

Article

# Efecto de la Deshidratación Inducida por el Ejercicio en el Rendimiento de Pruebas Contrarreloj: Meta-análisis

Eric D. B. Goulet<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Research Centre on Aging, University of Sherbrooke, Sherbrooke, Quebec, Canada<sup>2</sup>Faculty of Physical Education and Sports, University of Sherbrooke, Sherbrooke, Quebec, Canada

## RESUMEN

**Objetivo:** Utilizar procedimientos meta-analíticos para determinar la magnitud del efecto de la deshidratación inducida por el ejercicio (EID) en el rendimiento de pruebas contrarreloj (TT). **Métodos:** Los estudios fueron seleccionados por medio de búsquedas en las bases de datos y por referencias cruzadas. Los resultados de las pruebas TT fueron convertidos a cambios porcentuales medios de producción de potencia. Para establecer el efecto de pérdida de peso corporal (PC) asociada a la EID sobre el rendimiento de pruebas contrarreloj (TT) se utilizaron modelos de meta-regresión de efectos aleatorios, análogos al ANOVA y resúmenes del efecto medio ponderado. **Resultados:** Se seleccionaron cinco artículos de investigación que utilizaron pruebas contrarreloj (TT) de ciclismo los cuales arrojaron 13 estimaciones de efecto y representaban a 39 sujetos. Los valores medios de temperatura ambiente, humedad relativa, intensidad del ejercicio y duración de las pruebas de ejercicio fueron  $26,0 \pm 6,7^\circ\text{C}$ ,  $61 \pm 9\%$ ,  $68 \pm 14\%$  de  $\text{VO}_2\text{max}$  y  $86 \pm 34$  min, respectivamente. La EID (pérdida media de PC de  $2,20 \pm 1,0\%$ ) durante condiciones de ejercicio con ritmo auto seleccionado provocó un aumento no significativo en el rendimiento de resistencia de  $0,06 \pm 2,72\%$  ( $p=0,94$ ), en comparación con el mantenimiento de la euhidratación (pérdida media de PC de  $0,44 \pm 0,48\%$ ). Los análisis de meta-regresión revelaron una relación estadísticamente significativa entre el cambio porcentual en la producción de potencia y la intensidad y duración del ejercicio, pero esta relación no se observó con los cambios porcentuales en la pérdida de PC asociados a la EID. El consumo de bebidas según la percepción de sed, se asoció con un aumento en el rendimiento de TT en comparación con un índice de bebida por debajo ( $+5,2 \pm 4,6\%$ ,  $p=0,01$ ) o por encima ( $+2,4 \pm 5,0\%$ ,  $p=0,40$ ) de la percepción de sed. Las probabilidades de que beber siguiendo la percepción de sed aporte una ventaja real y significativa en los rendimientos de TT realizados en condiciones de campo; en comparación con un índice de consumo de bebida por debajo y por encima de la sensación de sed están en el orden de 98% y 62%, respectivamente. **Conclusiones** (1) En comparación con la condición de euhidratación, la EID (hasta 4% de pérdida de PC) no altera los rendimientos de ciclismo en condiciones de ejercicio al aire libre; (2) la intensidad y duración del ejercicio tienen un impacto mucho mayor en los rendimientos de pruebas TT de ciclismo que la EID y; (3) confiar en la sensación de sed para calibrar la necesidad de remplazo de fluidos maximiza el rendimiento de TT en ciclismo.

## INTRODUCCIÓN

La idea que la deshidratación inducida por el ejercicio (EID) afecta el rendimiento de resistencia (EP) está, en general, bien aceptada entre científicos del ejercicio, entrenadores, atletas, nutricionistas y profesionales de la salud. El hecho que la EID altera algunas funciones fisiológicas fundamentales durante el ejercicio aporta mucha credibilidad y sustento a este

concepto (1). En la última Declaración de Posición del Colegio Americano de Medicina de los Deportes sobre Ejercicio y Reemplazo de Fluidos, se indica que el rendimiento de resistencia (EP) comienza a disminuir cuando la pérdida de peso corporal (PC)  $\geq 2\%$ , por lo que los atletas deben consumir suficiente fluido durante el ejercicio para no llegar a dicha pérdida de peso (2).

Las recomendaciones sobre consumo de fluidos están diseñadas para, y son utilizadas por atletas de campo que realizan ejercicios al aire libre en las condiciones del mundo real, que tienen como meta final recorrer una distancia fija tan rápidamente como puedan o tanta distancia como sea posible en una cantidad de tiempo fija.

Así, cuando se analiza con detalle la literatura sobre los efectos de la EID en EP se observa que de los 13 estudios que utilizaron protocolos de pruebas contrarreloj (TT) que simulaban las condiciones del mundo real, ninguno observó un efecto perjudicial estadísticamente significativo de la deshidratación inducida por el ejercicio (EID) sobre el rendimiento de resistencia (EP) (3-7). Notablemente, durante una prueba contrarreloj (TT) de ciclismo de 1 h, Robinson et al. (3) demostraron que un nivel de EID de 2,3% PC mejoró significativamente el EP en comparación con el estado de euhidratación.

La idea que para maximizar el rendimiento de resistencia (EP) hay que evitar un nivel de EID  $\geq 2\%$  PC proviene principalmente de los resultados de estudios que utilizaron producciones de potencia fijas o tests incrementales hasta el agotamiento para evaluar el impacto de la EID sobre el rendimiento de resistencia (8-15). Estas pruebas que no tienen un punto final conocido, no son representativas de las condiciones de ejercicio al aire libre que enfrentan los atletas de campo y por consiguiente, poseen una validez ecológica muy baja que pone en duda su valor y relevancia en el diseño de recomendaciones sobre la ingesta de fluidos que busquen optimizar el rendimiento de resistencia de un atleta. Bellow et al. (16) demostraron que una pérdida de 2% PC asociada a la EID provocaba una reducción del rendimiento en una prueba de TT de ciclismo de aproximadamente 10 min, pero es importante señalar que esta TT estaba precedida por 50 min de trabajo con tasa fija, lo que reduce sustancialmente la validez externa de los resultados.

En un reciente trabajo editorial (17) Mündel postuló, sobre la base de la aparente dicotomía de los resultados entre los estudios que utilizaron ejercicios TT y tests de ejercicios hasta el agotamiento, que era necesario revisar la literatura sobre hidratación y rendimiento físico. Por consiguiente, el objetivo de este estudio fue específicamente examinar y determinar la magnitud del impacto de la EID sobre el rendimiento de ejercicios de TT con ritmo fijado por los sujetos utilizando un enfoque meta-analítico. Los resultados del presente meta-análisis buscan ser representativos y aportar a los atletas y entrenadores la mejor evidencia disponible sobre el efecto de la EID durante las condiciones de ejercicio del mundo real.

## MÉTODOS

---

### Estrategia de búsqueda

Para localizar los artículos de interés, se realizó una búsqueda completa de la literatura científica utilizando PubMed (la cual incluyó la versión nueva y la versión previa de MEDLINE) y se realizaron bases de datos SPORTDiscus. Las palabras solas o combinadas utilizadas para la búsqueda (MeSH) fueron: "hidratación", "deshidratación", "hipo hidratación", "balance de fluidos", "ejercicio", "ejercicio físico", "rendimiento", "rendimiento de resistencia", "capacidad de resistencia" y "rendimiento en pruebas contrarreloj". La búsqueda bibliográfica se limitó a las citas en el idioma Inglés. Además se realizó una extensa búsqueda manual de las secciones de referencias de todos los artículos que se encontraron durante la búsqueda electrónica, además de las publicadas en dos trabajos de revisión publicados sobre el tema (1, 18). No se consideraron los estudios de casos, resúmenes publicados, resúmenes de conferencias, disertaciones o manuscritos publicados en revistas sin revisión por pares. Se leyeron detenidamente los resúmenes de todos los artículos potenciales, y se realizó una evaluación extensa de las secciones de metodología de aquellos casos en que el resumen informaba la realización de una intervención para evaluar el efecto de la EID, la hidratación o la hipo hidratación sobre la capacidad física, el rendimiento o el rendimiento de resistencia (EP). En caso contrario, los artículos no se tenían en cuenta. La última búsqueda bibliográfica se realizó el 10 de julio de 2010.

### Criterio de inclusión y exclusión

Los cálculos estadísticos y meta-analíticos se realizaron a partir de los resultados de estudios que cumplieron con los siguientes criterios: (1) estudio controlado por laboratorio; (2) hipo hidratación inducida durante, y no antes del ejercicio; (3) el reemplazo de fluidos se realizó por vía oral; (4) presentar los datos necesarios para calcular los cambios porcentuales en la producción de potencia, estimaciones de efecto, varianzas y porcentajes de pérdida de peso corporal; (5) el nivel de pérdida de peso corporal en el grupo experimental más-deshidratado era  $\geq 1\%$  y  $\geq 0,45\%$  que el nivel de hidratación del

grupo control (grupo con euhidratación); (6) debido a la inherente dificultad para mantener una euhidratación perfecta durante el ejercicio, se consideró aceptable una pérdida o ganancia de PC de hasta 1% para el grupo control menos-deshidratado; (7) en caso en que se hubieran utilizado bebidas deportivas para hidratar a los sujetos de la condición control, los sujetos de la condición experimental debían consumir la misma cantidad de carbohidratos; (8) el rendimiento de resistencia (EP) se evaluó en una condición de estrés por calor compensable o sea en un ambiente que permite una regulación térmica eficaz; y (9) para evaluar el EP se utilizaron protocolos de ejercicio de tipo TT que simulaban condiciones de ejercicio del mundo real con puntos finales conocidos. No se consideró ningún protocolo de ejercicio que utilizara una intensidad de producción de potencia incremental o fija durante todo el ejercicio o durante parte del mismo.

### **Extracción de los datos**

Durante la investigación se desarrollaron y se utilizaron hojas de codificación con definiciones operacionales. En aquellos casos en que fuera necesario, se consultó a los autores correspondientes si ellos estaban dispuestos a aportar los datos experimentales crudos de los resultados relacionados al rendimiento en TT o cualquier otro parámetro clave (valores p, IC, SD o SE de los cambios de rendimiento de resistencia) necesarios para calcular las varianzas de los estudios y los factores de ponderación correspondientes. Las variables codificadas incluyeron 1) características de estudios; (2) características físicas y de aptitud de los sujetos; (3) características de los protocolos de ejercicios; (4) características de las condiciones medioambientales; (5) pesos corporales pre y post ejercicio y (6) cambios porcentuales en la producción de potencia entre las condiciones de hidratación.

### **Medición de la duración del ejercicio**

En el análisis actual, el tiempo de duración del ejercicio se informa en minutos y representa el tiempo de ejercicio total necesario para que los sujetos realicen los protocolos completos de las TT. En el estudio de Dugas et al. (7) se consideró que la duración total del ejercicio representaba el promedio de los tiempos de TT del grupo control y del grupo experimental.

### **Medición de la intensidad del ejercicio**

Las intensidades a las que se realizaron las sesiones de ejercicio se informan como, y representan, el porcentaje medio del consumo del oxígeno máximo de los atletas (VO<sub>2</sub>max) utilizado para realizar los protocolos de ejercicio TT. Backx et al. (5) y Kay y Marino (6) informaron valores iniciales medios de VO<sub>2</sub>max y valores de producciones de potencia medias en las que se realizaron las pruebas contrarreloj (TT) pero no indicaron cual fue el porcentaje de VO<sub>2</sub>max que se utilizó en los protocolos de ejercicio. En esos estudios, para determinar la intensidad del ejercicio se utilizó la relación entre la producción de potencia media del ejercicio y el VO<sub>2</sub> relativo a VO<sub>2</sub>max (19). En el estudio de Dugas et al. (7) en el cual no se informaron los valores iniciales medios de VO<sub>2</sub>max o las intensidades medias con las que se realizaron las sesiones de ejercicio, pero sí se informaron los valores de producción de potencia máxima media y de las producciones de potencia medias mantenidas durante los protocolos de ejercicio, las intensidades de ejercicio medias se establecieron a través de la relación entre VO<sub>2</sub> y la producción de potencia (19) con el VO<sub>2</sub>max medio estimado usando la ecuación validada de Hawley et al. (20). En el estudio de Bachle et al (4) la intensidad media de ejercicio se estableció utilizando la frecuencia cardíaca máxima estimada (21), la frecuencia cardíaca media durante los protocolos de ejercicio, y convirtiendo el porcentaje de frecuencia cardíaca máxima en la cual se realizaron ejercicios a un VO<sub>2</sub>max medio porcentual por medio de la fórmula de Londeree et al. (2).

### **Medición del nivel de deshidratación**

Para el propósito de este análisis el porcentaje de pérdida de PC observado al final de los ejercicios fue considerado como representativo del nivel de EID. Aunque se reconoce que la valoración de la deshidratación inducida por el ejercicio (EID) utilizando los cambios en el peso corporal (PC) carece de precisión y últimamente ha recibido algunas críticas (23), para los atletas y entrenadores de campo, este parámetro es el único método realista y confiable que pueden utilizar para estimar el nivel de EID. En cinco estudios, (7) se obtuvieron las pérdidas porcentuales de PC directamente a partir de los valores aportados por el trabajo de investigación. En seis estudios (5, 6) las pérdidas porcentuales de PC se midieron de la siguiente manera: los valores de pérdidas de PC aportados en los trabajos de investigación/PC medio obtenido al inicio del estudio (kg) medido durante los procedimientos pre-experimentales (debido a la ausencia de valores de PC pre-ejercicio) x 100-1. En dos estudios (3, 4) las pérdidas porcentuales de PC se midieron de la siguiente manera: (PC pre-ejercicio (kg) - PC post ejercicio (kg))/PC pre-ejercicio (kg) x 100-1.

### **Medición del rendimiento de resistencia (EP).**

Todos los estudios midieron la producción de potencia media mantenida durante el ejercicio, y los cambios porcentuales en EP se midieron utilizando la siguiente fórmula: (producción de potencia media mantenida durante el ejercicio en el grupo experimental (más deshidratado) - producción de potencia media mantenida durante el ejercicio en el grupo control

(menos deshidratado)/ producción de potencia media del grupo control mantenida durante el ejercicio x 100-1. Todos los investigadores fueron contactados personalmente para aportar los datos experimentales crudos. De los cinco artículos de investigación incluidos en el análisis, se obtuvieron los datos de rendimiento en TT crudos de nueve estudios (5, 7). Según Hopkins (24) un cambio de 1% en la producción de potencia equivale a un cambio de 0,4% en el tiempo de pruebas contrarreloj (TT) de ciclismo

### **Efecto de la sensación de sed en el rendimiento de pruebas contrarreloj (TT).**

A pesar de la limitada evidencia experimental que existe para apoyar su idea, recientemente Noakes (18) afirmó que es probable que la aparición de sed sea lo que afecta el rendimiento físico y no el efecto de la EID *per se*. Además hasta el momento se desconoce qué tipo de efecto tendría beber por encima de la sensación de sed podría tener sobre el rendimiento de atletas que realizan ejercicios en las condiciones del mundo real. Por consiguiente, éste meta-análisis también examinó y analizó el efecto de beber por encima o por debajo de la sensación de sed en el rendimiento en TT. Los resultados de dos artículos de investigación (5, 7) y ocho estudios individuales permitieron el planteo de tales comparaciones.

### **Análisis estadísticos**

Los análisis estadísticos se realizaron con el software SPSS 12,0.0 (Chicago, Illinois), macros de SPSS desarrollados por Lipsey y Wilson (25) y con *Comprehensive Meta-análisis 2,2.048* (Englewood, New Jersey). A menos que se afirme otra cosa, todos los datos se informan en forma de Media±SD, y la significancia estadística se fijó en  $p < 0,05$ . Todos los estudios incluidos usaron un protocolo de investigación pre-post en donde los sujetos actuaron como su propio control. Para calcular el resumen del efecto medio ponderado, a cada estudio se le asignó una ponderación que consistió en la recíproca de la varianza total para el cambio porcentual neto en la producción de potencia (26). Las varianzas fueron calculadas directamente a partir de los  $\Delta$ SE o SD del cambio porcentual neto en la producción de potencia. Las varianzas faltantes de los cambios porcentuales netos en la producción de potencia fueron calculadas a partir de los valores individuales y exactos de  $p$  o en los casos en que no se informó exactamente, de los valores de  $p$  igual a  $X$  donde  $X$  es cualquier valor  $p \leq 0,05$  (27). Por ejemplo, si un estudio informaba un valor de  $p \leq 0,05$ , el valor  $\alpha$  para ese estudio se consideraba representativo y se tomaba como  $p = 0,05$ . En los casos en que sólo se informaba  $p > 0,05$  las varianzas individuales para los cambios porcentuales netos en la producción de potencia se estimaron a partir de la siguiente fórmula (28).

$$\sqrt{(\text{SD}(A)^2 + \text{SD}(B)^2) - (2 \times R \times \text{SD}(A) \times \text{SD}(B)) / \sqrt{N}}^2$$

donde SD es la desviación estándar, R es el coeficiente de correlación, A es la SD de grupo control, B es la SD del grupo experimental, y N es el número de sujetos del estudio. R se consideró igual a 0,61 (27) lo que representa el coeficiente de correlación promedio calculado a partir de los datos experimentales crudos de nueve estudios individuales aportados por dos investigadores (5, 7). Los IC 95% se utilizaron para establecer la significancia estadística. Si el IC 95% incluía el valor 0, se concluía que no existía ningún efecto estadísticamente significativo.

### **Resumen del efecto medio ponderado**

Los resúmenes del efecto medio ponderado se calcularon utilizando modelos de efectos aleatorios. En los artículos de investigación que incluyeron más de una estimación de efecto, cada resultado se trató independientemente. Sin embargo, para el efecto global de la EID en el rendimiento de TT se realizó un análisis estadístico por separado, con sólo una estimación de efecto y factor de ponderación por artículo de investigación, para determinar si cambiaría el resultado global del efecto de la deshidratación inducida por el ejercicio (EID) sobre el rendimiento de resistencia (EP). Este procedimiento estadístico no pudo ser realizado para el efecto global de la sensación de sed en el EP debido al número insuficiente de artículos de investigación. La interpretación cualitativa de la importancia práctica del efecto de EID en el cambio porcentual en la producción de potencia en las condiciones del mundo real se calculó usando una hoja de cálculo desarrollada por Hopkins (29). El menor cambio porcentual que valía la pena en la producción de potencia se determinó para los ciclistas de larga distancia y se fijó en 1,6%, sobre la base de una variación típica promedio en el tiempo de competencia de 1,3% (30). El menor cambio porcentual que valiera la pena en la producción de potencia se obtuvo multiplicando la variación en el tiempo de competencia por 0,5 (31) y luego, transformando el tiempo umbral de competencia a un umbral para la producción de potencia en ciclismo (24). El menor cambio porcentual que valiera la pena en la producción de potencia se calculó sólo para ciclistas, debido a que todos los estudios incluyeron solamente protocolos de pruebas contrarreloj (TT) de ciclismo.

## Análisis de Meta-regresión y de sub grupos

Para determinar la influencia de variables continuas o categóricas en el cambio porcentual del EP, se aplicó el método de meta-regresión de efectos aleatorios o procedimientos similares al análisis de la varianza (análogos al ANOVA) usando las variables identificadas a priori.

## Evaluación de la heterogeneidad

La heterogeneidad entre estudios se evaluó con el test Q de Cochran, con un nivel de significancia de  $p < 0,01$ , (26) y se cuantificó formalmente mediante el estadístico I<sup>2</sup>, donde los valores inferiores a 25% indicaban una heterogeneidad baja, 25-50% heterogeneidad moderada y los valores superiores a 50% heterogeneidad alta (32).

## Sesgo de publicación

El potencial sesgo de publicación se analizó a través del análisis de un gráfico de embudo y fue analizado estadísticamente con los test de Begg y Egger (26).

# RESULTADOS

## Resultados de búsqueda

Después de evaluar y leer detenidamente los títulos y los resúmenes de los artículos de investigación potencialmente elegibles, las bases de datos y las búsquedas manuales identificaron un total de 20 manuscritos (3-16, 33-38) que podrían ser potencialmente incluidos y convenientes para este meta-análisis. De estos 20 artículos de investigación finalmente se seleccionaron 5 trabajos que cumplieron todos los criterios de inclusión (3-7). El artículo de investigación de Marino et al (38) se excluyó del análisis porque los resultados de las pruebas contrarreloj (TT) son un duplicado exacto de las publicadas en Kay y Marino (6). Dentro de los manuscritos de investigación incluidos, en el trabajo de investigación de Kay y Marino (6) se realizaron dos estudios individuales, en el Backx et al. (5) se realizaron cuatro, y en el de Dugas et al. (7) se realizaron 5 y uno en cada una de las investigaciones de Bachle et al. (4) y Robinson et al. (3). Así, la investigación abarcó un total de 13 estudios individuales realizados. Por lo tanto, para el último análisis, se computaron 13 estimaciones de efecto de un total de cinco trabajos de investigación. Una descripción concisa de las características de los protocolos utilizados por cada uno de los estudios incluidos se presenta en la Tabla 1.

## Características de los trabajos de investigación incluidos

Los 13 estudios se publicaron en cuatro revistas revisadas diferentes. Tres de estas revistas están indexadas en la base de datos PubMed. Las fechas de publicación van de 1995 a 2009, con un solo trabajo de investigación publicado en 1990 (3) y los restantes entre 2001 y 2009 (4-7). Un trabajo de investigación fue realizado en UK (5) uno en Australia (6) dos en Sudáfrica (3, 7) y uno en EEUU (4). Todos los estudios fueron realizados en instituciones académicas.

**Tabla 1.** Resumen de las características de los protocolos con los cuales se evaluaron los efectos de la deshidratación inducida por el ejercicio en el rendimiento de pruebas contrarreloj (TT). 0= Sin consumo de fluidos; 33= remplazo de fluidos de 33%; 66=remplazo de fluidos de 66%; 100%=reemplazo de fluidos de 100%; Ad Lib= consumo de fluidos a voluntad; F=fluido; FAM= familiarización; HF= Elevada cantidad de fluido; LF= Baja cantidad de fluido; MF= Moderada cantidad de fluido; TT= Prueba contrarreloj; WET=Solamente enjuague bucal;\* las letras minúsculas pueden ser ubicadas en el diagrama de bosque.

Referencias (orden alfabético)	Cantidad, sexo y edad de los sujetos	Exercise protocol	Temperatura Ambiente (°C)	Nivel de humedad relativa (%)	Pérdida/ganancia de peso corporal al final del ejercicio (%)
Bachle <i>et al</i> <sup>4</sup>	10 sujetos entrenados recreacionalmente, 4 varones, 6 mujeres, 29±6 años	TT de 1 h de ciclismo realizado al propio ritmo en laboratorio	21	72	Grupo Experimental: -1,0 Grupo control: +0,8
Backx <i>et al</i> <sup>5</sup>	8 ciclistas entrenados, 8 varones, 0 mujeres, 29±7 años	TT de 1 h de ciclismo realizado al propio ritmo en laboratorio	20	70	Backx <i>et al</i> (2003a*) Prueba LF: -1,7 Prueba FAM: -0,9 Backx <i>et al</i> (2003b) Prueba MF: -1,3 Prueba HF: -0,7 Backx <i>et al</i> (2003c) LF prueba: -1,7 HF prueba: -0,7 Backx <i>et al</i> (2003d) Prueba MF: -1,34 Prueba FAM: -0,88
Dugas <i>et al</i> <sup>7</sup>	6 ciclistas altamente entrenados, 6 varones, 0 mujeres; 23±4 años	TT de ciclismo de 80 km	33	50	Dugas <i>et al</i> (2009a) Prueba 0: -4,3 Prueba 100: -0,5 Dugas <i>et al</i> (2008b) Prueba 33: -2,9 Prueba 100: -0,5 Dugas <i>et al</i> (2008c) Prueba Ad Lib: -2,1 Prueba 100: -0,5 Dugas <i>et al</i> (2008d) Prueba 66: -1,9 Prueba 100: -0,5 Dugas <i>et al</i> (2008e) Prueba WET: -3,9 Prueba 100: -0,5
Kay y Marino <sup>6</sup>	7 ciclistas saludables, 6 varones, 1 mujer, 21±3 años	TT de 1 h de ciclismo realizado al propio ritmo en laboratorio	F Moderado vs NF:19,8; F Calor vsNF:33,2	Todas las pruebas: 63	Marino <i>et al</i> (2003a) Prueba NF Calor: -2,2 Prueba F Calor: 0 Marino <i>et al</i> (2003b) Prueba NF Moderado: -1,8 Prueba F Moderado: 0
Robinson <i>et al</i> <sup>3</sup>	8 sujetos entrenados en resistencia, 8 varones, 0 mujeres, 26±4 años	TT de 1 h de ciclismo realizado al propio ritmo en laboratorio	20	60	Grupo Experimental: -2,3 Grupo control: -0,9

### Descripción de los sujetos

En los cinco manuscritos de investigación incluidos en el análisis actual se contabilizó un total de 39 sujetos. El tamaño de la muestra medio de estudios fue 7,2±1,2 sujetos (rango 6-10 sujetos). Los varones y mujeres representaban el 82% y 18% de todos los sujetos, respectivamente. Los valores medios de edad, peso, altura y VO<sub>2</sub>max relativo (N=12 estudios) de los sujetos fueron 25±3 años, 73±4 kg, 178±4 centímetros y 68±10 ml/kg/min, respectivamente. Ninguno de los estudios proporcionó información sobre la etnicidad de los sujetos.

### Modos de ejercicio

Todos los estudios utilizaron pruebas contrarreloj (TT) de ciclismo.

### Características de los protocolos de las pruebas contrarreloj (TT)

Dugas et al. (7) usaron una TT de 80 km, mientras que los estudios restantes (3-6) utilizaron un protocolo de TT dónde los sujetos tenían que recorrer la mayor distancia posible en 60 min.

### Condiciones medioambientales e intensidad del ejercicio

Los valores medios de temperatura ambiente, humedad relativa, intensidad del ejercicio y duración de las pruebas de ejercicio fueron:  $26,0 \pm 6,7^\circ\text{C}$  (rango  $19,8-33,2^\circ\text{C}$ ),  $61 \pm 9\%$  (rango  $50-72\%$ ),  $68 \pm 14\%$  de  $\text{VO}_2\text{max}$  (rango  $52-85\%$  de  $\text{VO}_2\text{max}$ ) y  $86 \pm 34$  min (rango  $60-128$  min), respectivamente.

### Nivel de deshidratación

La pérdida media de peso corporal (PC) del grupo experimental al final del ejercicio fue  $2,18 \pm 1,0\%$  (rango  $1,00-4,30\%$ ), mientras que la del grupo control fue  $0,44 \pm 0,48\%$  (rango  $-0,92-0,82\%$ ), con una diferencia media en el nivel de hidratación entre las condiciones de investigación de  $1,74 \pm 1,01\%$  (IC 95%  $1,12\%$  a  $2,35\%$ ). Se completaron siete estudios con una pérdida de PC  $< 2\%$ , mientras que 7 estudios finalizaron con una pérdida de PC  $\geq 2\%$ .

### Rendimiento de resistencia (EP) y deshidratación inducida por el ejercicio (EID).

#### Efecto medio ponderado con IC y la importancia práctica de la estimación de efecto

La Figura 1 presenta los cambios porcentuales en producción de potencia de todos los estudios incluidos en el presente meta análisis junto con los IC 95% y la importancia práctica del resumen de efecto medio ponderado. Usando a un modelo de efectos aleatorios, los resultados de todos los estudios indicaron que la EID aumenta la producción de potencia en un porcentaje medio de  $0,06 \pm 2,72\%$  (IC 95%  $-1,42\%$  a  $1,54\%$ ,  $N=13$ ), en comparación con la condición de ejercicio en donde se mantiene la hidratación. Considerando que el menor cambio perjudicial en la producción de potencia que afecta el rendimiento de resistencia (EP) de ciclistas de larga distancia competitivos sería un cambio de  $1,6\%$ , el resultado del diagrama de bosque indica que el 95% del tiempo el efecto positivo de un nivel de deshidratación de  $2,2\%$  del PC al final del ejercicio (pérdida de PC porcentual media de los 13 estudios incluidos en el diagrama de bosque) debe producir un cambio trivial en el rendimiento de ciclistas de larga distancia en las condiciones de campo. Al usar una estimación de efecto medio por artículo de investigación, el aumento en EP con EID alcanzó  $1,42 \pm 2,45\%$  (95% IC  $-0,73\%$  a  $3,57\%$ ,  $N=5$ ), algo que no fue significativamente diferente a cuando las 13 estimaciones de efecto fueron combinadas y utilizadas para obtener el resumen de efecto ponderado ( $p=0,36$ ).

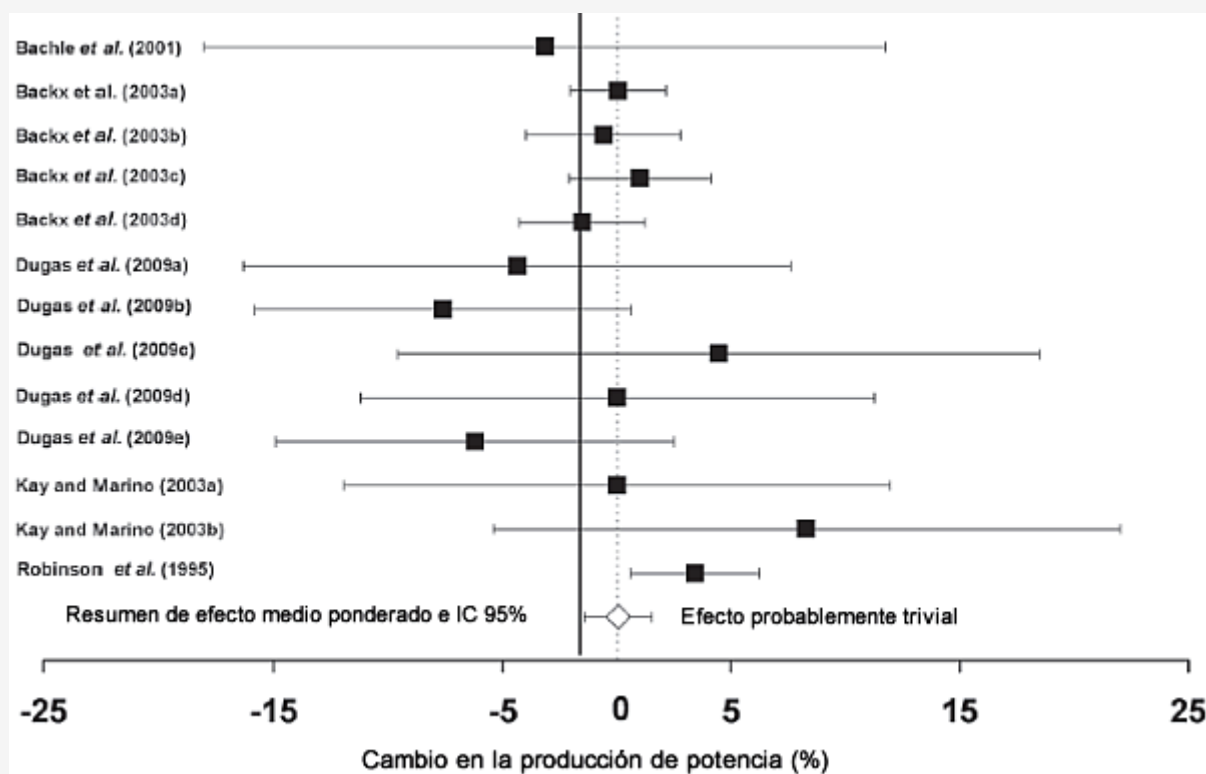


Figura 1. Gráfico de bosque del cambio porcentual en la producción de potencia con la deshidratación inducida por el ejercicio

observado en cada estudio junto con la interpretación cualitativa de la importancia del efecto global en el rendimiento de pruebas contrarreloj. El rombo abierto ( $\diamond$ ) representa estimación media ponderada del efecto. La línea negra representa la menor disminución en la producción de potencia necesaria para afectar negativamente el rendimiento de ciclismo de larga distancia de una manera práctica y significativa. Se utilizó un modelo de efecto aleatorio. Los resultados se expresan en forma de Media  $\pm$  IC 95%. Las letras entre paréntesis coinciden con las que se observan en la Tabla 1.

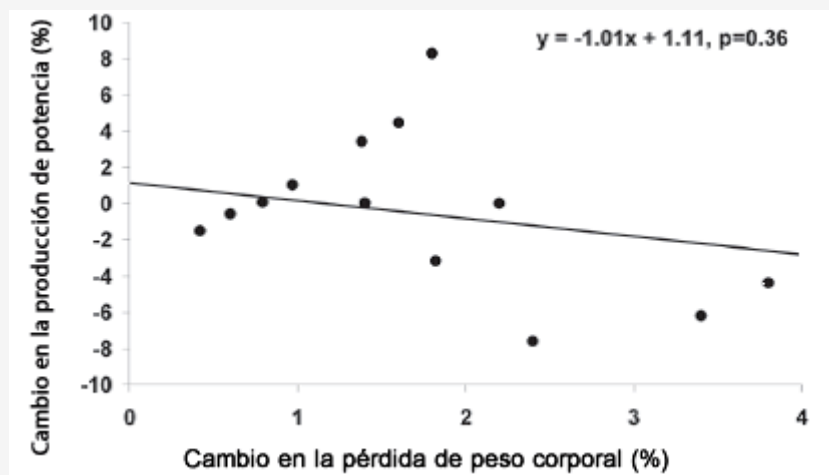
## EP y sensación de sed

Beber según la percepción de sed se asoció con un aumento en la producción de potencia en comparación con una tasa de bebida por debajo ( $+5,2 \pm 4,6\%$ ,  $p=0,01$ , rango de ganancia de producción de potencia: 0,03-12,79%,  $N=5$ ) y por encima de la sensación de sed ( $+2,4 \pm 5,0\%$ ,  $p=0,40$ ; rango de ganancia de producción de potencia: 0,94-4,58%,  $N=3$ ). La magnitud de los cambios en EP entre la tasa de bebida por debajo y por encima de la sensación de sed no fue estadísticamente significativa ( $p=0,43$ ). La pérdida de PC al final del ejercicio fue  $1,65 \pm 0,63\%$ ,  $2,81 \pm 1,32\%$  y  $1,03 \pm 0,76\%$  para el consumo de bebida ad libitum, por debajo de la sensación de sed y por encima de la sensación de sed, respectivamente. Las probabilidades que beber según la percepción de sed aporte una ventaja real y práctica significativa en los rendimientos de TT en condiciones a campo en comparación con beber por debajo y por encima de la sensación de sed fueron 98% y 62%, respectivamente.

## Análisis de meta-regresión

### Asociación entre producción de potencia y EID

La Figura 2 presenta la relación entre el cambio porcentual en la producción de potencia y el cambio porcentual en la pérdida de PC entre la euhidratación y la EID observada al final del ejercicio en todos los estudios incluidos. El resultado de la meta-regresión de efecto aleatorio ponderado fue no significativo ( $r=0,27$ ,  $p=0,36$ ,  $N=13$ ). La ecuación de regresión siguió siendo no significativa cuando el porcentaje de cambio en la producción de potencia se correlacionó con las pérdidas de PC observadas al final del ejercicio ( $r=0,22$ ,  $p=0,45$ ,  $N=13$ ).



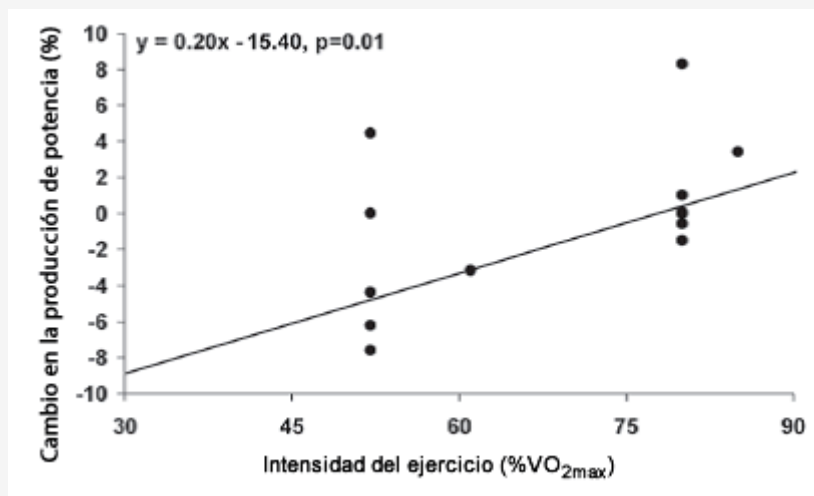
**Figura 2.** Correlación entre el cambio porcentual en la pérdida del peso y el cambio porcentual en la producción de potencia.

### Asociación entre la producción de potencia, características del protocolo de ejercicios y las condiciones medioambientales

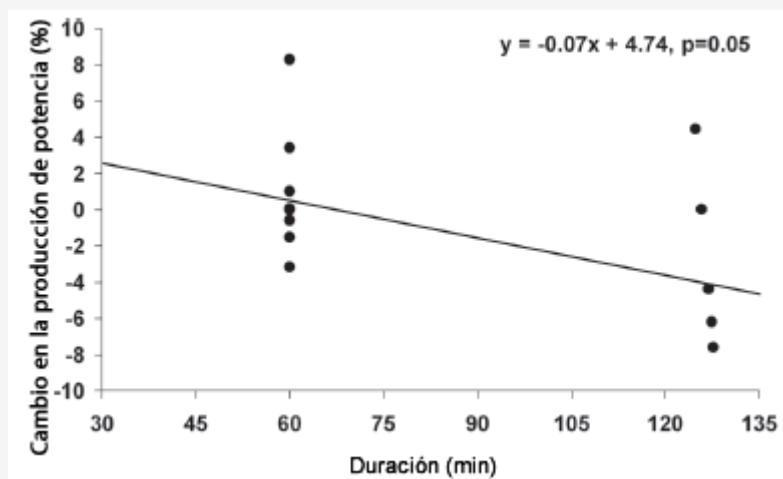
La intensidad ( $r=0,64$ ,  $p=0,01$ ,  $N=13$ ) (Figura 3) y la duración ( $r=0,51$ ,  $p=0,05$ ,  $N=13$ ) (Figura 4) del ejercicio se correlacionaron con los cambios porcentuales asociados a la EID en la producción de potencia, mientras que la humedad relativa no lo hizo ( $r=0,16$ ,  $p=0,60$ ,  $N=13$ ) (Figura 5). Se observó una tendencia, debida probablemente a una falta de potencia estadística, en la asociación entre la temperatura ambiente y los cambios porcentuales asociados a EID en la producción de potencia ( $r=0,48$ ,  $p=0,07$ ,  $N=13$ ) (Figura 6). Las relaciones entre el cambio porcentual en la producción de potencia y la duración ( $p=0,01$ ) y la intensidad ( $p=0,004$ ) del ejercicio se mantuvieron después de ajustar para el efecto de



EID y hasta que la relación entre el cambio porcentual en producción de potencia y la temperatura ambiente se volvió significativa ( $p=0,02$ ).



**Figura 3.** Correlación entre la intensidad del ejercicio y el cambio porcentual en la producción de potencia.



**Figura 4.** Correlación entre la duración del ejercicio y el cambio porcentual en producción de potencia.

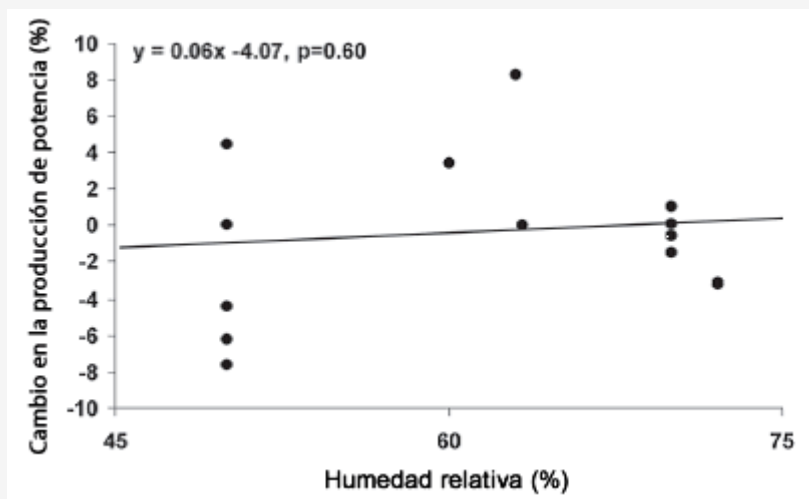


Figura 5. Correlación entre la humedad relativa y el cambio porcentual en producción de potencia.

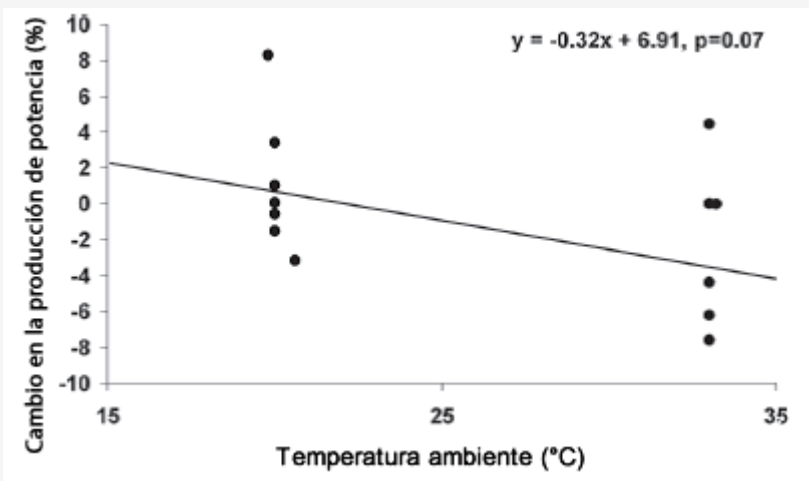


Figura 6. Correlación entre la temperatura ambiente y el cambio porcentual en producción de potencia.

### Análisis de subgrupo

#### Impacto sobre el rendimiento de resistencia (EP) de estudios en donde se observaron pérdidas de PC al final del ejercicio $\leq 2\%$ o $> 2\%$ .

Los resultados de los efectos aleatorios análogos al ANOVA indicaron que hay diferencias no significativas en el cambio porcentual en la producción de potencia entre los estudios con pérdida de PC total al final de los ejercicios  $< 2\%$  o  $\geq 2\%$  ( $p=0,70$ ). En el grupo anterior de estudios, la producción de potencia disminuyó con la EID en  $0,14 \pm 2,43\%$  (IC 95%  $-1,93\%$  a  $1,65\%$ ,  $\Delta EID$  medio entre las condiciones de hidratación de  $1,11 \pm 0,57\%$ ), mientras que en el último grupo aumentó  $0,51 \pm 3,65\%$  (IC 95%  $-2,41\%$  a  $3,44\%$ ,  $\Delta EID$  medio entre las condiciones de hidratación de  $2,46 \pm 0,97\%$ ).

#### Efecto de las características del protocolo de ejercicios y de las condiciones medioambientales en EP

En estudios donde la temperatura ambiente era  $< 30^\circ\text{C}$ , (3-6) el cambio en EP con la EID no fue significativamente diferente a los estudios en donde la temperatura ambiente fue  $\geq 30^\circ\text{C}$  (6-7) ( $0,49 \pm 1,75\%$ , IC 95%  $-0,80\%$  a  $1,80\%$  ( $\Delta EID$  medio entre las condiciones de hidratación  $1,11 \pm 0,56\%$ ) contra  $-3,65 \pm 5,33\%$ , IC 95%  $-7,93\%$  a  $0,62\%$  ( $\Delta EID$  medio entre las condiciones de hidratación  $2,50 \pm 1,00\%$ ),  $p=0,07$ ). En los estudios con una duración de 60 min, (3-6) el cambio en EP con EID fue significativamente diferente al de los estudios con una duración de ejercicio mayor a 60 min (7) ( $0,48 \pm 1,75\%$ , IC 95%  $-0,75\%$  a  $1,72\%$  ( $\Delta EID$  medio entre las condiciones de hidratación  $1,25 \pm 0,65\%$ ) contra  $-4,20 \pm 5,20\%$ , IC 95%  $-8,76\%$  a

0,37% ( $\Delta$ EID medio entre las condiciones de hidratación de  $2,52 \pm 1,06\%$ ),  $p=0,05$ ). En los estudios (4-7) donde durante los ejercicios se mantuvo una intensidad de ejercicio media  $< 80\%$ , el cambio en la producción de potencia con EID fue significativamente diferente a cuando se mantenía una intensidad del ejercicio  $\geq 80$  (3,5-6) ( $-4,11 \pm 5,43\%$ , IC 95%:  $-8,47$  a  $0,24\%$  ( $\Delta$ EID medio entre las condiciones de hidratación de  $2,40 \pm 1,00\%$ ) contra.  $0,50 \pm 1,64\%$ , IC 95%:  $-0,71$  a  $1,71\%$ , ( $\Delta$ EID medio entre las condiciones de hidratación de  $1,17 \pm 0,65\%$ ),  $P = 0,045$ ).

### Análisis de sensibilidad

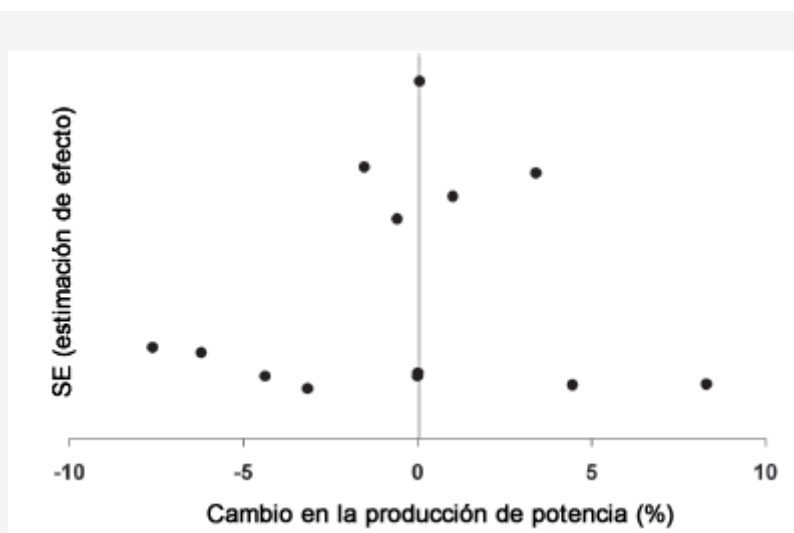
El análisis de sensibilidad demostró que el resumen de efecto medio ponderado global y su significancia estadística eran consistentes en los estudios y no dependían de ninguna estimación de efecto única.

### Heterogeneidad

En los estudios no se observó ninguna heterogeneidad significativa ( $Q=14,94$ ,  $p=0,25$ ), con un valor de I<sup>2</sup> de 20%, lo que sugiere que la magnitud de la heterogeneidad era baja.

### Sesgo de publicación

La inspección visual del gráfico de embudo sugiere que no existe ningún sesgo de publicación (Figura 7). En apoyo a esta observación, se observó que las pruebas estadísticas formales para sesgo de publicación entre las que se incluye el test de correlación de rangos de Begg y Mazumbar ( $x=0,064$ ,  $p=0,38$ ) y el test de Egger (ordenada al origen:  $-0,38$  (IC 95%  $-1,57$  a  $0,80$ ,  $p=0,24$ )) no fueron significativas.



**Figura 7.** Gráfico de embudo de la relación entre el cambio porcentual en la producción de potencia y la precisión de la estimación de los efectos (1/SE). La línea negra representa el resumen del efecto medio ponderado.

## DISCUSIÓN

Éste es el primer meta-análisis realizado para evaluar el efecto de pérdida de PC asociado a la EID sobre el rendimiento en pruebas contrarreloj (TT). Aunque los protocolos de ejercicio utilizados en todos los artículos de investigación incluidos en este meta-análisis fueron realizados en condiciones de laboratorio controladas, parecería que sus resultados son los que mejor reflejan y se asemejan a los rendimientos que pueden alcanzar los atletas en las condiciones de ejercicio del mundo real al aire libre. La validez externa y ecológica de los protocolos de ejercicio realizados a ritmo auto seleccionado con puntos de finalización conocidos es elevada, y por consiguiente, sus resultados pueden ser transferidos confiadamente y pueden ser aplicados a atletas. Los resultados de este meta-análisis se contradicen marcadamente con el mensaje propagado por la literatura científica durante mucho tiempo (1,2) y revelan que, en las condiciones de ejercicio del mundo real, la EID no altera estadísticamente ni prácticamente el rendimiento de resistencia (EP) de ciclistas entrenados, en comparación con el mantenimiento de la euhidratación.

El resultado del resumen de efecto medio ponderado indica que, en comparación con la euhydratación, la EID en las condiciones de ejercicio de TT mejora el EP, aunque no de manera estadísticamente significativa, en vez de disminuirlo. Más exactamente, usando a un modelo de efectos aleatorios, se observó que una pérdida media de PC de 2,2% aumenta la producción de potencia en una media de 0,06%, en comparación con una situación de ejercicio donde se hicieron esfuerzos por mantener la euhydratación. Sin embargo es importante señalar que 95% del tiempo, la magnitud del efecto “positivo” de EID sobre el tiempo de rendimiento de TT podría producir, en condiciones del mundo real, sólo un cambio trivial en el rendimiento de ciclistas de larga distancia. En otros términos, bajo las condiciones de ejercicio del mundo real, estos resultados indican que la EID no provocaría mejoras o pérdidas prácticas en el EP. Por lo tanto los resultados presentes refutan la idea que el rendimiento de resistencia (EP) comenzará a disminuir por una pérdida de PC  $\geq 2\%$  asociada a la deshidratación inducida por el ejercicio en condiciones de ejercicio al aire libre y con un ritmo auto seleccionado.

Este meta-análisis es el primero en evaluar la teoría y demostrar que seguir la sensación de sed es un medio para calibrar la necesidad de recuperar los fluidos durante las condiciones de ejercicio reales al aire libre para maximizar el rendimiento en pruebas TT. Más exactamente, desde un punto de vista estadístico, se demostró que beber según la percepción de sed mejora significativamente el rendimiento en pruebas TT en comparación con una tasa de bebida inferior a la sensación de sed y, desde un punto de vista práctico, se observó que beber lo necesario para satisfacer la sed aporta una ventaja de rendimiento real y significativo de 98% y 62% en el tiempo respecto a la tasa de consumo de bebidas por debajo y por encima de la sensación de sed, respectivamente. Algunos pueden argumentar que es la mayor pérdida de PC, y no necesariamente una mayor sensación de sed asociada a beber por debajo de la sensación de sed lo que podría explicar por qué el rendimiento en TT fue menor con una tasa de consumo de bebidas inferior a la sensación de sed que cuando la tasa de consumo de bebida estaba asociada a la sensación de sed. Sin embargo, dado que este meta-análisis demostró que un nivel de EID de 2,2% PC no estaba asociado con una disminución en el rendimiento de pruebas TT en comparación con la euhydratación, es razonable creer que el efecto de la EID *per se* no fue el responsable de la ventaja de rendimiento conferida por el consumo de bebida *ad libitum* en comparación con beber menos de lo que indica la sensación de sed. En conjunto, los resultados de este meta-análisis apoyan la teoría desarrollada por Noakes (18) que sugiere que no es el efecto de la EID *per se* el responsable de la disminución en EP, sino el hecho de no beber para satisfacer la sed, y contradice los antiguos e indiscutidos dogmas que establecen que durante el ejercicio prolongado es absolutamente importante beber de acuerdo a la sed ya que de otra manera será demasiado tarde, y el EP habrá empezado a disminuir.

En el presente meta-análisis, los porcentajes de cambio en producción de potencia asociado a la EID se asociaron significativamente con la intensidad y duración del ejercicio, y presentaron una tendencia hacia estar relacionados con la temperatura ambiente. Sin embargo, no se relacionaron con los cambios porcentuales en la pérdida de PC. Es más, se demostró que la intensidad y duración del ejercicio así como la temperatura ambiente ejercieron un efecto en EP superior al de la EID. Por lo tanto estos resultados indican que en condiciones de ejercicios con ritmo auto seleccionado que simulan las condiciones del mundo real al aire libre, las características medioambientales y las características relacionadas al ejercicio ejercen una influencia significativamente mayor en EP que la EID.

## CONCLUSIONES

---

Las recomendaciones sobre la ingesta de fluido realizadas para y seguidas por los atletas de resistencia se basan en resultados provenientes de estudios que han utilizado tanto protocolos de ejercicios realistas (ejercicio con ritmo auto seleccionado) como protocolos de ejercicio poco realistas (producción de potencia fija o tests incrementales hasta el agotamiento). Sobre la base de los resultados de estudios que han utilizado protocolos de ejercicio con ritmo auto seleccionado para evaluar el efecto de la EID en EP, los resultados del presente meta-análisis demuestran que la EID (con pérdida de PC de hasta 4%) no afecta el EP en las condiciones de ejercicio del mundo real, en comparación con la condición de euhydratación. Es más, éste meta-análisis demostró por primera vez que beber siguiendo el dictado de la sed maximiza el rendimiento de resistencia (EP). Es importante destacar que en todos los estudios futuros que analicen la relación entre EID y EP, el grupo control debería beber según la percepción de sed. De hecho, si no se incluye un grupo de estas características se podrían obtener resultados no válidos, porque los patrones de consumo de bebida normalmente usados en los estudios de hidratación, o sea, el remplazo completo de fluidos contra ningún remplazo de fluidos, son potencialmente los que han aportado los peores resultados en EP. Hasta que se realicen estudios que analicen el efecto de la deshidratación inducida por el ejercicio en condiciones de campo, los resultados de este meta-análisis representan la mejor evidencia disponible sobre el efecto de la EID en condiciones de ejercicio al aire libre.

### Que se sabe actualmente sobre el tema

Las recomendaciones sobre consumo de fluidos actuales se basan en resultados provenientes de estudios que han utilizado condiciones de ejercicio realistas (ejercicio realizado a un ritmo auto seleccionado) y condiciones poco realistas

(producción de potencia fija o test incrementales hasta el agotamiento) e indican que una pérdida de PC asociada a la deshidratación inducida por el ejercicio (EID)  $\geq 2\%$  perjudica el rendimiento de resistencia (EP).

### Aporte de este estudio

Sobre la base de los resultados de estudios que usaron protocolos de ejercicio con ritmo auto seleccionado para analizar el efecto de EID en EP, los resultados de este meta-análisis demuestran que la EID (pérdida de peso corporal de hasta 4%) no altera el EP en las condiciones de ejercicio del mundo real, en comparación con la condición donde se mantiene el estado de euhidratación.

Confiar en la sensación de sed para calibrar la necesidad de remplazo de fluidos maximizará el EP.

Estudios futuros que analicen relación entre EID y EP deben usar ejercicios de tipo pruebas contrarreloj (TT) y un grupo control que consuma bebidas siguiendo la percepción de sed.

Las recomendaciones sobre consumo de fluidos deberían ser modificadas para contemplar los resultados obtenidos en este trabajo.

## REFERENCIAS

1. Cheuvront S.,N, Carter R., 3rd, Sawka MN. (2003). Fluid balance and endurance exercise performance. *Curr. Sports Med. Rep.* 2:202 - 8 .
2. Sawka M.N., Burke L.M., Eichner E.R., et al. (2007). American College of Sports Medicine. *American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. Med. Sci. Sports Exerc.* 39:377-90.
2. 4 Hopkins W., G. (2004). How to interpret changes in an athletic performance test. *Sportscience.* 8:1-7.
3. Robinson T.A., Hawley J., A., Palmer G., S. et al. (1995). Water ingestion does not improve 1-h cycling performance in moderate ambient temperatures. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 71:153-60.
4. Bachle L., Eckerson J., Albertson L. et al. (2001). The effect of fluid replacement on endurance performance. *J. Strength Cond. Res.*15:217-24.
5. .Backx K., van Someren K. A., Palmer G.S. (2003). One hour cycling performance is not affected by ingested fluid volume. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*13:333-42 .
6. Kay D., Marino E.F. (2003). Failure of fluid ingestion to improve self-paced exercise performance in moderate-to-warm humid environments. *J. Therm. Biol.* 28:29 - 34.
7. Dugas J.,P., Oosthuizen U., Tucker R. et al. (2009). Rates of fluid ingestion alter pacing but not thermoregulatory responses during prolonged exercise in hot and humid conditions with appropriate convective cooling. *Eur. J. Appl. Physiol.* 105:69-80 .
8. .Maughan R.J., Fenn C.E., Leiper J.B. (1989). Effects of fluid, electrolyte and substrate ingestion on endurance capacity. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*58:481-6.
9. Fallowfield J., L., Williams C., Booth J. et al. (1996). Effect of water ingestion on endurance capacity during prolonged running. *J. Sports Sci.* 14:497-502.
10. Maughan R., J., Bethell L.R., Leiper J.B. (1996). Effects of ingested fluids on exercise capacity and on cardiovascular and metabolic responses to prolonged exercise in man. *Exp. Physiol.* 81:847-59.
11. McConell G.K., Burge C.M., Skinner S., L. et al. (1997). Influence of ingested fluid volume on physiological responses during prolonged exercise. *Acta. Physiol. Scand.* 160:149-56.
12. .Walsh R., M., Noakes T., D., Hawley J., A. et al. (1994). Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *Int. J. Sports Med.*15:392-8.
13. Ebert T., R., Martin D., T., Bullock N. et al. (2007). Influence of hydration status on thermoregulation and cycling hill climbing. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39:323-9.
14. Edwards A., M., Mann M., E., Marfell-Jones M., J. et al. (2007). Influence of moderate dehydration on soccer performance: physiological responses to 45 min of outdoor match-play and the immediate subsequent performance of sport-specific and mental concentration tests. *Br. J. Sports Med.*41:385-91.
15. Van Schuylenbergh R., Vanden Eynde B., Hespel P. (2005). Effect of exercise-induced dehydration on lactate parameters during incremental exercise. *Int. J. Sports Med.* 26:854- 8.
16. Below P., R., Mora -Rodríguez R., González - Alonso J. et al. (1995). Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:200-10.
17. Mündel T. (2009). To drink or not to drink? Explaining 'contradictory findings' in fluid replacement and exercise performance: evidence from a more valid model for real-life competition. *Br. J. Sports Med. Published Online First: 20 October 2009.*
18. Sawka M., N., Noakes T., D. (2007). Does dehydration impair exercise performance? *Med. Sci. Sports Exerc.* 39:1209 - 17 .
19. Zoladz J., A., Szkutnik Z., Majerczak J., et al. (2007). Non-linear relationship between oxygen uptake and power output in the Astrand nomogram-old data revisited. *J. Physiol. Pharmacol.* 58:265-73.
20. .Hawley J., A., Noakes T.,D. (1992). Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 65:79-83.

21. Tanaka H., Monahan K.,D., Seals D.,R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *J. Am. Coll. Cardiol.* 37:153-6.
22. .Londeree B., R., Thomas T., R., Ziogas G.et al. (1995). %VO<sub>2</sub>max versus %HRmax regressions for six modes of exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:458-61.
23. Maughan R., J., Shirreffs S.,M., Leiper J.,B. (2007). Errors in the estimation of hydration status from changes in body mass. *J. Sports Sci.* 25:797-804.
25. Lipsey M., W., Wilson D., B. (2000). Practical Meta-Analysis. *Sage Publications:1-247.*
26. Borenstein M., Hedges L., V., Higgins J., P. et al. (2009). Introduction to meta-analysis. *Wiley2009,1-421.*
27. Follmann D., Elliott P., Suh I. et al. (1992). Variance imputation for overviews of clinical trials with continuous response. *J. Clin. Epidemiol.* 45:769-73.
28. .Higgins J., T., Green S, eds. (2009). Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. *Version 5.0.2 (updated September 2009). The CochraneCollaboration.1-649.*
29. Hopkins W.,G . (2002). Calculating likely (confidence) limits and likelihoods for true values (Excel spreadsheet). *A New View of Statistics, 2002.* <http://www.sportsci.org/resource/stats/xcl.xls> (accessed June 2010).
30. Paton C., Hopkins W. (2006). Variation in performance of elite cyclists from race to race. *Eur. J. Sport Sci.* 6:25-31.
31. .Hopkins W., G., Hawley J., A., Burke L.,M. (1999). Design and analysis of research on sport performance enhancement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:472-85.
32. . Higgins J., P., Thompson S., G. (2002). Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Stat. Med.* 21:1539-58.
33. .Barr S. I., Costill D. L., Fink W.J. (1991). Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline, or no fluid. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23:811-7.
34. Mudambo K., S., Leese G.,P., Rennie M., J. (1997). Dehydration in soldiers during walking/running exercise in the heat and the effects of fluid ingestion during and after exercise. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.;* 76:517-24.
35. .McConnell G.K., Stephens T.J., Canny B.J. (1999). Fluid ingestion does not influence intense 1-h exercise performance in a mild environment. *Med. Sci. Sports Exerc.*31:386-92.
36. Daries H.N., Noakes T.D., Dennis S.C. (2000). Effect of fluid intake volume on 2-h running performances in a 25 degrees C environment. *Med. Sci. Sports Exerc.*32:1783-9.
37. Fritzsche R.G., Switzer T.W., Hodgkinson B.J. et al. (2000). Water and carbohydrate ingestion during prolonged exercise increase maximal neuromuscular power. *J. Appl. Physiol.*88:730-7.
38. Marino F.E., Cannon J., Kay D. (2010). Neuromuscular responses to hydration in moderate to warm ambient conditions during self-paced high-intensity exercise. *Br. J. Sports Med.* 44: 961-7.

### Cita Original

Eric D B Goulet. Effect of exercise-induced dehydration on time-trial exercise performance: a meta-analysis. 2011 Br. J. Sports Med. Published online March 31, 2011