PubliCE, (PubliCE) 2002

Research

Efectos del Agua Oxigenada sobre la Fisiología del Ejercicio durante el Esfuerzo Incremental y la Recuperación

Nancy Willmert[1], John P Porcari[1], Carl Foster[1], Scott Doberstein[1] y Glenn Brice[1]

[1]*Department of Exercise and Sport Science and The Department of Biology, University of Wisconsin – La Crosse*

RESUMEN

La respiración de oxígeno suplementario ha sido utilizada como una potencial ayuda ergogénica por muchos años. Recientemente el consumo de agua que alcanza contenidos de 7 – 10 veces la concentración normal de oxígeno (agua "súper oxigenada") ha sido lanzada al mercado con la afirmación de que esta puede incrementar ambos, el rendimiento en el ejercicio y la recuperación entre series de ejercicio. El propósito de este estudio fue refutar/justificar esas afirmaciones. Doce voluntarios de edad universitaria (6 varones, 6 mujeres) completaron dos evaluaciones de ejercicio máximo consecutivas, utilizando el protocolo de Bruce modificado, a lo largo de dos días diferentes. Quince minutos antes del ejercicio, los sujetos consumieron aleatoriamente 500 mL de agua oxigenada o agua envasada. Las variables evaluadas incluyeron, frecuencia cardiaca máxima y submáxima, presión sanguínea, escala de esfuerzo percibido, y lactato sanguíneo. No hubo diferencias significativas entre las condiciones para ninguna de las variables en reposo o durante el ejercicio. Los datos obtenidos durante la segunda evaluación consecutiva fueron hechos para evaluar la recuperación. No hubo diferencias entre condiciones para ninguna de las variables medidas durante esta evaluación. Los resultados sugieren que el consumo del agua oxigenada no posee efecto sobre el ejercicio incremental hasta el VO_2 máx. o sobre la recuperación luego ejercicio intenso.

Palabras Clave: ayuda ergogénica, respiración, oxígeno suplementario

INTRODUCCIÓN

La respiración de oxígeno suplementario durante el ejercicio resulta en un incremento del contenido de oxígeno arterial, una caída en la ventilación pulmonar, una menor frecuencia cardiaca submáxima y valores de lactato sanguíneo, y un incremento en el máximo consumo de oxígeno (1-4,6,10-12). Sin embargo, en función de ser un beneficio, el oxígeno debe ser respirado durante el ejercicio. Los estudios que investigaron la respiración con oxígeno suplementario antes o después del ejercicio han mostrado generalmente que esto tiene poco o ningún beneficio (5, 9,13). La respiración de oxígeno suplementario durante el ejercicio es obviamente inviable fuera de un laboratorio y puede evidentemente plantear un problema ético durante la competencia.

En los años transcurridos, han aparecido en el mercado un número de bebidas que contienen aguas oxigenadas. Se ha

anunciado que estas llamadas aguas “super-oxigenadas” contienen 7-10 veces más O_2 que el agua normal de grifo. La mayor concentración de oxígeno en estas bebidas implica que se conduce a un incremento en la absorción de oxígeno a través del cuerpo, resultando en beneficios similares a aquellos vistos cuando se respira mezclas de gases hiperóxicos.

En este momento, solo dos estudios han sido conducidos investigando los efectos del consumo de agua oxigenada sobre el rendimiento. Un estudio no publicado conducido en 1997 en la Universidad de Mujeres de Texas (3) encontró que después de ingerir agua oxigenada, los sujetos corrieron a través de un circuito de 5 km a un promedio de 15 s más rápido comparado a cuando lo hicieron luego de la ingesta de agua embotellada normal. Los sujetos moderadamente entrenados en ese estudio (VO_2 máx. > 54 ml/kg/min) tuvieron una disminución de 31 s en el tiempo de 5 km. Un estudio más reciente conducido por Jenkins y cols. (7) investigó los efectos del agua oxigenada sobre el porcentaje de hemoglobina-saturada de oxígeno (Sa O_2) y el rendimiento en el ejercicio durante una ergometría en bicicleta. Ellos encontraron diferencias significativas en el valor de la Sa O_2 entre las condiciones de agua oxigenada y agua embotellada (91.3% vs. 87.3%), pero no encontraron mejoras correspondientes en el rendimiento de resistencia. Similar al estudio de Duncan (3), sin embargo, cuando la muestra de sujetos fue dividida por nivel de acondicionamiento físico, los sujetos con mayor VO_2 máx. (> 47 ml/kg/min) se ejercitaron por 28 s mas de tiempo y tuvieron valores superiores de Sa O_2 al final de la evaluación de ejercicio máximo después de consumir el agua oxigenada.

Ya que los estudios precedentes sugieren la posibilidad de mejorar el rendimiento o de incrementar la capacidad de transportar oxígeno de la sangre siguiendo al consumo de agua oxigenada, están justificadas investigaciones adicionales. Ningún estudio evaluó la concentración de lactato sanguíneo o estudió la recuperación del ejercicio, los cuales son marcadores adicionales del incremento de la oxigenación sanguínea. El propósito de este estudio fue comparar los efectos del agua súper oxigenada vs. el agua regular de grifo sobre la frecuencia cardiaca (HR), presión sanguínea (BP), y lactato sanguíneo (bLa-) en respuesta a un ejercicio de máxima capacidad aeróbica (VO_2 máx.), como también la evaluación de estos parámetros durante la recuperación del ejercicio intenso.

MÉTODOS

Sujetos

Doce individuos de edad universitaria (6 hombres y 6 mujeres) sirvieron voluntariamente como sujetos en el presente estudio. Todos los sujetos fueron físicamente activos y libres de cualquier lesión o enfermedad que los podría imposibilitar de participar en el estudio. Previo al comienzo de cualquier procedimiento, cada sujeto dio informe de consentimiento. El protocolo de investigación fue previamente aprobado por el Comité de Revisión para la Protección de Sujetos Humanos.

Procedimientos

El estudio fue conducido utilizando un diseño doble ciego cruzado. La muestra de sujetos fue separada en dos grupos con 6 sujetos en cada grupo. Los grupos posteriormente fueron asignados a beber ya sea 500 ml de agua súper oxigenada (AquashRush, Couer d’ Alene, ID) o agua regular de grifo. Los sujetos posteriormente se sentaron en una silla durante 5 minutos mientras fueron registrados los siguientes parámetros: HR, BP, bLa-, y VO_2. Posteriormente fue realizada una evaluación incremental sobre una cinta ergométrica, utilizando el protocolo de Bruce modificado. Las modificaciones del protocolo de Bruce incluyeron una etapa inicial de 2.7 km/h con 0% grados. Al final de cada etapa y en el ejercicio máximo se colectaron HR, BP, VO_2, y la escala de esfuerzo percibido. El lactato sanguíneo fue medido durante el segundo minuto de la primera etapa. Luego de que los sujetos alcanzaran la fatiga volitiva, la cintaergómetro fue inmediatamente retornada a la etapa inicial (2.7 km/h, 0% grados) y los sujetos completaron una segunda evaluación máxima utilizando procedimientos idénticos. Después de completar la segunda evaluación máxima, el bLa^- fue medido dentro de los 2 minutos de la recuperación. Después de una semana, los sujetos regresaron al laboratorio y completaron el mismo protocolo usando la condición opuesta.

Instrumentación

El VO_2 fue medido usando un circuito espirométrico abierto, la BP fue medida en el brazo izquierdo a través de auscultación, y la HR fue registrada utilizando radiotelemetría. La escala de Borg (rango 6:20) fue usada para determinar las mediciones RPE. El lactato sanguíneo se medió utilizando un analizador de lactato Yelow Springs Instruments sobre muestras de sangre capilar obtenidas desde el extremo de un dedo.

Análisis Estadístico

Los datos demográficos fueron resumidos usando estadística descriptiva estándar. Las diferencias entre condiciones y las etapas de las evaluaciones fueron evaluadas utilizando mediciones repetidas de ANOVA. La significación estadística fue aceptada a un alfa de $p<0.05$. Los datos son presentados como medias ± DS.

RESULTADOS

Las características descriptivas de los doce sujetos que participaron del estudio son presentadas en la Tabla 1.

	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)
Hombres (n = 6)	20.6±3.4	183.8±6.86	77.8±5.59
Mujeres (n = 6)	21.4±2.9	168.9±5.33	60.2±9.50

Tabla 1. *Características descriptivas de los sujetos*

Las variables HR, SBP, DBP, RPE, y bLa^- fueron evaluadas en varios puntos de principio a fin de cada sesión. Debido a que todos los sujetos completaron un mínimo de tres etapas submáximas, los datos son presentados para los valores de reposo, etapas 1-3, y ejercicio máximo. Los datos para HP, SBP, y DBP son presentados en la tabla 2. Los datos para RPE, VO_2, y bLa^- son presentados en la tabla 3. Los tiempos para alcanzar el agotamiento para las condiciones de agua de grifo y agua súper oxigenada fueron de 15.80 ± 1.53 min y 16.00 ± 1.54 min para la primera evaluación de la secuencia y 14.70 ± 1.97 min y 14.90 ± 2.02 min para la segunda evaluación de la secuencia, respectivamente. No hubo diferencias significativas ($p>0.05$) entre condiciones para ninguna de las variables en ninguno de los puntos evaluados.

	HR		SBP		DBP	
Condición	Placebo	Tratamiento	Placebo	Tratamiento	Placebo	Tratamiento
Reposo	70±14.1	66±10.2	116±9.7	112±11.1	62±13.5	64±64.13
Etapa 1	85±13.8	85±12.6	126±16.4	123±13.8	63±12.4	67±11.8
Etapa 2	102±13.7	100±12.1	133±18.0	130±17.2	58±10.8	63±12.2
Etapa 3	120±15.3	120±13.5	146±16.1	142±16.8	55±7.7	56±10.7
Max	184±11.4	182±12.2				
Etapa 1	121±15.8	125±16.1	170±15.3	167±14.8	53±10.2	56±10.7
Etapa 2	121±12.0	125±15.6	142±19.5	149±17.8	55±11.6	55±10.9
Etapa 3	136±14.2	140±16.5	139±17.1	137±13.2	49±8.4	49±6.9
Max	184±11.4	182±12.2				
Recuperación	131±14.9	134±17.1	167±17.7	167±17.3	53±8.8	53±11.0

Tabla 2. *Media de los datos para (HR), presión sanguínea sistólica (SBP), y presión sanguínea diastólica (DBP) entre condiciones de agua envasada (placebo) y agua súper oxigenada (tratamiento) .*
**SBP y DBP no fueron medidos en el esfuerzo máximo debido a la dificultad en conseguir mediciones exactas*

Se notificó que el agua usada en el presente estudio (Aquarush) contiene diez veces más oxígeno que el agua envasada. El laboratorio de Toxicología Acuática de la Universidad de Wisconsin – La Crosse evaluó el contenido de oxígeno de tres botellas separadas de Aquarush y tres muestras de agua de grifo. El Aquarush contenía un promedio de 13.5 ml O_2/L y el agua de grifo 4.8 ml O_2/L. Por ello el Aquarush utilizado en el presente estudio tenía solo aproximadamente tres veces más

oxígeno que el agua envasada.

RPE	RPE		VO2		Lactato	
Condición	Placebo	Tratamiento	Placebo	Tratamiento	Placebo	Tratamiento
Reposo			5.7±1.0	5.5±1.3	2.9±0.7	2.8±1.0
Etapa 1	6.8±1.0	7.0±0.9	10.5±1.6	10.8±2. 6	2.7±0.7	2.7±0.8
Etapa 2	8.3±1.1	8.1±1.2	16.4±2.0	17.0±2.1		
Etapa 3	10.9±1.3	10.3±1.4	23.5±2.6	24.2±2.2		
Max	17.5±1.2	17.3±0.9	48.8±8.0	48.6±6.9	11.5±4.0	12.5±5.2
Etapa 1	8.7±1.6	9.0±2.0	16.9±2.4	17.9±3.5		
Etapa 2	10.0±1.4	10.4±2.0	20.1±1.9	21.0±2.8		
Etapa 3	11.8±1.3	12.3±1.2	26.5±2.4	27.5±3.0		
Max	17.4±1.0	17.8±1.1	47.0±8.1	47.3±7.4	10.3±4.5	11.9±4.7
Recuperación			21.3±5.3	20.7±4.4		

Tabla 3. *Promedio de los datos para escala de esfuerzo percibido (RPE), consumo de oxígeno (VO_2), y lactato sanguíneo (bLa^-) entre condiciones de agua embotellada (placebo) y el agua súper oxigenada (tratamiento).*
**El lactato sanguíneo fue medido solo en reposo, durante la etapa 1 de la primera evaluación, y al nivel máximo de ejercicio para ambas evaluaciones.*

DISCUSIÓN

Este estudio encontró que el consumo de agua súper oxigenada no posee efectos sobre los valores de reposo de HR, BP, o bLa^-. Similarmente no hubo efecto sobre las variables HR, BP, o bLa^- durante el ejercicio submáximo o máximo. Tampoco hubo alguna diferencia en el tiempo hasta el agotamiento. La segunda evaluación máxima fue conducida inmediatamente después de l primera evaluación para investigar los efectos del agua súper oxigenada sobre la recuperación. Si el oxígeno adicional hubiera llegado a la sangre y se hubiera liberado a los tejidos debería haber reducciones de la HR y bLa^-, e incrementos en el VO_2 máx. y el tiempo de ejercicio a lo largo de la segunda evaluación. No hubo diferencias entre condiciones. Aparentemente, los niveles de oxigenación sanguínea estuvieron ya sea no elevados o no elevados de forma suficiente para afectar significativamente la liberación de oxígeno a los tejidos o el metabolismo de los tejidos.

Los resultados de este estudio contrastan con los hallazgos de Duncan (3) y Jenkins y cols. (7), quienes encontraron que el agua oxigenada posee un efecto benéfico sobre el rendimiento. Duncan encontró una mejora del promedio del grupo experimental de 15 s para recorrer un circuito de 5 km, y una mejora de 31 s en los sujetos más aptos. Similarmente Jenkins y cols. encontraron que sujetos moderadamente aptos (VO_2 máx.> 47/ml/kg/min) se ejercitaron 28 s más durante una evaluación de ejercicio máximo, después de consumir agua oxigenada. Los autores del último estudio sugirieron que el abastecimiento extra de oxígeno a través del agua pudo haber incrementado la saturación de oxígeno de la hemoglobina ($Sa O_2$), ya que la $Sa O_2$ sanguínea puede estar comprometida en sujetos modera a altamente entrenados (2). Ocho sujetos en el presente estudio tuvieron un VO_2 máx. superior a 47 ml/kg/min. Los análisis de subgrupos no encontraron beneficios significativos atribuibles a la ingesta de agua oxigenada en estos sujetos.

Muchos interrogantes deben ser tratados, concernientes al potencial beneficio de consumir oxígeno. Un interrogante se centra alrededor de la absorción del oxígeno en el agua y si esta llega o no a la sangre arterial. Una vez consumida el agua es absorbida en el fluido sanguíneo a través del epitelio intestinal. Es altamente probable que las células en el intestino consumen el oxígeno extra. Aún así, si el oxígeno llega a ser absorbido, sería absorbido en la sangre venosa, dónde, para la oxigenación tomaría la ruta de regreso a los pulmones, no hacia los músculos activos. Tan pronto como la sangre pasa a través de los pulmones, en primer lugar podría liberar el oxígeno extra a la membrana alveolar, o más posiblemente, en el proceso de conseguir una presión parcial sanguínea de oxígeno característica, no necesite incrementarse en igual grado que el oxígeno en los pulmones

El segundo cuestionamiento en importancia concierne a la baja cantidad de oxígeno que verdaderamente posee el agua. Basados en nuestros cálculos, si el AquaRush tuviese niveles de oxígeno "diez veces superiores al agua de grifo que usted está tomando en su casa", una botella de 500 ml podría contener aproximadamente 24 ml de oxígeno adicional. En reposo, si esta cantidad de oxígeno entrase enteramente al sistema de una vez (lo cual no es posible, ya que el agua es absorbida a lo largo de un periodo de tiempo), podría proveer aproximadamente el 10% de las necesidades de oxígeno por 1 minuto. A máximos niveles de esfuerzo, los 24 ml de oxígeno adicionales podrían proveer menos del 1% de las necesidades de oxígeno para realizar ejercicio durante un minuto. Esto contrasta con la respiración de oxígeno al 100% durante el ejercicio, en dónde un adicional de 70 ml de oxígeno es liberado a los tejidos cada minuto (8).

La cantidad de oxígeno que esta en las bebidas oxigenadas, en comparación con los anuncios realizados por los fabricantes también parece que son exageradas. Nuestro análisis encontró que el agua oxigenada contenía solo 3 veces mas oxígeno que el agua envasada (versus la cantidad de 10 veces como se anunció). Esto traslada a solo 6.7 ml de oxígeno adicional para una botella de medio litro de agua súper oxigenada. Es posible que parte del oxígeno extra contenido en la bebida oxigenada pudo haberse difundido fuera mientras el producto estuvo en el mostrador para la venta, o el oxígeno pudo haberse difundido fuera de la solución cuando la botella fue abierta. Sin embargo, las tres botellas fueron analizadas inmediatamente después de ser abiertas, y en un sentido práctico, las botellas deberían ser abiertas antes del consumo. Otra posibilidad es que pueda existir alguna otra molécula en el agua que ligue oxígeno adicional, haciéndose incuantificable por los métodos tradicionales. Ya que los mecanismos a través de los que el agua adicional es infundida en el agua, son definidos por los fabricantes, como tecnología propia, esta área permanece en especulación.

CONCLUSIÓN

Basados en los resultados de este estudio, aparentemente no hay evidencia para sostener los anuncios que ingerir agua súper oxigenada incrementa el rendimiento o incrementa la recuperación del ejercicio exhaustivo. Adicionalmente, pueden ser exagerados los anuncios del fabricante acerca de que este producto contiene 7-10 veces más oxígeno que el agua envasada.

Agradecimientos: Este estudio fue financiado por el Consejo Americano del Ejercicio.

REFERENCIAS

1. Bannister, R.G., Cunningham, D.J.C (1954). The effects on the respiration and performance during exercise of adding oxygen to the inspired air. *J Physiol; 125: 118-137*
2. Dempsey, J.A (1986). Is the lung built for exercise?. *Med Sci Sports Excer; 18: 143-155*
3. Duncan, J (1997). Fluid replacement during exercise: psychological, physiologic and biochemical benefits of oxygenated enhanced water. *Texas Woman's University, Center for Research on Women's Health*
4. Ekblom B, Huot R, Stein M, Thorstensson AT (1975). Effect of changes in arterial oxygen content on circulation and physical performance. *J Appl Physiol; 39 (1): 71-75*
5. Elbel, E., Ormond, D., Close. D (1962). Some effects of breathing oxygen before and after exercise. *J Appl Physiol;16 (1): 48-52*
6. Hughes, R., Clode, M., Edwards, R., Goodwin, T., Jones, N (1968). Effects of inspired O2 on cardiopulmonary metabolic responses to exercise in man. *J Appl Physiol; 24 (3): 336-347*
7. Jenkins. A,, Moreland, M., Waddell, T.B., Fernhall, B (2002). Effect of oxygenized water on percent oxygen saturation and performance during exercise. *Med Sci Sports Excer; 33(5): S167*
8. McArdle, W., Katch, F., Katch, V (1996). Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance. *4th edition. Baltimore MD: Williams and Wilkins*
9. Robbins, M., Gleeson, K., Zwillich, C (1992). Effect of oxygen breathing following submaximal and maximal exercise on recovery and performance. *Med Sci Sports Exerc; 24 (6): 720-725*
10. Welch, H.G., Mullin, J.P., Wilson, C.D., Lewis, J (1974). Effects of breathing O2 enriched gas on metabolic rate during exercise. *Med Sci Sports Exerc; 1: 26-32*
11. Welch, H.G (1982). Hyperoxia and human performance: brief review. *Med Sci Sports Exerc; 14(4): 253-262*
12. Wilson, B.A., Wilson, B.A., Welch, H.G., Liles, J.N (1975). Effects of hyperoxic gas mixtures on energy metabolism during prolonged work. *J Appl Physiol; 39(2): 267-271*
13. Winter, F.D., Snell, P.G., Stray-Gundersen, J (1989). Effects of 100% oxygen on performance of professional soccer players. *JAMA;262 (2): 227-229*

Cita Original

Nancy Willmert, John P. Porcari, Carl Foster, Scott Doberstein, Glenn Brice. The Effects Of Oxygenated Water On Exercise Physiology During Incremental Exercise And Recovery. JEPonline; 5 (4):16-21; 2002.