duración de 5-15% de la duración del intervalo	VO <sub>2máx</sub> en ejercicios de natación atados y carrera en cinta rodante	TTP de 23,91 m y 457 m	Mejoras significativas en el rendimiento fisiológico en ambos grupos. No se observaron mejoras significativas en el rendimiento de nado en ninguno de los dos grupos.
Pugliese et al., 2015	6 semanas	Estudio interrumpido por series de tiempo	3 sesiones por semana. 50% ↓ en TV TV promedio de 6000m por semana	3 sesiones por semana. 30% ↑ en TV TV promedio de 12000m por semana	VO <sub>2lício</sub> en un test incremental en ergómetro para brazos La <sub>Csúo</sub> durante IST	TTP de 100, 400 y 2000 m	Mejoras significativas en el rendimiento fisiológico, y en el rendimiento de nado en ambos grupos

\*TV= Volumen de entrenamiento; PB= Mejor marca personal;  $VO_{2pico}$ = Consumo de oxígeno pico;  $VO_{2max}$ = Consumo de oxígeno máximo;  $La_{submax}$ =Velocidad a una concentración sanguínea de lactato de 2 mmol l<sup>-1</sup> y 4 mmol l<sup>-1</sup>; Lacpeak= Tasa pico de acumulación de lactato post ejercicio; TTP= Rendimiento en prueba contrarreloj de natación; CP= Rendimiento de nado en competencias; IST= Test incremental de natación; CON= Grupo control; MIT= Entrenamiento de intensidad moderada; IAT= Umbral anaeróbico individual.

## DISCUSIÓN

El propósito de esta revisión sistemática fue examinar los alcances y la calidad de los trabajos de investigación actuales sobre los efectos del HIT en el rendimiento fisiológico y el rendimiento de natación en nadadores de competición. Los 7 estudios que cumplieron los criterios de elegibilidad seleccionados para esta revisión abarcaron una amplia gama de nadadores de competición e incluyeron nadadores jóvenes (17, 63), nadadores de élite (34), nadadores universitarios (27, 33, 70) y nadadores máster (51). El puntaje QI de los 7 estudios tuvo una media de 16,1 puntos (rango: 7 a 22) de un máximo de 32 puntos posibles. Seis de los 7 estudios concluyeron que una intervención HIT provocó mejoras significativas en el rendimiento fisiológico, tanto aeróbico (17, 27, 33, 51, 63, 70) como anaeróbico (63, 70). Cuatro de los 7 estudios observaron que HIT produjo mejoras significativas en el rendimiento de la nado en eventos de 50 a 2000 m (33, 51, 63, 70). Ninguno de los 7 estudios observó una reducción en el rendimiento fisiológico o de natación después de una intervención HIT. A pesar de estos hallazgos positivos, existen limitaciones en varios de los estudios.

Cuatro estudios fueron de corta duración y tuvieron una duración entre 4 y 6,5 semanas (17, 27, 51, 63). Los cuatro estudios implicaron una disminución de 40-50% en el volumen normal de entrenamiento en el grupo HIT y es lógico cuestionar si el descanso adicional durante el período de estudio de 4 a 6,5 semanas podría haber influido en los resultados en el grupo HIT. Esto podría ser similar al concepto de puesta a punto o tapering antes de una competencia de natación, que se ha comprobado que mejora el rendimiento de natación (49, 71, 72). La puesta a punto es una práctica común en las últimas semanas antes de una competencia importante e implica reducir el volumen de entrenamiento con o sin aumento en la intensidad del entrenamiento. El objetivo de una puesta a punto en natación es mejorar la recuperación frente a los altos volúmenes de entrenamiento y, por tanto, mejorar el rendimiento en la competencia. Trinity et al. (71) investigaron los efectos de una puesta a punto competitiva de 3 semanas en 24 (71) nadadores de élite varones que fueron separados en dos grupos. El primer grupo redujo el volumen de entrenamiento de un promedio de 45000 m por semana a 20000 m por semana durante un período de 3 semanas y esto provocó un aumento de 4,4% en la velocidad de rendimiento de nado ( $p < 0,05$ ). El segundo grupo redujo el volumen de entrenamiento de un promedio de 55000 m por semana a 25000 m por semana durante un período de 3 semanas y esto provocó un aumento de 4,7% en la velocidad de rendimiento de nado ( $p < 0,05$ ). De manera similar, un segundo estudio de Trinity et al. (72) investigó los efectos de dos tipos diferentes de puesta a punto de 3 semanas en 7 nadadoras universitarias durante 2 temporadas. Ambos tipos de puesta a punto consistieron en una reducción en el volumen de entrenamiento de 45000-55000 m por semana a 20000 m semana en combinación con diferentes volúmenes de HIT. La primera puesta a punto consistió en HIT para 15 a 20% de la carga de entrenamiento total y la segunda puesta a punto consistió en realizar HIT para 30 a 32% de la carga de entrenamiento total. La primera estrategia de puesta a punto arrojó una mejora del 5,3% en la velocidad de rendimiento de nado ( $p = 0,005$ ). La segunda estrategia provocó un aumento de 2,7% en la velocidad de rendimiento de nado ( $p < 0,001$ ). La disminución del volumen de entrenamiento durante el período de puesta a punto mejoraría el rendimiento de nado, por lo tanto, los resultados de las intervenciones de HIT de corta duración deben ser considerados con precaución ( $p < 0,001$ ). Se realizaron dos estudios longitudinales de 1 año y 4 años de duración, pero ambos estudios tuvieron las puntuaciones más bajas de QI de la revisión (7/32 y 12/32) debido a numerosos defectos metodológicos relacionados con las 5 subescalas en el QI (33, 70). Fue evidente que el rendimiento fisiológico y el rendimiento de nado mejoraron significativamente en ambos estudios, sin embargo, debido a la falta de un grupo control apropiado en ambos estudios, es lógico cuestionar si mejoras similares o mayores podrían haber ocurrido durante una intervención de entrenamiento de alto volumen (HVT) de igual duración.

Las modalidades de ejercicio utilizadas para evaluar  $VO_{2pico}$  y  $VO_{2max}$  en dos estudios son cuestionables (27, 63). Sperlich et al. (63) utilizaron una bicicleta ergométrica para evaluar  $VO_{2pico}$ , los que podría no reflejar totalmente la capacidad aeróbica específica de nado y por lo tanto es una limitación para el estudio. Esto fue reconocido por los autores, ya que las pruebas piloto anteriores habían sido realizadas mediante evaluación del  $VO_{2pico}$  en un canal de nado, pero esto resultó difícil de implementar debido a la edad y experiencia de los participantes ( $10,5 \pm 1,4$  años). Houston et al. (27) usaron una cinta rodante para evaluar el  $VO_{2max}$ , lo que nuevamente puede no reflejar completamente la capacidad aeróbica específica de natación, aunque también para evaluar el  $VO_{2max}$  utilizaron ejercicios de nado atados. Cuando se analizan estas limitaciones es necesario tener en cuenta los retos de las pruebas fisiológicas que se realizan en un medio acuático y la realización de

estudios de intervención que impliquen la alteración de un programa de entrenamiento de entrenadores. A pesar de esto, ninguno de los 7 estudios provocó una reducción en el rendimiento fisiológico o de nado después de una intervención HIT y muchos de los estudios observaron una mejora significativa en el rendimiento. Este es un hallazgo interesante y sugeriría que el HVT tradicional puede no ser la única metodología de entrenamiento para nadadores de competición, algo que los entrenadores de natación que han tenido éxito usando los programas de natación HIT (7, 22, 57, 64, 67) sugieren cada vez más.

Las metodologías tradicionales de HVT para nadadores de competición han sido investigadas y los resultados no parecen aportar ninguna evidencia sólida que apoye este enfoque. Costill et al. (11) investigaron los efectos de un período de 6 semanas de aumento en el volumen de entrenamiento sobre las adaptaciones fisiológicas y el rendimiento de nado en 24 nadadores universitarios. El período de 6 semanas involucró a un grupo que entrenó una vez al día con un volumen de entrenamiento promedio de 4950 m por día (grupo corto) y otro grupo que aumentó gradualmente el volumen de entrenamiento a 9435 m por día, repartido en dos sesiones por día (grupo largo). Los resultados indicaron que el volumen de entrenamiento adicional realizado por el grupo largo no aumentó la capacidad aeróbica o anaeróbica en comparación con lo observado en el grupo corto ( $p < 0,05$ ). Un estudio similar de Ryan, Coyle y Quick (56) investigó los efectos del aumento del volumen de entrenamiento en  $La_{submax}$  (velocidad en una concentración de lactato sanguíneo de 4 mmol l<sup>-1</sup>) mediante un estudio de 5 meses con 14 nadadores de élite. Los resultados indicaron que cuando el volumen de entrenamiento aumentó de 34000 yardas (31090 m) por semana a 54000 yardas por semana (49378 m) durante el primer mes del estudio, el  $La_{submax}$  aumentó 15% ( $p < 0,05$ ). Sin embargo, los aumentos adicionales en el volumen de entrenamiento hasta un máximo de 72000 yardas (65837m) por semana durante los 4 meses restantes del estudio, no produjeron mejoras significativas en  $La_{submax}$ . Los autores concluyeron que aumentar el volumen de entrenamiento por encima de 54000 yardas (49378m) por semana no tuvo ningún efecto en  $La_{submax}$ .

Se cree que los altos volúmenes de entrenamiento pueden aumentar el riesgo de especialización temprana en atletas juveniles (30, 45, 47, 48). La especialización temprana se refiere al concepto de que un niño que realiza un entrenamiento intensivo durante todo el año dentro de un mismo deporte, excluyendo otros deportes (74) puede sufrir muchas consecuencias negativas tales como tener un mayor riesgo de lesión (30, 31, 47); sufrir sobreentrenamiento y abandono temprano (8, 30, 47); reducir el desarrollo de su capacidad motora total (41, 46) y reducir el rendimiento en etapas más avanzadas de su carrera deportiva (6, 21). Un modelo de desarrollo a largo plazo del atleta (LTAD) que se usaba anteriormente para nadadores, recomendaba que los varones de 9 a 12 años y las mujeres de 8 a 11 años realizaran de 8000 a 16000 m de piscina durante 4-6 sesiones por semana. Además el modelo DLTA sugería que los varones de 12 a 15 años y las mujeres de 11 a 14 años deberían realizar entre 24000 y 32000 m durante 6 a 12 sesiones por semana. En la literatura es posible encontrar prácticas similares de entrenamiento para nadadores jóvenes (25, 35). Es altamente cuestionable cómo los nadadores jóvenes podrían cumplir estas recomendaciones de entrenamiento sin padecer una especialización temprana dentro del deporte. Dos estudios en esta revisión sistemática realizados con nadadores juveniles observaron que las intervenciones de HIT que comprendían entre un 40% y un 50% menos de volumen de entrenamiento durante 4-5 semanas mejoraban significativamente el rendimiento fisiológico y el rendimiento de nado (17, 63). Es evidente que se necesitan más investigaciones en el área debido a los riesgos asociados con la especialización temprana.

Se ha demostrado que el rendimiento en natación está determinado por una serie de parámetros antropométricos, fisiológicos y biomecánicos diferentes (32, 37, 73). Se ha sugerido que los parámetros biomecánicos serían uno de los mejores determinantes del rendimiento en natación (32, 37, 73). Los entrenadores de natación sugieren que se necesitan grandes cantidades de práctica para desarrollar la técnica de natación (23) y este es quizás uno de los incentivos para el entrenamiento HVT, particularmente para nadadores jóvenes que necesitan tiempo para desarrollar su capacidad técnica. A pesar de ello, la investigación de los efectos del HIT sobre parámetros biomecánicos relacionados con la técnica de natación estuvo fuera del alcance de esta revisión debido a la falta de información en varios de los estudios elegibles (27, 34, 51, 63). En futuras intervenciones, los parámetros biomecánicos deben ser investigados con el fin de establecer los efectos del HIT y/o del HVT en la técnica de nado. Es necesario centrarse especialmente en investigar los efectos del HIT en nadadores maduros que ya tienen una capacidad técnica establecida. Esta revisión sistemática debería ser utilizada como una guía por los entrenadores de natación y los investigadores para el diseño de futuras intervenciones de HIT. Se necesitan estudios controlados de mayor duración ( $\geq 12$  semanas) que incluyan una disminución definida en el volumen de entrenamiento mientras se incrementa la intensidad del entrenamiento, y que evalúen los efectos potenciales a través de variables de medición de rendimiento fisiológico, biomecánico y de natación.

## Aplicaciones Prácticas

Los entrenadores de natación utilizan el HVT para mejorar el rendimiento en nadadores de competición de todos los grupos de edad y para todos los eventos de natación. El HIT puede ser un método de entrenamiento alternativo. A pesar de los resultados positivos de esta revisión, la corta duración del estudio es una limitación en varios de los estudios considerados. La evidencia actual sobre los efectos del HIT en el rendimiento es prometedora, sin embargo, es difícil extraer conclusiones exactas hasta que se hayan realizado nuevas investigaciones.

## Fuentes de Financiamiento

Financiado en parte por *National Aquatic Centre Swimming Club*. Los autores no tienen potenciales conflictos de intereses que estén directamente relacionados con esta revisión.

## REFERENCIAS

1. The Swimmer Pathway: Long Term Athlete Development. (2003). Loughborough, UK: Amateur Swimming Association.
2. Akca, F and Aras, D. (2015). Comparison of rowing performance improvements following various high-intensity interval trainings. *J. Strength Cond. Res.* 29: 2249-2254.
3. Aspenes S. and Karlsen T. (2012). Exercise-training intervention studies in competitive swimming. *Sports Med.* 42: 527-543.
4. Balyi I. and Hamilton A. (2004). Long-Term Athlete Development: Trainability in Childhood and Adolescence. *Windows of Opportunity. Optimal Trainability.* Victoria, British Columbia, Canada: National Coaching Institute British Columbia and Advanced Training and Performance Ltd., 2004.
5. Beliaev S. (2015). Ultra-Short Race-Pace Training - breakthrough or a phantom from the past?, in: Swimming Technique. USA: *Swimming World Magazine.* pp. 5-7.
6. Bridge, M and Toms, M. (2013). The specialising or sampling debate: a retrospective analysis of adolescent sports participation in the UK. *J. Sports Sci.* 31: 87-96.
7. Carlile, F. (2015). Ultra Short Race Pace Training - "A Statement of Conviction", in: Swimming Technique. USA: *Swimming World Magazine.* pp 10-12.
8. Carter C., and Micheli L. (2011). Training the child athlete for prevention, health promotion, and performance: how much is enough, how much is too much? *Clin. Sports Med.* 30: 679-690.
9. Costa M.J., Balasekaran G., Vilas-Boas J.P., and Barbosa T.M. (2015). Physiological adaptations to training in competitive swimming: a systematic review. *J. Hum. Kinet.* 49: 179-194.
10. Costa M.J., Bragada J.A., Marinho D.A., Silva A.J., and Barbosa T.M. (2012). Longitudinal interventions in elite swimming: a systematic review based on energetics, biomechanics, and performance. *J. Strength Cond. Res.* 26: 2006-2016.
11. Costill D.L., Thomas R., Robergs R.A., Pascoe D., Lambert C., Barr S. and Fink W.J. (1991). Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23: 371-377.
12. Creer A.R., Ricard M.D., Conlee R.K., Hoyt G.L., and Parcell A.C. (2004). Neural, metabolic, and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint-interval training in trained cyclists. *Int. J. Sports Med.* 25: 92-98.
13. Downs S.H. and Black N. (1998). The feasibility of creating a checklist for the assessment of methodological quality of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *J. Epidemiol. Community Health* 52: 377-384.
14. Driller M.W., Fell J.W., Gregory J.R., Shing C.M. and Williams A.D. (2009). The effects of high-intensity interval training in well-trained rowers. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 4: 110-121.
15. Dupont G., Akakpo K., and Berthoin S. (2004). The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *J Strength Cond Res* 18: 584-589.
16. Enoksen E., Shalfawi S.A. and Tønnessen E. (2011). The effect of high-vs. low-intensity training on aerobic capacity in well-trained male middle-distance runners. *J. Strength Cond. Res.* 25: 812-818.
17. Faude O., Meyer T., Scharhag J., Weins F., Urhausen A. and Kindermann, W. (2008). Volume vs. intensity in the training of competitive swimmers. *Int. J. Sports Med.* 29: 906-912.
18. Faude O., Schnitker R., Schulte-Zurhausen R., Müller F. and Meyer T. (2013). High intensity interval training vs. high-volume running training during pre-season conditioning in high-level youth football: a cross-over trial. *J. Sports Sci.* 31: 1441-1450.
19. Ferley D., Osborn R. and Vukovich M. (2014). The effects of incline and level-grade high-intensity interval treadmill training on running economy and muscle power in well-trained distance runners. *J. Strength Cond. Res.* 28: 1298-1309.
20. Fernandez-Fernandez J., Zimek R., Wiewelhove T. and Ferrauti A. (2012). High-intensity interval training vs. repeated-sprint training in tennis. *J. Strength Cond. Res.* 26: 53-62.
21. Fransen J., Pion J., Vandendriessche J., Vandorpe B., Vaeyens R., Lenoir M. and Philippaerts R.M. (2012). Differences in physical fitness and gross motor coordination in boys aged 6-12 years specializing in one versus sampling more than one sport. *J. Sports Sci.* 30: 379-386.
22. Goldsmith W. (2016). How much is enough?, in: Swimming World. USA: *Sports Publications Inc, 2016, pp 34-36.*
23. Greyson I., Kelly S., Peyrebrune M and Furniss B. (2010). Interpreting and implementing the long term athlete development model: English swimming coaches' views on the (swimming) LTAD in practice. *Int. J. Sports Sci. Coach* 5: 403-406.
24. Hawley J.A., Myburgh K.H., Noakes T.D. and Dennis S.C. (1997). Training techniques to improve fatigue resistance and enhance endurance performance. *J. Sports Sci.* 15: 325-333.
25. Hibberd E.E and Myers J.B. (2013). Practice habits and attitudes and behaviors concerning shoulder pain in high school competitive club swimmers. *Clin. J. Sport Med.* 0: 1-6.
26. Hooper S.L, Mackinnon L.T, Gordon R.D. and Bachmann A.W. (1993). Hormonal responses of elite swimmers to overtraining. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25: 741-747.
27. Houston M.E., Wilson D.M., Green H.J., Thomson J.A. and Ranney D.A. (1981). Physiological and muscle enzyme adaptations to two different intensities of swim training. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 46: 283-291.

28. Iaia F.M., Hellsten Y., Nielsen J.J., Fernstrom M., Sahlin K. and Bangsbo J. (2008). Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. *J. Appl. Physiol.* 106: 73-80.
29. Ingham S.A., Carter H., Whyte G.P. and Doust J.H. (2008). Physiological and performance effects of low- versus mixed-intensity rowing training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 40: 579-584.
30. Jayanthi N., Pinkham C., Dugas L., Patrick B. and Labella C. (2013). Sports specialization in young athletes: evidence-based recommendations. *Sports Health* 5: 251-257.
31. Jayanthi N.A., LaBella C.R., Fischer D., Pasulka J. and Dugas L.R. (2015). Sports-specialized intensive training and the risk of injury in young athletes: a clinical case-control study. *Am. J. Sports Med.* 43: 794-801.
32. Jürimäe J., Haljaste K., Cicchella A., Lätt E., Purge P., Leppik A. and Jürimäe T. (2007). Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatr. Exerc. Sci.* 19: 70-81.
33. Kame V.D., Pendergast D.R. and Termin B. (1990). Physiologic Responses to High Intensity Training in Competitive University Swimmers. *J. Swim. Res.* 6: 5-8.
34. Kilén A., Larsson T.H., Jørgensen M., Johansen L., Jørgensen S. and Nordborg, NB. (2014). Effects of 12 weeks high-intensity & reduced-volume training in elite athletes. *PLoS One* 9.
35. Krabak B.J., Hancock K.J. and Drake S. (2013). Comparison of Dry-Land Training Programs Between Age Groups of Swimmers. *PM&R* 5: 303-309.
36. Lang M. and Light R. (2010). Interpreting and Implementing the Long Term Athlete Development Model: English Swimming Coaches' Views on the (Swimming) LTAD in Practice. 5: 407-412.
37. Lätt E., Jürimäe J., Mäestu J., Purge P., Rämson R., Haljaste K., Keskinen K.L., Rodriguez Fa, and Jürimäe T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *J. Sports Sci. Med.* 9: 398-404.
38. Laursen, PB. (2010). Training for intense exercise performance: High-intensity or high-volume training? *Scand. J. Med. Sci. Sports* 20: 1-10.
39. Laursen P.B and Jenkins D.G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med.* 32: 53-73.
40. Laursen P.B., Shing, C.M., Peake J.M., Coombes J.S. and Jenkins D.G. (2005). Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. *J. Strength Cond. Res.* 19: 527-533.
41. Lloyd R., Oliver J., Faigenbaum A., Howard R., De Ste Croix M., Williams C., Best T, Alvar B., Micheli L., Thomas D., Hatfield D., Cronin J. and Myer G. (2015). Long-term athletic development, part 2: barriers to success and potential solutions. *J. Strength Cond. Res.* 29: 1451-1464.
42. Madsen P.H., Bak K., Jensen S. and Welter U. (2011). Training induces scapular dyskinesis in pain-free competitive swimmers: a reliability and observational study. *Clin. J. Sport Med.* 21: 109-113.
43. Maglischo E.W. (2003). Endurance Training, in: *Swimming Fastest. USA: Human Kinetics, 2003, pp 417-450.*
44. Maglischo E.W. (2003). Quality Versus Quantity, in: *Swimming Fastest. USA: Human Kinetics, 2003, pp 414 -415.*
45. Moesch K., Elbe A.M., Hauge M.L. and Wikman J.M. (2011). Late specialization: the key to success in centimeters, grams, or seconds (cgs) sports. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 21: 282-290.
46. Mostafavifar A., Best T., and Myer G. (2013). Early sport specialisation, does it lead to long-term problems?. *Br. J. Sports Med.* 47: 1060-1061.
47. Myer G.D., Jayanthi N., Difiore J.P., Faigenbaum A.D., Kiefer A.W., Logerstedt D. and Micheli L.J. (2015). Sport specialization, part I: does early sports specialization increase negative outcomes and reduce the opportunity for success in young athletes? *Sports Health* 7: 437-442.
48. Myer G.D., Jayanthi N., DiFiori J.P., Faigenbaum A.D., Kiefer A.W., Logerstedt, D. and Micheli L.J. (2015). Sports specialization, part II: alternative solutions to early sport specialization in youth athletes. *Sports Health* 8: 65-73.
49. Papoti M., Martins L.E., Cunha S.A., Zagatto A.M. and Gobatto CA. (2007). Effects of taper on swimming force and swimmer performance after an experimental ten-week training program. *J. Strength Cond. Res.* 21: 538-542.
50. Pollard B. (2001). The prevalence of shoulder pain in elite British swimmers and the effects of training technique. *University of Huddersfield.*
51. Pugliese L., Porcelli S., Bonato. M., Pavei G, La Torre A., Maggioni M.A., Bellistri G. and Marzorati M. (2015). Effects of manipulating volume and intensity training in masters swimmers. *Int J Sports Physiol Perform* 10: 907-912.
52. Raglin J., Sawamura S., Alexiou S., Hassmen P., and Kentta G. (2000). Training practices and staleness in 13-18 year old swimmers : a cross-cultural study. *Pediatr. Exerc. Sci.* 12: 61-70.
53. Rønnestad B.R., Hansen J. and Ellefsen S. (2014). Block periodization of high-intensity aerobic intervals provides superior training effects in trained cyclists. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 24: 34-42
54. Rushall B.S. (2011). Swimming energy training in the 21st century: the justification for radical changes. *coachsci.sdsu.edu: Swimming Science Bulletin.*
55. Rushall B.S. (2015). Reaction to Sergei Beliaev's article - "Ultra-Short Race-Pace Training", in: *Swimming Technique. USA: Swimming World Magazine, pp 14 - 18.*
56. Ryan R., Coyle E. and Quick R. (1990). Blood lactate profile throughout a training season in elite female swimmer. *J. Swim Res.* 6: 5-10.
57. Salo D. (2015). Swim like the cheeta runs American Swimming: American Swimming Coaches Association, 2015, p 6.
58. Salo D. and Riewald S.A. (2008). Swimming-Specific Training, in: *Complete Conditioning for Swimming. USA: Human Kinetics, p 37.*
59. Sein M.L., Walton J., Linklater J., Appleyard R., Kirkbride B., Kuah D. and Murrell GA. (2010). Shoulder pain in elite swimmers: primarily due to swim-volume-induced supraspinatus tendinopathy. *Br. J. Sports Med.* 44: 105-113.
60. Shamseer L., Moher D., Clarke M., Ghersi D., Liberati, A., Petticrew M., Shekelle P. and Stewart L.A. (2015). Preferred reporting

- items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation. *BMJ* 349: g7647.
61. Slettaløkken G. and Rønnestad B.R. (2014). High intensity interval training every second week maintains VO<sub>2</sub>max in soccer players during off-season. *J Strength Cond Res* 28: 1946-1951.
  62. Sperlich B., De Marées M., Koehler K., Linville J., Holmberg H-C and Mester J. (2011). Effects of 5 weeks of high-intensity interval training vs. volume training in 14-year-old soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 25: 1271-1278.
  63. Sperlich B., Zinner C., Heilemann, I., Kjendlie, P.L., Holmberg, H.C., and Mester J. (2010). High-intensity interval training improves VO<sub>2</sub>peak, maximal lactate accumulation, time trial and competition performance in 9-11-year-old swimmers. *Eur. J. Appl. Physiol.* 110: 1029-1036..
  64. Stott M. (2012). The case for less volume, in: *Swimming World. USA: Sports Publications Inc, pp 29-30.*
  65. Stott M. (2012). The case for volume, in: *Swimming World. USA: Sports Publications Inc. pp 26-27.*
  66. Stott M. (2016). Where volume meets intensity, in: *Swimming World. USA: Sports Publications Inc. pp 20-22.*
  67. Stott M.J. (2014). A new way to train, in: *Swimming World. USA: Sports Publications Inc. pp 25-29.*
  68. Swart J., Lamberts R.P., Derman, W. and Lambert, M.I. (2009). Effects of high-intensity training by heart rate or power in well-trained cyclists. *J Strength Cond Res* 23: 619-625.
  69. Sweetenham B. and Atkinson J. (2003). Training Systems, in: *Championship Swim Training. USA: Human Kinetics. pp 3-16.*
  70. Termin B. and Pendergast D.R. (2000). Training using the stroke frequency-velocity relationship to combine biomechanical and metabolic paradigms. *J. Swim Res.* 14: 9-17.
  71. Trinity J.D., Pahnke M.D., Reese E.C., and Coyle, E.F. (2006). Maximal mechanical power during a taper in elite swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 38: 1643-1649.
  72. Trinity J.D., Pahnke M.D., Sterkel, J.A. and Coyle, E.F. (2008). Maximal power and performance during a swim taper. *Int J Sports Med* 29: 500-506.
  73. Vitor F.D.M. and Böhme M.T.S. (2010). Performance of young male swimmers in the 100-meters front crawl. *Pediatr. Exerc. Sci.* 22: 278-287,
  74. Wiersma L. (2000). Risks and benefits of youth sport specialization: perspectives and recommendations. *Pediatr. Exerc. Sci.* 12: 13-22.

### **Cita Original**

Frank J. Nugent, Thomas M. Comyns, Emma Burrows, Giles D. Warrington. Effects of Low Volume, High-Intensity Training on Performance in Competitive Swimmers: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*