

Revista de suplementos dietéticos

ISSN: (Imprimir) (En línea) Página de inicio de la revista: <https://www.tandfonline.com/loi/ijds20>

Un estudio piloto doble ciego, aleatorizado y controlado con placebo que examina una bebida de nanoburbujas de oxígeno para el rendimiento en contrarreloj de 16,1 km y ciclismo de sprint repetido

David G. King, Eleanor Stride, Jeewaka Mendis, William H. Gurton, Heather Macrae, Louise Jones y Julie Hunt

Para citar este artículo: David G. King, Eleanor Stride, Jeewaka Mendis, William H. Gurton, Heather Macrae, Louise Jones y Julie Hunt (2023): un estudio piloto doble ciego, aleatorizado y controlado con placebo que examina una bebida de nanoburbujas de oxígeno durante un tiempo de 16,1 km Rendimiento en ciclismo de prueba y sprints repetidos, Journal of Dietary Supplements, DOI: [10.1080/19390211.2023.2203738](https://doi.org/10.1080/19390211.2023.2203738)

Para vincular a este artículo: <https://doi.org/10.1080/19390211.2023.2203738>



© 2023 El autor(es). Publicado con licencia de Taylor & Francis Group, LLC.



Ver material complementario



Publicado en línea: 01 de mayo de 2023.



Envíe su artículo a esta revista.



Vistas del artículo: 2081



Ver artículos relacionados



Ver datos de Crossmark

Un estudio piloto doble ciego, aleatorizado y controlado con placebo que examina una bebida de nanoburbujas de oxígeno para el rendimiento en contrarreloj de 16,1 km y ciclismo de sprint repetido

David G. Rey^a , paso de eleanor^b , Jeewaka Mendis^a, Guillermo h. Gurton^a , brezo macrae^a, Luisa Jones^a y julie caza^a

^aDepartamento de Ciencias de la Nutrición, Facultad de Ciencias Médicas y de la Salud, Universidad de Surrey, Guildford, Reino Unido; ^bInstituto de Ingeniería Biomédica, Departamento de Ciencias de la Ingeniería, Universidad de Oxford, Oxford, Reino Unido

ABSTRACTO

Existe un interés creciente por las ayudas ergogénicas que suministran oxígeno suplementario durante el ejercicio y la recuperación; sin embargo, respirar oxígeno suplementario a través de utilizar mascarillas especializadas a menudo no es factible. Por lo tanto, este estudio investigó el efecto de una bebida con nanoburbujas de oxígeno durante el ciclismo de sprint submáximo y repetido. En un estudio doble ciego, aleatorizado y controlado con placebo, 10 ciclistas varones (capacidad aeróbica máxima, $56,9 \pm 6,1$ ml·kg⁻¹·min⁻¹; potencia aeróbica máxima, 385 ± 25 W) completó el ejercicio submáximo o máximo después de consumir una nanoburbuja de oxígeno (O₂) o bebida placebo (Pla). Las pruebas submáximas comprendieron 30 minutos de ciclismo en estado estable al 60% de la capacidad aeróbica máxima y una contrarreloj de 16,1 km (TT). Las pruebas máximas involucraron pruebas de Wingate de 4 × 30 s intercaladas con recuperación de 4 minutos. El tiempo de finalización durante la carrera de 16,1 km fue un 2,4% más rápido después de O₂ comparado con Pla (*IC del 95%*=0,7-4,0%, *pag*=0,010, *d*=0,41). La potencia media para el tt de 16,1 km fue un 4,1% mayor para O₂ contra Pla (*IC del 95%*=2,1-7,3%, *pag*=0,006, *d*=0,28). La potencia máxima promedio durante las repetidas pruebas de Wingate aumentó en un 7,1% para O₂ comparado con Pla (*pag*=0,002, *d*=0,58). Una bebida con nanoburbujas de oxígeno mejora el rendimiento durante el ciclismo submáximo y de sprint repetido, por lo que puede proporcionar una ayuda ergogénica práctica y eficaz para los ciclistas competitivos.

PALABRAS CLAVE

ciclismo competitivo;
actuación
mejora;
nutrición deportiva;
oxígeno suplementario;
alas

Introducción

Si bien se reconoce que el pulmón es el principal órgano de intercambio de gases, cada vez hay más pruebas que sugieren que el tracto gastrointestinal (GI) puede proporcionar una superficie de intercambio de gases para la absorción de oxígeno (Forth y Adam²⁰⁰¹). De hecho, se ha demostrado que las bebidas enriquecidas con oxígeno son capaces de difundirse a través de la mucosa del colon,

CONTACTO David G. Rey  dgking@surrey.ac.uk  Departamento de Ciencias de la Nutrición, Facultad de Salud y Ciencias Médicas, Universidad de Surrey, Guildford, Reino Unido.

 Se puede acceder a datos complementarios para este artículo en línea en <https://doi.org/10.1080/19390211.2023.2203738>.

© 2023 el autor(es). Publicado con licencia de Taylor & Francis Group, LLC.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons de Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>), que permite la reutilización, distribución y reproducción sin fines comerciales en cualquier medio, siempre que la obra original esté debidamente citada y no sea alterada, transformada o construida de ninguna manera. Los términos en los que se ha publicado este artículo permiten la publicación del manuscrito aceptado en un repositorio por parte del autor o con su consentimiento.

peritoneo y estómago en animales (Klug et al.1988; cobre1995; Barr et al.1996; Adelante y Adán2001), así como la cavidad bucal y el estómago en humanos (Nestle et al. 2004). Los aumentos resultantes en la tensión de oxígeno en la circulación esplácnica y el sistema venoso portal han llevado a la comercialización de bebidas enriquecidas con oxígeno disponibles comercialmente como ayudas ergogénicas para el rendimiento deportivo. Esto es a pesar de la falta de evidencia basada en la literatura revisada por pares sobre su eficacia (Hampson et al.2003; Piantadosi 2006). De hecho, hasta la fecha, no hay estudios revisados por pares que informen de un efecto ergogénico del agua enriquecida con oxígeno en ninguno de los niveles submáximos (Mielke et al.2005; McNaughton y cols.2007), máximo (Mielke et al.2005; Wilmert y cols.2002) o resultados relacionados con la contrarreloj (TT) (Wing-Gaia et al.2005; McNaughton y cols.2007; Fleming et al.2017).

Las investigaciones sobre el rendimiento máximo y submáximo se han basado predominantemente en medidas del consumo de oxígeno (VO_2) utilizando calorimetría respiración a respiración. Este método se basa en la transformación de Haldane, que se basa en el supuesto de que, en estado estacionario, la masa de nitrógeno inspirada a lo largo del tiempo es exactamente la misma que la espirada (Haldane1912). Sin embargo, el oxígeno ingerido no se tiene en cuenta a través de esta ecuación, por lo que no se sabe cuánto oxígeno se ha utilizado, aunque los volúmenes de oxígeno encapsulados en una bebida son triviales en comparación con la respiración (Piantadosi 2006). Además, cualquier cambio en el contenido de oxígeno arterial probablemente se vea afectado por cambios proporcionales en el flujo sanguíneo muscular para controlar el suministro de oxígeno (Saltin et al. 1998). La falta de un resultado de rendimiento en las investigaciones de TT puede deberse a que el suministro de oxígeno a los músculos activos es inadecuado para proporcionar algún beneficio detectable. Dichos estudios proporcionaron sólo pequeños volúmenes de una solución enriquecida con oxígeno (15-160 ml) (Wing-Gaia et al.2005; McNaughton y cols.2007; Fleming et al.2017) que entregan cantidades muy pequeñas de oxígeno al tracto gastrointestinal (Piantadosi2006).

Los avances recientes en la terapia del cáncer han identificado un nuevo método de suministro de oxígeno para combatir la naturaleza hipóxica de muchos tumores sólidos (Nakazawa et al. 2016). Una de esas estrategias ha sido la administración de micro y nanoburbujas llenas de oxígeno (Kwan et al. 2012; McEwan et al.2015; Eisenbrey et al.2015; Mahjour et al.2019). Por ejemplo, Owen et al. (2016) demuestran efectos comparables sobre los niveles de oxígeno del tumor alcanzados mediante la administración intravenosa y oral de nanoburbujas cargadas de oxígeno, superiores a los del agua saturada de oxígeno. El mecanismo de acción preciso aún está bajo investigación, pero es posible que se pueda entregar al tejido una mayor cantidad de oxígeno que el encapsulado inicialmente en la dosis consumida si las burbujas recubiertas de lecitina contenidas en la bebida actúan como transportadores de oxígeno (Owen et al. .2022), de manera muy similar a cómo se informa que las nanogotas de perfluorocarbono funcionan como sustitutos de la sangre (Riess2005). Este novedoso método de administración de nanoburbujas también puede ofrecer un medio alternativo para aumentar la disponibilidad de oxígeno para ejercitar el músculo esquelético. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue investigar las respuestas fisiológicas al ciclismo de esfuerzo máximo y submáximo después de la ingestión de una bebida de nanoburbujas cargada de oxígeno en comparación con un placebo inactivo.

Materiales y métodos

Diseño del estudio

Para este estudio se implementó un diseño experimental cruzado, aleatorio, entre sujetos, doble ciego, controlado con placebo. La orden de prueba fue asignada por el director.

investigador que utiliza un generador de números aleatorios en línea. Cada participante asistió a seis visitas de laboratorio separadas. En las dos primeras visitas, los participantes completaron mediciones de salud iniciales, cuantificación del umbral de lactato ($4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) y la capacidad aeróbica máxima ($\text{VO}_2 \text{ pico}$), seguido de familiarización con los procedimientos de prueba. Cada participante regresó al laboratorio en cuatro ocasiones distintas (visitas 3 a 6) para completar cuatro pruebas experimentales que consistían en i) 30 minutos de ciclismo en estado estacionario (SS) al $60\% \text{VO}_2 \text{ pico}$ seguido de una contrarreloj de $16,1 \text{ km}$ o ii) pruebas Wingate de $4 \times 30 \text{ s}$ intercaladas con 4 min de recuperación. Cada prueba se realizó a una hora similar del día ($\pm 2 \text{ h}$) para controlar los efectos de los ritmos circadianos en el rendimiento del ejercicio (Reilly1990) y separados por un período de lavado de 48 a 96 h . La temperatura ambiente del laboratorio se mantuvo a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ y la humedad relativa fue de $41,7 \pm 3,1\%$. Se registró la ingesta nutricional a través de Autoinforme diarios de alimentos durante 24 h antes de la primera prueba experimental y replicados antes de las sesiones posteriores.

Participantes

La aprobación ética fue proporcionada por el comité de ética institucional de la Universidad de Surrey (REF: CRC379). Todos los participantes dieron su consentimiento informado por escrito antes de comenzar el estudio y los procedimientos de investigación se llevaron a cabo de acuerdo con la Declaración Revisada de Helsinki (2013). Dado el diseño del estudio cruzado, nuestro cálculo del tamaño de la muestra (G*Power, HHU, Alemania) determinó que 9 participantes debían rechazar la hipótesis nula de que las medias poblacionales para la producción de potencia TT son iguales con una probabilidad de $0,80$ y un error tipo I asociado de $0,05$, basándose en el supuesto de un tamaño del efecto moderado. Para tener en cuenta las posibles tasas de abandono, 11 ciclistas masculinos sanos y competitivos (edad, 27 ± 10 años; altura, $1,80 \pm 0,07 \text{ m}$; masa corporal, $72,7 \pm 6,2 \text{ kg}$; y $\text{VO}_2 \text{ pico}$, $56,9 \pm 6,1 \text{ ml/kg/min}$; potencia aeróbica máxima, $385 \pm 25 \text{ W}$) se inscribieron de acuerdo con las directrices CONSORT 2010. Los participantes realizaron $\sim 10 \text{ h}$ de entrenamiento de ciclismo por semana, tenían estatus de carrera de Categoría 3 en el Reino Unido y fueron clasificados como ciclistas competitivos entrenados de acuerdo con criterios previamente definidos con respecto a la respuesta fisiológica y el historial de entrenamiento (De Pauw et al.2013; Priego Quesada et al.2018). Los participantes fueron identificados como sanos al completar un cuestionario médico junto con la evaluación de la función pulmonar (capacidad espiratoria forzada [FVC], volumen espiratorio forzado en 1 s [FEV1]), presión arterial y oximetría de pulso (SpO_2). Los participantes fueron excluidos si: i) $\text{FEV1:FVC} < 70 \%$, ii) FVC o $\text{FEV1} < 80 \%$ previsto, iii) presión arterial $> 140/90 \text{ mmHg}$ y iv) $\text{SpO}_2 < 95\%$. Todos los participantes fueron declarados no fumadores y no tomaban medicamentos ni suplementos dietéticos y se les pidió que no consumieran caféina, tabaco ni alcohol ni realizaran ejercicio extenuante durante las 24 horas previas a las visitas al laboratorio.

Intervenciones nutricionales

Durante las pruebas experimentales, los participantes consumieron una nanoburbuja de oxígeno (O_2) o bebida placebo (PLA). Avrox Technologies los suministró en botellas de 500 ml selladas individualmente y consistían en la misma solución que contenía agua, glicerol, glicirricina, lecitina y ácido cítrico. Ambas bebidas tienen propiedades organolépticas similares, incluyendo sabor, aroma y textura. Investigaciones anteriores han indicado que

La bebida de nanoburbujas de oxígeno consiste en una suspensión de vesículas de lecitina con un diámetro modal de ~100 nm y una concentración de 7×10^{12} partículas/ml (Owen et al.2022). Proponemos que estas vesículas actúen como transportadores de oxígeno aumentando la capacidad de la sangre para transportar oxígeno en ~0,1 mg/L. Las bebidas fueron preparadas por un miembro del equipo de investigación que no era responsable de la recopilación de datos inmediatamente antes del consumo para minimizar la pérdida de saturación de oxígeno. Se liberó oxígeno de grado médico (CD Oxygen, BOC International, Reino Unido) en la solución durante 2 minutos a través de un tubo de 5 mm de diámetro interior, a una presión de 2 bar. La distribución de tamaño y la concentración de las nanoburbujas se midieron utilizando un analizador de seguimiento de nanopartículas (Nanosight NS300, Malvern, PA). Su contenido de oxígeno se midió utilizando un medidor de oxígeno minisensor OXY MINI (PreSens Precision Sensing GmbH, Regensburg, Alemania). Los resultados se muestran en [Figuras complementarias 1y2](#). La verificación de la concentración de oxígeno también se realizó inmediatamente antes de la ingestión utilizando un medidor de oxígeno con sonda de inmersión (Oakton DO6+, Reino Unido). Los participantes ingirieron una serie de volúmenes de 75 a 200 ml en momentos fijos, antes (5 minutos antes), durante y/o después del ejercicio. La dosis está en línea con las recomendaciones del Colegio Americano de Medicina Deportiva para la reposición adecuada de líquidos en personas que realizan actividad física (Sawka et al.2007).

Muestra de sangre

Se tomaron muestras de sangre capilar por punción digital de acuerdo con las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS2010) para determinar el lactato en sangre y los gases en sangre (pH, $[\text{HCO}_3^-]$, costo total de propiedad, PAGoh_2 y PAGCO_2). Para medir el lactato en sangre, se recolectaron muestras de 20 μL . se recogen en tubos capilares heparizados con sodio de extremo a extremo y se analizan usando una línea Biosen C (EKF Diagnostic GmbH, Alemania; coeficiente de variación = < 1,5%, a un valor de 12 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$). Para medir los gases en sangre, se recogieron muestras de 95 μL en tubos capilares para gases en sangre (Vitrex, Herlev, Dinamarca) y se transfirieron a cartuchos i-STAT G3+ de un solo uso (Abbott, Illinois, EE. UU.). Las muestras se analizaron utilizando un i-STAT 1 (Abbott, Illinois, EE. UU.). Este analizador ha demostrado una exactitud y precisión excelentes para pH y $[\text{HCO}_3^-]$ (coeficientes de correlación intraclase, $r=0,88, 0,86$) (Dascombe et al.2007).

Detección, medidas de referencia y familiarización.

Dos semanas antes de los ensayos experimentales, los participantes asistieron a una visita de selección para realizar una evaluación de espirometría utilizando un carro metabólico (Geratherm Respiratory GmbH, Lovemedical Ltd, Reino Unido) para medir FVC, FEV1 y FEV1:FVC. Los participantes también completaron una prueba de ejercicio incremental submáximo en un cicloergómetro SRM con freno electrónico (Schoberer Rad Meßtechnik, Alemania) para determinar el umbral de lactato. La producción de energía comenzó en 115 W, con incrementos de 35 W aplicados cada 4 min. Al final de cada etapa incremental, se midió el lactato en sangre hasta una concentración de $> 4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ fue obtenido. Después de 30 minutos de descanso, los participantes realizaron una prueba de ciclismo incremental hasta el agotamiento para determinar el $\text{VO}_2 \text{ pico}$ y potencia aeróbica máxima. El protocolo comenzó con un calentamiento de 5 minutos a 100 W, después del cual la carga de trabajo se incrementó automáticamente a $170 \pm 10 \text{ W}$, con incrementos de 20 W aplicados cada minuto hasta el agotamiento voluntario. Intercambio de gases pulmonares respiración a respiración (VO_2 ,

VCO₂, RER) fue recogida a través de Se registraron continuamente durante el ejercicio un carro metabólico (Geratherm Respiratory GmbH, Lovemedical Ltd, Reino Unido) y la FC (H10, Polar, Reino Unido). VO_{2 pico} y la potencia aeróbica máxima se tomó como el valor promedio más alto de 30 s obtenido antes del agotamiento voluntario. Cuatro días antes de las pruebas experimentales, los participantes se familiarizaron con el protocolo de ciclismo SS y la contrarreloj de 16,1 km, como se describe a continuación.

Ciclismo en estado estacionario y contrarreloj de 16,1 km

Los participantes consumieron un bolo de 200 ml de O₂ bebida PLA 5 min antes de comenzar 30 min de ciclismo SS en el cicloergómetro SRM. La carga de trabajo para el ciclismo SS se fijó en el 60% del VO de los participantes.² pico y calculado a partir de la relación lineal entre VO₂ y producción de potencia obtenida de la prueba incremental submáxima. Medidas de VO₂, VCO₂, FC, índice de esfuerzo percibido (RPE), SpO₂, se recogieron el lactato en sangre y los gases en sangre al inicio del estudio antes del ejercicio y durante todo el ciclismo SS a los 5, 10, 20 y 30 min. Después de 10 minutos de descanso, los participantes consumieron un bolo adicional de 200 ml de cualquiera de las bebidas 5 minutos antes de comenzar una TT de ciclismo de 16,1 km, seguido de una serie de volúmenes de 75 ml a los 4, 8, 12 y 16 km durante la TT. El muestreo de sangre capilar se repitió antes del ejercicio y a los 2, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos después del ejercicio para determinar el lactato en sangre y los gases en sangre. Los participantes no recibieron ninguna indicación del tiempo de finalización y no recibieron comentarios sobre su desempeño durante o después del TT. Las pruebas de reproducibilidad del TT de 16,1 km realizadas por nuestro laboratorio arrojaron un coeficiente de variación (CV) del 1,40% para la potencia media.

Ciclismo de velocidad repetido

Los participantes consumieron un bolo de 200 ml de O₂ bebida PLA e inmediatamente comenzó un calentamiento de 5 minutos en una bicicleta Monark Peak (Ergomedic 894E, Monark Sports and Medical, Suecia) con una resistencia de 2,0 W·kg⁻¹ masa corporal a 60-90 rev·min⁻¹. Los participantes descansaron durante 3 minutos antes de realizar pruebas de Wingate de 4 × 30 s contra una fuerza de frenado constante (7,5% BW) con 4 minutos de recuperación entre esfuerzos. Los participantes consumieron una serie de volúmenes de 75 ml inmediatamente después del 1^o calle, 2^o Dakota del Norte, 3^o tercero, y 4^o carreras de velocidad. El muestreo de sangre capilar se realizó antes del consumo del bolo de 200 ml, 2 minutos después de cada sprint de 30 segundos para determinar el lactato en sangre y los gases en sangre, y a los 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos después del ejercicio para el lactato. solo. El RPE se obtuvo inmediatamente después de cada prueba de Wingate, mientras que la FC y la SpO₂ fueron grabados en todo momento. Se calcularon las potencias máxima y media para cada prueba de Wingate. Las pruebas de reproducibilidad del protocolo de prueba Wingate de 4 × 30 s de nuestro laboratorio arrojaron un CV de 1,47% y 2,93% para la potencia media y máxima, respectivamente.

Cuestionarios de malestar gastrointestinal.

A los 30 minutos y 24 horas después de las pruebas experimentales, los participantes completaron escalas Likert para cuantificar la gravedad de los síntomas de malestar gastrointestinal (como náuseas, vómitos,

hinchazón, calambres, flatulencia, diarrea). Los síntomas se calificaron en una escala de 0 a 5 ('0' = ninguno, '5' = insoportable), que ha sido validada en otras áreas de investigación del dolor/ malestar (Bijur et al.2003). El malestar gastrointestinal agregado se calculó a partir de la suma de cada síntoma.

Análisis de los datos

Todas las pruebas estadísticas se realizaron utilizando SAS® versión 9.4. El rendimiento se cuantificó mediante el tiempo transcurrido hasta la finalización de la contrarreloj de 16,1 km y a partir de los índices de potencia en la contrarreloj y los sprints repetidos. La cinética de eliminación de lactato se cuantificó durante la recuperación del TT y los sprints repetidos midiendo el área bajo la curva (AUC) y la vida media del lactato. Este último se determinó a partir de la constante de tasa de eliminación (κ), calculada a partir de las 7 concentraciones de lactato en sangre tomadas después del ejercicio (5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos después del ejercicio) $\kappa = \ln 2 / t_{1/2}$. ¿Dónde está la vida media del fármaco? Inicialmente se probó la distribución normal de todos los datos mediante la prueba de Shapiro Wilks. Cada variable de respuesta, por separado para cada condición (submáxima, TT y sprints repetidos), se contrastó estadísticamente en un modelo mixto lineal general, con interacciones de tratamiento, período, tratamiento por período y tratamiento por tiempo como efectos fijos, sujeto como efectos aleatorios, y línea de base como covariable y tiempo como medida repetida con una matriz de covarianza de varianza no estructurada. El efecto del tratamiento a lo largo del tiempo también se determinó contrastando estadísticamente el tratamiento por interacción temporal y examinando sus diferencias pareadas. Se realizaron pruebas para determinar las diferencias en el rendimiento de TT (tiempo, producción de potencia), la cinética de eliminación de lactato (AUC, vida media) y el malestar gastrointestinal entre O₂ y ensayos de PLA. Entre los tamaños de los efectos del tratamiento (d) para las mejoras en el rendimiento se calcularon dividiendo la diferencia de medias por la DE agrupada y se interpretaron como triviales ($\leq 0,20$), pequeñas (0,20–0,49), moderadas (0,50–0,79) o grandes ($\geq 0,80$) (Cohen, 1988). La significación estadística se evaluó al nivel del 5%. Los datos se informan como media \pm DE.

Resultados

Disposición, abandono y aleatorización de los participantes.

Se inscribieron once participantes para garantizar que 9 participantes completaran el estudio según lo planeado. Un participante se retiró del estudio después de la visita de familiarización debido a limitaciones de tiempo. Diez participantes completaron cada prueba experimental separados por 4 \pm 1 días. En total, 3 participantes no pudieron completar los 4th Prueba de Wingate debido a malestar gastrointestinal inducido por los esfuerzos máximos anteriores (*norte*=1, Oh₂; *norte*=2, PLA). Todas las demás variables son conjuntos de datos completos (*norte*=10). No se observaron diferencias significativas para las medidas iniciales y no se observó ningún efecto de período (*pag*>0,05), lo que confirma la eficacia de la aleatorización por orden.

Respuestas al ejercicio en estado estacionario.

Los archivos de datos SRM exportados indican que el ciclismo SS se realizó al 59,7 \pm 0,9 % del VO₂ pico. VO₂ y VCO₂ aumentó y se mantuvo elevado por encima del valor inicial después de 5 minutos

Tabla 1. Lactato en sangre, Hr y rpe (media \pm DE) al inicio del estudio y durante 30 minutos de ciclismo SS después de consumir placebo (pla) y oxígeno encapsulado (o₂) bebidas.

tiempo	lactato (mmol·L ⁻¹)		Horas (lpm)		personas (6-20)	
	pla	o ₂	pla	o ₂	pla	o ₂
Base	1,29 \pm 0,34	1,15 \pm 0,24	71 \pm 13	72 \pm 12		
5 minutos	1,79 \pm 0,83#	1,67 \pm 0,67#	136 \pm 14#	136 \pm 15#	11 \pm 1	11 \pm 2
10 minutos	1,62 \pm 0,83#	1,63 \pm 0,85#	141 \pm 16#	141 \pm 13#	12 \pm 1	11 \pm 1
20 minutos	1,63 \pm 1,09#	1,62 \pm 1,06#	147 \pm 18#	147 \pm 15#	12 \pm 2	12 \pm 1
30 minutos	1,51 \pm 1,03#	1,71 \pm 1,17#	148 \pm 17#	151 \pm 17#	13 \pm 2	12 \pm 1

Hr, frecuencia cardíaca; rpe, tasa de esfuerzo percibido. #denota un cambio significativo desde el inicio ($p_{ag}<0,05$).

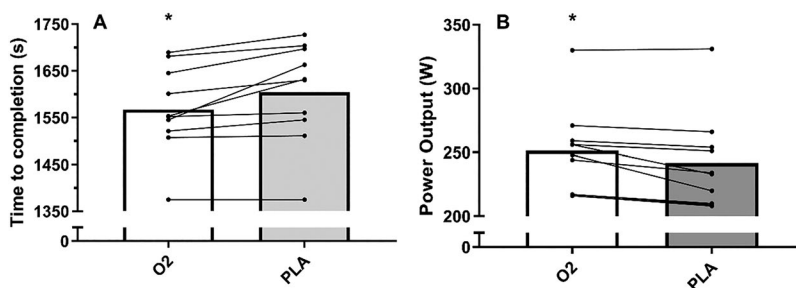


Figura 1.A-B tiempo medio hasta completar (a) y producción de potencia (B) durante la contrarreloj de 16,1 km (o₂- caja blanca; pla - caja gris) ($n_{orte}=10$). datos presentados como barra media y respuestas individuales a bebidas experimentales. * denota una diferencia entre o₂ y pla ($p_{ag}<0,05$).

del ciclismo SS ($p_{ag}=0,04$, $p_{ag}=0,002$, respectivamente), pero no se observaron efectos del tratamiento ($p_{ag}>0,05$). Las respuestas en el tiempo del lactato en sangre, FC y RPE y los gases en sangre se muestran en [Tabla 1](#) y [Tabla complementaria 1](#), respectivamente. No se observaron efectos de tratamiento o interacción para ninguna de estas variables fisiológicas durante el ciclismo SS ($p_{ag}>0,05$).

Rendimiento en contrarreloj de 16,1 km

Los tiempos medios e individuales de finalización de la contrarreloj de 16,1 km se muestran en [Figura 1\(A\)](#), mientras que los perfiles de potencia de salida adjuntos se muestran en [Figura 1\(B\)](#). No hubo diferencia en el tiempo de finalización del TT de 16,1 km entre familiarización y PLA ($p_{ag}>0,05$). El tiempo de finalización fue un 2,4% más rápido después de O₂ en comparación con PLA (26,1 \pm 1,6 min frente a 26,8 \pm 1,8 min, IC del 95%=0,7-4,0%, $p_{ag}=0,01$, $d=0,41$). La producción de potencia media durante la contrarreloj de 16,1 km también fue un 4,1% mayor para O₂ en comparación con PLA (252 \pm 34 W frente a 242 \pm 38 W, IC del 95%=2,1-7,3%, $p_{ag}=0,006$, $d=0,28$). En total, 9 de los 10 participantes informaron mejoras en la producción de potencia promedio mayores que el CV (1,40%) para O₂ contra PLA.

La concentración final de lactato en sangre al final de la TT de 16,1 km fue de 7,5 \pm 2,7 mmol·L⁻¹ frente a 6,4 \pm 2,8 mmol·L⁻¹ para O₂ y PLA, respectivamente ($p_{ag}>0,05$). La concentración de lactato en sangre volvió al valor inicial durante el período de recuperación de 30 minutos ($p_{ag}<0,001$, [Figura 2](#)), pero ningún efecto del tratamiento ($p_{ag}=0,38$) o efecto de interacción ($p_{ag}=0,56$). No hubo diferencias en el AUC del lactato (122 \pm 50 mmol·min⁻¹ frente a 108 \pm 52 mmol·min⁻¹, $p_{ag}=0,33$) o vida media (17,1 \pm 2,9 min frente a 18,4 \pm 6,0 min, $p_{ag}=0,32$) entre O₂ y PLA.

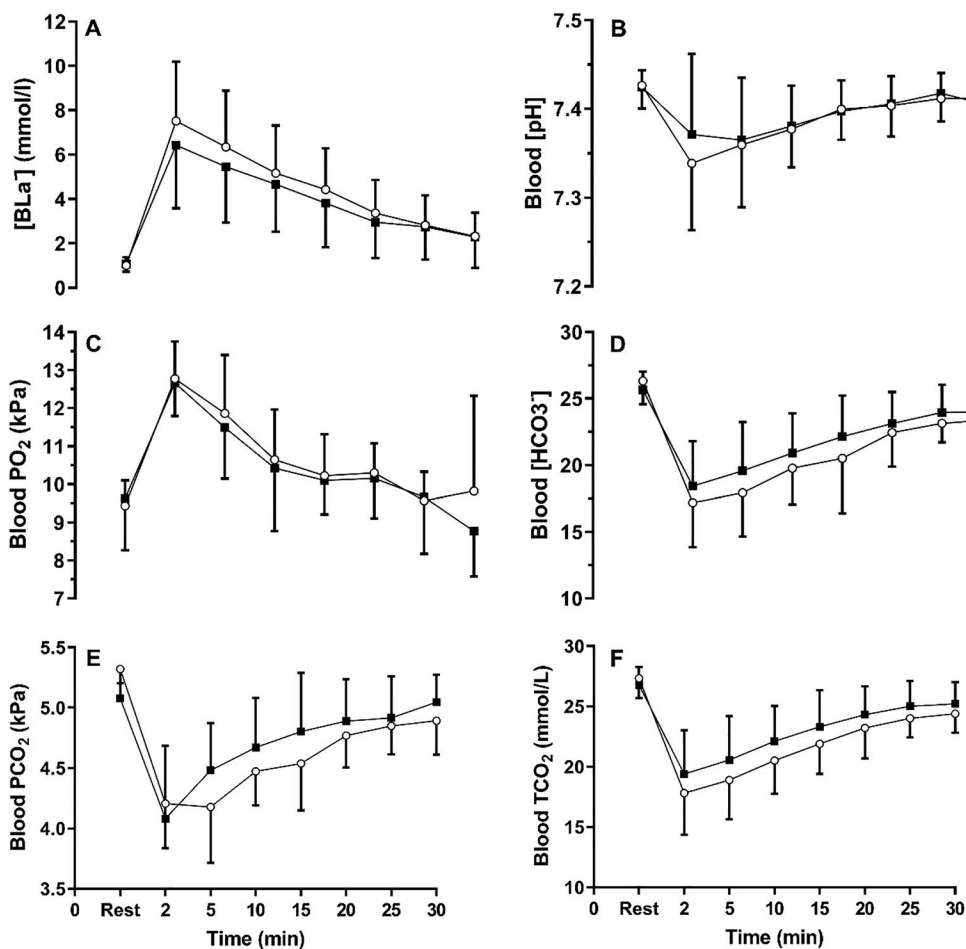


Figura 2. A-F cambios en el tiempo en el lactato sanguíneo (a), pH (B), PAG_{O_2} (C), $[HCO_3^-]$ (D), PAG_{CO_2} (mi), y tCO_2 (f) después de una contrarreloj de 16,1 km (O_2 - círculos blancos; pla - cuadrados negros) ($n_{orte}=10$). datos presentados como media \pm DE.

pH sanguíneo, PCO_2 , $[HCO_3^-]$ y costo total de propiedad: aumentó durante el período de recuperación de 30 minutos siguiendo la crono de 16,1 km ($p_{ag}<0,05$, Figura 2), pero no se observaron efectos del tratamiento ($p_{ag}>0,05$). PAG_{O_2} y O_2 la saturación disminuyó durante el período de recuperación de 30 minutos ($p_{ag}<0,001$, Figura 2), pero no se observaron efectos del tratamiento ($p_{ag}>0,05$).

Rendimiento de sprint repetido

La producción de potencia máxima y promedio disminuyó durante los Wingates de 4×30 s ($p_{ag}<0,001$, Figura 3A), pero sin condición ($p_{ag}=0,19$, $p_{ag}=0,61$) o interacción ($p_{ag}=0,87$, $p_{ag}=0,57$) se observaron efectos. Dado que algunos participantes no pudieron completar los 4th sprint, análisis post-hoc realizado en Wingates 1, 2 y 3 ($n_{orte}=10$) reveló que la O_2 La bebida aumentó la potencia máxima promedio en un 7,1 % en comparación con el PLA (945 ± 110 W frente a 882 ± 108 W, $p_{ag}=0,002$, $d=0,58$; Figura 3B). La potencia media durante estos 3 Wingates también aumentó un 2,3% para O_2 en comparación con PLA (639 ± 50 W frente a 624 ± 50 W, $p_{ag}=0,014$; $d=0,30$).

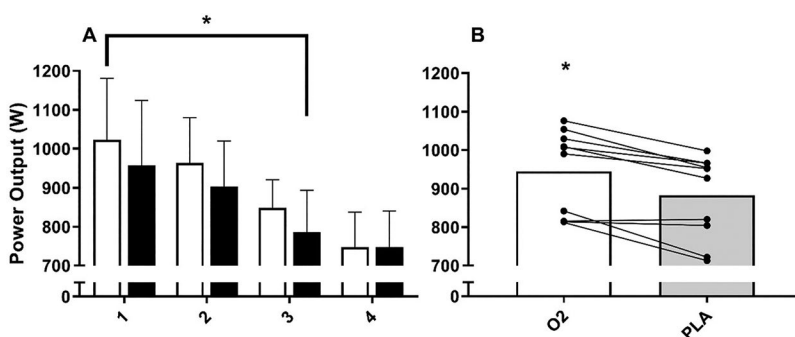


Figura 3. A-B potencia máxima promedio en todos los sprints repetidos (a) (o₂- caja blanca; pla - caja negra) y potencia máxima promedio durante los primeros tres sprints (B) (o₂- caja blanca; pla - caja negra) (*n*orte=10). datos presentados como barra media y respuestas individuales a bebidas experimentales. * denota una diferencia entre o₂y pla (*p*ag<0,05).

Las respuestas en el tiempo de los gases en sangre y del lactato se muestran en [Tabla complementaria 2](#). La concentración de lactato en sangre aumentó después de cada 30 s Wingate (*p*ag<0,05), pero no se observaron efectos del tratamiento (*p*ag>0,05). La concentración máxima de lactato en sangre después de los 4 × 30 s Wingates no fue diferente entre O₂y PLA (17,7 ± 2,8 mmol·L⁻¹ frente a 17,4 ± 2,3 mmol·L⁻¹, *p*ag>0,05). El lactato volvió al valor inicial durante el período de recuperación de 30 minutos (*p*ag<0,001), pero no hubo diferencia entre O₂y PLA (*p*ag>0,05). pH de la sangre, *P*AGCO₂, HCO₃y costo total de propiedad₂disminuyó durante los 4 × 30 s Wingates (*p*ag<0,001), sin embargo, no se informaron efectos del tratamiento (*p*ag>0,05). *P*AGoh₂aumentó durante los Wingates de 4 × 30 s (*p*ag<0,001), pero no hubo diferencia entre O₂y PLA (*p*ag>0,05). No hubo cambios en la SpO₂a través de los Wingates 4 × 30 s (*p*ag>0,05).

Síntomas de malestar gastrointestinal

Después de completar la contrarreloj ciclista de 16,1 km, no se informaron diferencias en la gravedad del malestar gastrointestinal entre O₂y PLA a los 30 min (0,6 ± 0,5 vs. 1,0 ± 1,2) y 24 h (0,4 ± 0,5 vs. 0,7 ± 1,5) post-ejercicio (*p*ag>0,05). De manera similar, después de las pruebas de Wingate de 4 × 30 s, no se observaron diferencias en la gravedad del malestar gastrointestinal entre O₂y PLA a los 30 min (4,2 ± 2,2 vs. 3,8 ± 5,1) y 24 h (0,9 ± 1,9 vs. 0,9 ± 1,9) post-ejercicio (*p*ag>0,05).

Discusión

El rendimiento en eventos de ciclismo competitivo está determinado en gran medida por el potencial de suministro de energía oxidativa en los músculos activos, pero también por la capacidad de generar una producción de potencia relativamente alta durante las etapas decisivas de la carrera (Baron et al. 1999). En consecuencia, el presente estudio no sólo investigó los efectos de una bebida con nanoburbujas de oxígeno sobre el rendimiento durante el ciclismo SS y 16,1 km contrarreloj, sino también el rendimiento en sprints repetidos que se ha pasado por alto en estudios anteriores. Este es el primer estudio que ha demostrado una mejora en el rendimiento con el consumo de una bebida de nanoburbujas de oxígeno al mejorar el rendimiento en TT de 16,1 km y sprints repetidos. La magnitud

de este beneficio ergogénico en el tiempo hasta la finalización (2,4%) y la producción de potencia promedio (4,1%) durante la contrarreloj fueron mayores que el cambio más pequeño que valió la pena en el rendimiento para los ciclistas de contrarreloj en carretera (-0,6% y 1,0%, respectivamente). (Patón y Hopkins 2006; Patón y Hopkins 2001). Además, 9 de 10 participantes informaron una mejora en la producción de potencia promedio superior a las variaciones diarias de nuestras investigaciones de reproducibilidad (1,4%). Dado que tampoco observamos diferencias en las molestias gastrointestinales entre los tratamientos, nuestros resultados sugieren que la bebida con nanoburbujas de oxígeno puede proporcionar una ayuda ergogénica práctica y eficaz para los ciclistas competitivos.

Hasta la fecha, sólo un pequeño número de estudios han analizado el efecto de las bebidas enriquecidas con oxígeno en el rendimiento en bicicleta o carrera contrarreloj sin que se hayan reportado mejoras significativas (Wing-Gaia et al. 2005; McNaughton y cols. 2007; Fleming et al. 2017). Contrariamente a estos hallazgos, el presente estudio informa mejoras significativas en el tiempo de finalización y la producción de potencia promedio durante la contrarreloj de 16,1 km para O₂en comparación con el PLA. Esto puede ser una consecuencia del método de encapsulación de oxígeno utilizado en el estudio actual, que da como resultado una mayor solubilidad del oxígeno que las bebidas probadas previamente (Owen et al. 2016, 2022). Sin embargo, no observamos un aumento en PAG_{O_2} en la O₂ ensayos clínicos que se esperaba que apoyaran esta hipótesis. Esto podría deberse a la insensibilidad de nuestras medidas, dado el error reconocido en la predicción arterial. PAG_{O_2} a partir de muestras de sangre capilar. Aun así, una clara elevación en PAG_{O_2} No necesariamente conduce a un aumento significativo en la capacidad de transporte de oxígeno arterial dado que la saturación de hemoglobina es alta (> 96%) al nivel del mar y la cantidad de oxígeno disuelto en plasma es relativamente baja (~1,5%).

Investigaciones anteriores también han involucrado el consumo de volúmenes más pequeños de bebidas enriquecidas con oxígeno en comparación con la investigación actual (un total de 500 ml durante aproximadamente 30 minutos). Por ejemplo, Wing-Gaia et al. (2005) proporcionaron 160 ml durante aproximadamente 30 minutos de ejercicio, Fleming et al. (2017) proporcionaron sólo 35 ml en aproximadamente 30 minutos, mientras que McNaughton et al. (2007) administraron 15 ml de agua enriquecida con oxígeno. Sin embargo, es poco probable que la diferencia en la dosis explique completamente nuestros resultados, ya que los participantes aún ingirieron una cantidad muy pequeña de oxígeno en la bebida (~15 ml, Figuras complementarias 1y2) en comparación con el volumen de oxígeno consumido durante la contrarreloj de 16,1 km (estimado en la región de ~80 L). Es posible que se pueda entregar al tejido una mayor cantidad de oxígeno que el inicialmente encapsulado en la dosis consumida si las burbujas recubiertas de lecitina contenidas en la bebida actúan como transportadores de oxígeno (Owen et al. 2022), de manera muy similar a cómo se informa que las nanogotas de perfluorocarbono funcionan como sustitutos de la sangre (Riess 2005). Se deberían realizar más investigaciones sobre la biodisponibilidad de estas nanoburbujas cargadas de oxígeno antes de que sea posible confirmar esta hipótesis y comprender mejor el posible mecanismo de acción.

Este es el primer estudio que demuestra que la ingestión de una bebida con nanoburbujas de oxígeno puede mejorar el rendimiento en sprints repetidos de máxima intensidad. Observamos aumentos significativos en la potencia máxima (~7,1%) y la potencia promedio (2,3%) durante las pruebas de Wingate de 3 × 30 s intercaladas con 4 min de recuperación. Dada la mayor producción de potencia, esperaríamos ver una mayor concentración de lactato en sangre (y acidosis metabólica), lo que refleja una mayor actividad glucolítica y metabolismo anaeróbico (Méndez-Villanueva et al. 2012). Por lo tanto, fue sorprendente que no se observaran diferencias entre los ensayos de gases en sangre y lactato. Fleming et al. (2017) informaron datos de vida media del lactato en sangre y AUC significativamente más bajos durante la recuperación cuando los participantes consumieron una solución enriquecida con oxígeno inmediatamente después y 15 minutos después de finalizar el ejercicio.

Sin embargo, en el presente estudio, las concentraciones de lactato y la respuesta AUC fueron similares entre los ensayos cuando O₂La bebida se consumieron inmediatamente después de completar las pruebas de 16,1 km TT y 4×30 s Wingate. En investigaciones futuras se debe investigar el efecto del momento y la dosis de agua enriquecida con oxígeno en relación con la recuperación post-ejercicio.

Nuestras observaciones de que el O₂La bebida no afectó la respuesta fisiológica a una carga de trabajo submáxima constante y están de acuerdo con hallazgos previos para el agua enriquecida con oxígeno (Mielke et al.2005; McNaughton y cols.2007). Consumo de O₂La bebida no redujo el VO₂Costo del ejercicio submáximo al 60% VO₂pico, lo que sugiere que no hay cambios en la eficiencia contráctil del músculo esquelético (costo del trifosfato de adenosina de la contracción muscular) y/o la respiración mitocondrial (trifosfato de adenosina producido por mol de O₂usado). Es probable que cualquier cambio en el contenido de oxígeno arterial (aunque no se detectó en este estudio) se correspondiera con cambios proporcionales en el flujo sanguíneo muscular para controlar el suministro de oxígeno (Saltin et al.1998). Sin embargo, no hubo cambios detectables en la FC y, además, el volumen ventilatorio fue similar entre los tratamientos, lo que sugiere que no hay alteraciones en el costo cardiorrespiratorio del transporte de oxígeno. Además, no hubo diferencias en las medidas de gases en sangre capilar y lactato, lo cual es algo sorprendente considerando que los participantes fueron capaces de mantener una mayor producción de potencia promedio durante la contrarreloj de 16,1 km después de la O₂bebida. No se recogieron mediciones fisiológicas durante la TT para limitar las distracciones y garantizar la validez ecológica, por lo que no podemos cuantificar el VO₂costo del trabajo realizado. Sin embargo, utilizando cálculos de las pruebas de ejercicio cardiopulmonar iniciales, estimamos que los participantes andaban en bicicleta a ~73% del VO₂pico durante la crono. La concentración máxima de lactato en sangre al final del TT confirma que los ciclistas se ejercitaron a una intensidad más alta en relación con el protocolo SS (donde se obtuvieron medidas fisiológicas) y potencialmente en el límite del dominio de ejercicio de intensidad pesada-severa (Jones et al.2019). El control vascular difiere en intensidades por encima del poder crítico (Poole et al.2016). La tolerancia al ejercicio de intensidad severa mejora con la hiperoxia (Amann et al.2006), probablemente debido a una mayor difusión de oxígeno entre la sangre y los miocitos y a un aumento de la densidad intramiocítica. PAGO_{h2}. Aunque esto último no está confirmado en el presente estudio, investigaciones previas han demostrado que los niveles de oxígeno en el tejido tumoral pueden aumentar después de la administración oral de las mismas nanoburbujas de oxígeno estabilizadas en ratones (Owen et al.2016). El óxido nítrico (NO) derivado de la óxido nítrico sintasa neuronal (nNOS) juega un papel importante en la regulación del flujo sanguíneo a las fibras musculares tipo II, que se reclutan preferentemente a tasas de trabajo superiores a la potencia crítica (Copp et al.2013; Poole y cols.2016). Dado que la producción enzimática de NO requiere oxígeno como cosustrato (Babu et al. 1999) y el *k_{metro}* para nNOS es alto (~350 μM O₂), aumentando intramiocitos PAGO_{h2} puede aumentar la producción de NO (Hickok et al.2013) y ayudan a elevar el flujo sanguíneo y el suministro de oxígeno a estos músculos. Esto puede explicar, en parte, por qué hemos observado un mejor rendimiento en el ejercicio en el dominio de intensidad severa.

Limitaciones y sugerencias de futuras investigaciones.

Existen limitaciones metodológicas de este estudio que deben considerarse al interpretar los resultados y deben abordarse en el futuro. En primer lugar, no evaluamos

Por lo tanto, debido al éxito de nuestro diseño doble ciego, los cambios en el desempeño podrían atribuirse en cierta medida a la expectativa de los participantes de obtener resultados positivos a partir de su creencia de que identificaron con éxito el O₂ bebida (Hurst et al.2020). Si bien no hubo diferencias notables en el sabor, la textura o la apariencia del O₂ y bebidas PLA, deberíamos haber evaluado el cegamiento a través de cuestionarios de asignación de tratamiento para determinar si los sesgos de los participantes influyeron en los resultados (Schulz y Grimes2002). En segundo lugar, no pudimos medir la oxigenación y el flujo sanguíneo del músculo esquelético. Esto se puede estimar mediante espectroscopia de infrarrojo cercano con oclusión venosa (Tran et al.1999; Boushel y Piantadosi2000). Se justifica realizar más investigaciones utilizando tales métodos para determinar si la ingestión de una bebida con nanoburbujas de oxígeno afecta el control fisiológico durante intensidades de ejercicio vigorosas más sostenidas (~75% VO_{2 pico}) ejercicio. Por último, aunque los participantes fueron clasificados como ciclistas competitivos basándose en su respuesta fisiológica y su historial de entrenamiento (De Pauw et al.2013; Priego Quesada et al.2018), se observó que eran heterogéneos en su verdadero rendimiento ciclista. Indicadores de rendimiento más específicos, como la potencia relativa al peso en la carga de trabajo máxima y el umbral de lactato, pueden ser más adecuados para clasificar a los participantes que el VO_{2 pico} historial de entrenamiento.

Conclusión

Este estudio investigó el rendimiento agudo y las respuestas fisiológicas al ciclismo de sprint submáximo y repetido después de la ingestión de una bebida de nanoburbujas de oxígeno. Nuestros hallazgos demuestran mejoras significativas y prácticamente significativas en el tiempo de finalización de 16,1 km TT y el rendimiento de sprints repetidos en ciclistas competitivos. El consumo de la bebida de nanoburbujas de oxígeno puede generar pequeños beneficios en el rendimiento de los atletas que realizan esfuerzos vigorosos y sostenidos, así como series repetidas de ejercicio de alta intensidad, pero se requiere más investigación para aclarar los mecanismos fisiológicos subyacentes a estos efectos ergogénicos.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a todos los participantes por su tiempo y esfuerzo durante el estudio.

Contribuciones del autor

Conceptualización, David G. King y Julie Hunt; *Metodología*, David G. King y Julie Hunt; *Análisis formal*, David G. King, Jeewaka Mendis, William H. Gurton y Julie Hunt; *Investigación*, David G. King, William H. Gurton, Heather Macrae y Louise Jones; *Recursos*, David G. King, Eleanor Stride y Julie Hunt. *Escritura – Borrador original*, David G. King, Eleanor Stride y Julie Hunt; *Escritura – Revisión y edición*, David G. King, Eleanor Stride, Jeewaka Mendis, William H. Gurton, Heather Macrae, Louise Jones y Julie Hunt.

Declaración de divulgación

Los autores no tienen conflictos de intereses que declarar. Los autores son los únicos responsables del contenido y redacción del artículo.

Fondos

Este estudio fue financiado por Avrox Technologies Ltd, Harrogate, North Yorkshire, HG3 3SZ. Avrox Technologies proporcionó las bebidas experimentales, pero no participó en el diseño del estudio, el almacenamiento, el análisis ni la interpretación de los datos.

ORCIDO

David G. Rey  <http://orcid.org/0000-0003-1414-1851>
 Eleanor Stride  <http://orcid.org/0000-0003-3371-5929>
 William H. Gurton  <http://orcid.org/0000-0001-9548-5968>

Referencias

- Amann M, Romer LM, Pegelow DF, Jacques AJ, Hess CJ, Dempsey JA. 2006. Efectos de la arterial contenido de oxígeno sobre la fatiga de los músculos locomotores periféricos. *J Appl Physiol* (1985). 101(1):119–127. doi:10.1152/jappphysiol.01596.2005.
- Babu BR, Frey C, Griffith OW. 1999. Unión de l-arginina a la óxido nítrico sintasa: el papel de Enlaces de H a los nitrógenos de guanidinio no reactivos. *J Biol Chem*. 274(36):25218–25226. doi: 10.1074/jbc.274.36.25218.
- Baron R, Bachl N, Petschnig R, Tschan H, Smekal G, Pokan R. 1999. Medición del máximo Producción de potencia en ciclismo isocinético y no isocinético. Una comparación de dos métodos. *Medicina deportiva internacional J*. 20(8):532–537. doi:10.1055/s-1999-8839.
- Barr J, Lushkov G, Strauss S, Gurevitch S, Lahat E, Bistrizter T, Klin B, Eshel G. 1996. peritoneal Ventilación en conejos: aumento del intercambio gaseoso con cisaprida. *Tórax*. 51(1):82–86. doi: 10.1136/thx.51.1.82.
- Bijur PE, Latimer CT, Gallagher EJ. 2003. Validación de un numérico administrado verbalmente. Escala de valoración del dolor agudo para su uso en el servicio de urgencias. *Acad Emerg Med*. 10(4):390–392. doi:10.1111/j.1553-2712.2003.tb01355.x.
- Boushel R, Piantadosi CA. 2000. Espectroscopia de infrarrojo cercano para controlar la oxigenación muscular. *Acta Physiol Scand*. 168(4):615–622. doi:10.1046/j.1365-201x.2000.00713.x.
- Cohen J. 1988. Análisis de poder estadístico para las ciencias del comportamiento, Routledge Academic.
- Cooper EA, Smith H, Pask EA. 1995. Sobre la eficiencia del oxígeno intragástrico. *Anestesia*. 50(6):535–544. doi:10.1111/j.1365-2044.1995.tb06048.x.
- Copp SW, Holdsworth CT, Ferguson SK, Hirai DM, Poole DC, Musch TI. 2013. Fibra muscular tipo de dependencia del control vascular neuronal mediado por la óxido nítrico sintasa en la rata durante la carrera en cinta rodante a alta velocidad. *J Physiol*. 591(11):2885–2896. doi:10.1113/jphysiol.2013.251082.
- Dascombe BJ, Reaburn PRJ, Sirotic AC, Coutts AJ. 2007. La fiabilidad del sistema clínico i-STAT. analizador portátil. *J Sci Med Deporte*. 10(3):135–140. doi:10.1016/j.jsams.2006.05.023.
- De Pauw K, Roelands B, Cheung SS, De Geus B, Rietjens G, Meeusen R. 2013. Directrices para Clasificar grupos de materias en la investigación en ciencias del deporte. *Int J Sports Physiol Realizar*. 8(2):111–122. doi:10.1123/ijsp.8.2.111.
- Eisenbrey JR, Albala L, Kramer MR, Daroshefski N, Brown D, Liu JB, Stanczak M, O’Kane P, Forsberg F, Wheatley MA. 2015. Desarrollo de un transportador de oxígeno sensible a ultrasonidos para el suministro de oxígeno a tejido hipóxico. *Int J Pharm*. 478(1):361–367. doi:10.1016/j.ijpharm.2014.11.023.
- Fleming N, Vaughan J, Feedback M. 2017. La ingestión de agua oxigenada mejora la eliminación del lactato. *Cinética de carrera en corredores entrenados*. *J Int Soc Deportes Nutrición*. 14(1):9–7. doi:10.1186/s12970-017-0166-y.
- Adelante W, Adam O. 2001. Captación de oxígeno del intestino: experimentos con conejos. *Eur J. Res. médica*. 6(11):488–492. PMID: 11726308
- Haldane JS. 1912. Métodos de análisis del aire. Filadelfia: Charles Griffin & Co Ltd., JB Lippincott Co.;
- Hampson NB, Pollock NW, Piantadosi CA. 2003. Agua oxigenada y rendimiento deportivo. *JAMA*. 290(18):2408-b-2409. doi:10.1001/jama.290.18.2408-a.

- Hickok JR, Vasudevan D, Jablonski K, Thomas DD.2013. Dependencia de oxígeno del nitrógeno. señalización mediada por óxido. *Biol Redox*. 1(1):203–209. doi:10.1016/j.redox.2012.11.002. Hurst P, Schipof-Godart L, Szabo A, Raglin J, Hettinga F, Roelands B, Lane A, Foad A, Coleman D, Beedie C.2020. El efecto placebo y nocebo sobre el rendimiento deportivo: una revisión sistemática. *Eur J Deporte Ciencia*. 20(3):279–292. doi:10.1080/17461391.2019.1655098.
- Jones AM, Burnley M, Black MI, Poole DC, Vanhatalo A.2019. El equilibrio metabólico máximo Estado: redefiniendo el 'patrón oro'. *Physiol Rep*. 7(10):e14098. doi:10.14814/phy2.14098. Klug W, Knoch HG, Müller A.1988. Presión parcial de oxígeno después de la insuflación rectal de oxígeno. estudios experimentales con animales. *Z Exp Chir Transplant Kunstliche Organe*. 21(4):222–226. PMID3176591
- Kwan JJ, Kaya M, Borden MA, Dayton PA.2012. Suministro terapéutico de oxígeno mediante ultrasonido. y microburbujas. *Teranóstica*. 2(12):1174–1184. doi:10.7150/thno.4410.
- Leibetseder V, Strauss-Blasche G, Marktl W, Ekmekcioglu C. 2006. ¿El agua oxigenada ¿Apoya el rendimiento aeróbico y la cinética del lactato? *Medicina deportiva internacional J*. 27(3):232–235. doi:10.1055/s-2005-865633.
- Mahjour A, Khazaei M, Nourmohammadi E, Khoshdel-Sarkarizi H, Ebrahimzadeh-Bideskan A, Rahimi HR, Safipour Afshar A.2019. Evaluación del efecto antitumoral del agua con nanoburbujas de oxígeno en ratones BALB/c portadores de cáncer de mama. *Bioquímica de células J*. 120(9):15546–15552. doi:10.1002/jcb.28821.
- McEwan C, Owen J, Stride E, Fowley C, Nesbitt H, Cochrane D, Coussios CC, Borden M, Nomikou N, McHale AP, et al.2015. Microburbujas transportadoras de oxígeno para la terapia sonodinámica mejorada de tumores hipóxicos. *Liberación de control J*. 203:51–56. doi:10.1016/j.jconrel.2015.02.004.
- McNaughton LR, Kenney S, Siegler J, Midgley AW, Lovell RJ, Bentley DJ.2007. El efecto de agua superoxigenada sobre los gases sanguíneos, el lactato y el rendimiento en ciclismo aeróbico. *Int J Sports Physiol Realizar*. 2(4):377–385. doi:10.1123/ijspp.2.4.377.
- Méndez-Villanueva A, Edge J, Suriano R, Hamer P, Bishop D.2012. La recuperación del sprint repetido el ejercicio se asocia con la resíntesis de PCr, mientras que el pH muscular y la amplitud EMG permanecen bajos. *Más uno*. 7(12):e51977. doi:10.1371/diario.pone.0051977.
- Mielke M, Kroy JO, Torok D, Zoeller R.2005. El agua oxigenada no mejora la resistencia Rendimiento del ejercicio: 228: Tablero n.º 135: 9:30 a. m. a 11:00 a. m. *Ejercicio deportivo de ciencia médica*. 37 (suplementario): S42 – S43. doi:10.1249/00005768-200505001-00227.
- Monedero J, Donne B. 2000. Efecto de las intervenciones de recuperación en la eliminación de lactato y posterior actuación. *Medicina deportiva internacional J*. 21(8):593–597. doi:10.1055/s-2000-8488.
- Nakazawa MS, Keith B, Simon MC.2016. Disponibilidad de oxígeno y adaptaciones metabólicas. *nat Rev Cáncer*. 16(10):663–673. doi:10.1038/nrc.2016.84.
- Nestlé N, Wunderlich A, Nüssle-Kügele K.2004. Observación in vivo de oxígeno sobresaturado. agua en la boca y el estómago humanos. *Imágenes de resonancia magnética*. 22(4):551–556. doi:10.1016/j.resonancia magnética.2004.01.040.
- Owen J, McEwan C, Nesbitt H, Bovornchutichai P, Averre R, Borden M, McHale AP, Callan JF, Stride E.2016. Reducción de la hipoxia tumoral mediante la administración oral de nanoburbujas de oxígeno. *Más uno*. 11(12):e0168088. doi:10.1371/diario.pone.0168088.
- Owen, Joshua, Logan, Keiran, Nesbitt, Heather, Able, Sarah, Vasilyeva, Alexandra, Bluemke, Emma, Kersemans, Veerle, Smart, Sean, Vallis, Katherine A., McHale, Anthony P., Callan, John F.,2022. Las nanoburbujas de oxígeno administradas por vía oral mejoran la respuesta del tumor a la terapia sonodinámica. *Nano Seleccionar*, 3(2):394–401. doi:10.1002/nano.202100038.
- Ozkaya O, Balci GA, As H, Vardarli E. 2018. La confiabilidad test-retest de la potencia de nueva generación er índices de la prueba total de Wingate. *Deportes*. 6(2):31. doi:10.3390/deportes6020031.
- Paton CD, Hopkins WG.2001. Pruebas de rendimiento ciclista. *Medicina deportiva*. 31(7):489–496. doi:10.2165/00007256-200131070-00004.
- Paton CD, Hopkins WG.2006. Variación en el rendimiento de los ciclistas de élite de una carrera a otra. *EUR J ciencia deportiva*. 6(1):25–31. doi:10.1080/17461390500422796.
- Piantadosi CA.2006. Agua “oxigenada” y rendimiento deportivo. *Br J Deportes Med*. 40(9):740–741. doi:10.1136/bjism.2006.028936.

- Poole DC, Burnley M, Vanhatalo A, Rossiter HB, Jones AM. 2016. Poder crítico: una importancia Umbral de fatiga de las hormigas en la fisiología del ejercicio. *Ejercicio deportivo de ciencia médica*. 48(11):2320–2334. doi: [10.1249/MSS.0000000000000939](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000939).
- Reilly T. 1990. Ritmos circadianos humanos y ejercicio. *Crítico Rev Biomed Ing*. 18(3):165–180. PMID: 2286092
- Priego Quesada JI, Kerr ZY, Bertucci WM, Carpes FP. 2018. La categorización del aficionado. Los ciclistas como participantes de la investigación: hallazgos de un estudio observacional. *J ciencia deportiva*. 36(17):2018–2024. doi: [10.1080/02640414.2018.1432239](https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1432239).
- Riess JG. 2005. Comprender los fundamentos de los perfluorocarbonos y los perfluorocarbonos. emulsiones relevantes para el suministro de oxígeno in vivo. *Artif Cells Blood Substit Immobil Biotechnol*. 33(1):47–63. doi: [10.1081/bio-200046659](https://doi.org/10.1081/bio-200046659).
- Saltin B, Rådegran G, Koskolou MD, Roach RC. 1998. Flujo sanguíneo del músculo esquelético en humanos. y su regulación durante el ejercicio. *Acta Physiol Scand*. 162(3):421–436. doi: [10.1046/j.1365-201X.1998.0293ex](https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.1998.0293ex).
- Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS, American College de Medicina del Deporte. 2007. Puesto de posición del Colegio Americano de Medicina del Deporte. Ejercicio y reposición de líquidos. *Ejercicio deportivo de ciencia médica*. 39(2):377–390. doi: [10.1249/mss.0b013e31802ca597](https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597).
- Schulz KF, Grimes DA. 2002. Cegamiento en ensayos aleatorios: ocultar quién obtuvo qué. *Lanceta*. 359(9307):696–700. doi: [10.1016/S0140-6736\(02\)07816-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)07816-9).
- Sparks AS, Williams EL, Jones HJ, Bridge CA, Marchant D, McNaughton L. 2016. Prueba-reprueba Fiabilidad de una contrarreloj de 16,1 km en ciclistas entrenados utilizando el ergómetro CompuTrainer. *Revista de Ciencia y Ciclismo*. 5(3):35–41.
- Tran TK, Sailasuta N, Kreutzer U, Hurd R, Chung Y, Mole P, Kuno S, Jue T. 1999. Comparativo Análisis de mediciones de RMN y NIRS de PO2 intracelular en músculo esquelético humano. *Soy J Physiol*. 276(6):R1682–R1690. doi: [10.1152/ajpregu.1999.276.6.R1682](https://doi.org/10.1152/ajpregu.1999.276.6.R1682).
- Wing SL, Askew EW, Luetkemeier MJ, Ryujin DT, Kamimori GH, Grissom CK. 2003. Falta de Efecto de la suplementación con rodiola o agua oxigenada sobre la hipoxemia y el estrés oxidativo. *Medio ambiente salvaje Med*. 14(1):9–16. doi: [10.1580/1080-6032\(2003\)014\[0009:LOEORO.2.0.CO;2](https://doi.org/10.1580/1080-6032(2003)014[0009:LOEORO.2.0.CO;2) Wing-Gaia SL, Subudhi AW, Askew EW. 2005. Efectos del agua purificada y oxigenada sobre el ejercicio rendimiento durante la exposición hipóxica aguda. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 15(6):680–688. doi: [10.1123/ijsnem.15.6.680](https://doi.org/10.1123/ijsnem.15.6.680).
- Wilmert N, Porcari JP, Doberstein S, Brice G. 2002. Los efectos del agua oxigenada en el ejercicio fisiología durante el ejercicio incremental y la recuperación. *J Exerc Physiol en línea*. 5(4): págs. 16-21.
- Organización Mundial de la Salud. 2010. Directrices de la OMS sobre extracción de sangre: mejores prácticas en Flebotomía. Ginebra: prensa de la Organización Mundial de la Salud.
- Zavorsky GS, Cao J, Mayo NE, Gabbay R, Murias JM. 2007. Sangre arterial versus capilar. Gases: un metanálisis. *Respir Physiol Neurobiol*. 155(3):268–279. doi: [10.1016/j.resp.2006.07.002](https://doi.org/10.1016/j.resp.2006.07.002).