

Marcos, M.; Olcina, G.; Timón, R.; Sánchez, F. y Maynar, M. (2016) Efecto ergogénico de la ingesta de fosfato sódico en sujetos físicamente activos / Ergogenic Effect of Sodium Phosphate Intake in Physically Active Subjects. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 16 (61) pp. 33-44.
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista61/artefecto619.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista61/artefecto619.htm)
DOI: <http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2016.61.003>

ORIGINAL

EFFECTO ERGOGÉNICO DE LA INGESTA DE FOSFATO SÓDICO EN SUJETOS FÍSICAMENTE ACTIVOS

ERGOGENIC EFFECT OF SODIUM PHOSPHATE INTAKE IN PHYSICALLY ACTIVE SUBJECTS

Marcos, M.¹; Olcina, G.²; Timón, R.³; Sánchez, F.⁴ y Maynar, M.⁵

¹ Licenciada en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Estudiante de Doctorado en Facultad Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura. (España).

mmarcosserrano@gmail.com

² Profesor Titular Facultad Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura. (España).

golcina@unex.es

³ Profesor Titular Facultad Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura. (España).

rtimon@unex.es

⁴ Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte Facultad Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura. (España). fsanchez_martin@hotmail.com

⁵ Profesor Titular Facultad Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura. (España).

mmaynar@unex.es

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el Gobierno de Extremadura. Grupo de Investigación CTS-036

Código UNESCO / UNESCO code: 2411.06 Fisiología del Ejercicio / Exercise Physiology

Clasificación Consejo de Europa / Council of Europe classification: 6. Fisiología del ejercicio / Exercise Physiology

Recibido 25 de junio de 2012 **Received** June 25, 2012

Aceptado 30 de julio de 2015 **Accepted** July 30, 2015

RESUMEN

Este estudio pretende evaluar los efectos de la ingesta de fosfato sódico a corto plazo, sobre la composición corporal, serie roja y parámetros ergoespirométricos máximos y submáximos. A una muestra de 20 sujetos físicamente activos, separados en dos grupos, se les suministró fosfato sódico durante 7 días (50 mg/kg masa magra) o placebo. Ambos grupos realizaron una prueba de esfuerzo incremental máxima en cicloergómetro, siguiendo el

protocolo Fatmax, se les determinó la composición corporal y se les realizó un hemograma antes y después de la suplementación. En el grupo experimental, se observó una disminución en el peso e índice de masa corporal (IMC), un aumento en la potencia máxima alcanzada y una mejor eficiencia energética en la zona Fatmax. No se observaron cambios en parámetros hematológicos. Estos resultados pueden atribuir un efecto ergogénico al fosfato sódico en actividades aeróbicas y aquellas donde el peso corporal influya en el rendimiento.

PALABRAS CLAVE: ayuda ergogénica, masa grasa, IMC, hematocrito, VO₂max, potencia, gasto energético.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effects of short-term sodium phosphate intake upon body composition, haemogram, maximal ergospirometer parameters and submaximal ones in the maximal fat oxidation zone (Fatmax). 20 active subjects participated in this study randomly divided into two groups: The experimental group which ingested sodium phosphate for 7 days (50 mg/kg lean mass) and the placebo group. Both performed an incremental maximal cycle ergo meter test following the Fatmax protocol, body composition assessment and blood analysis (CBC) before and after the supplementation period. In the experimental group, phosphate supplementation produced a decrease in weight and body mass index (BMI), an increase in maximal power output and it also improved energy efficiency in the Fatmax zone. No changes were observed in the parameters listed in the CBC. These results may attribute an ergogenic effect of sodium phosphate in aerobic activities and sports where body weight is considered to be an important factor for performance.

KEY WORDS: dietary sport supplement, fat mass, BMI, hematocrit, VO₂max, power, energy expenditure.

INTRODUCCIÓN

Las sales de fosfato están clasificadas como sustancias potencialmente ergogénicas y están permitidas por las leyes deportivas. Son múltiples los beneficios que se les han atribuido debido a que están involucradas en numerosos procesos metabólicos. En el ejercicio físico, estas sales juegan un rol muy importante, ya que están involucradas en los tres sistemas de obtención de la energía. Los fosfatos forman parte del ATP y la fosfocreatina (CP), que son los sustratos básicos en los sistemas de fosfógenos de alta energía; también están involucrados en la glucólisis anaeróbica, amortiguando el efecto del ácido láctico producido en ejercicios de resistencia a la velocidad y participan activamente en el sistema de obtención de la energía por vía aeróbica (Czuba, Zając, Poprzecki y Cholewa, 2008; Williams, 1998).

Kreider, Miller, Williams, Somma y Nasser (1990) examinan diferentes hipótesis por las cuales los suplementos de fosfato en deportistas podrían afectar el rendimiento. En primer lugar, se produciría una mejora metabólica general, ya

que eleva las concentraciones intra y extracelulares de fosfato, produce mejoras en la glucólisis, en la glucogenólisis y en la fosforilación oxidativa, lo que provocaría un efecto ergogénico mejorando el metabolismo energético y/o la eficiencia energética. Por otro lado, La suplementación también proporcionaría fosfato inorgánico adicional para reponer ATP y CP durante el ejercicio (Stryer, 1988). En ejercicios de resistencia puede proporcionar un beneficio ergogénico mejorando la eficiencia cardiovascular y/o el rendimiento, aumentando la extracción periférica de oxígeno (Farber, Carlone, Palange, Serra, Paoletti y Fineberg, 1987) y reduciendo el gasto cardíaco submáximo (Farber, Sullivan, Fineberg, Carlone y Manfredi, 1984; Lunne, Zauner, Cade, Wright y Conte, 1990).

Uno de los primeros estudios sobre esta temática fue el realizado por Cade, Conte, Zauner, Mars, Peterson, Lunne, Hommen y Packer (1984). En este estudio diez corredores entrenados tomaron fosfato sódico o placebo, realizando posteriormente una prueba de esfuerzo. Los resultados revelaron un aumento del $VO_2\max$, dependiendo del orden en que se tomaran las sustancias, siendo mayor el incremento en aquellos sujetos que tomaron fosfato en dos pruebas consecutivas. Estos resultados proporcionan la primera evidencia de que la suplementación con fosfato sódico podría mejorar las capacidades de atletas bien entrenados.

Kreider y cols. (1990, 1992) realizaron sendas investigaciones, una con atletas de élite y otra con ciclistas, en donde observaron que la ingesta de fosfato sódico incrementaba el $VO_2\max$ y el umbral anaeróbico ventilatorio. En Stewart, McNaughton, Davies y Tristram (1990) ocho ciclistas entrenados tomaron fosfato sódico durante tres días antes de realizar una prueba máxima. Hubo aumentos significativos en el $VO_2\max$; y soportaron más carga durante la prueba.

Estudios más recientes, realizados con ciclistas entrenados, mostraron aumentos significativos en la potencia media y un incremento en el volumen de oxígeno (Folland, Stern y Brickley, 2008), así como descensos en la frecuencia cardíaca máxima y en reposo (Czuba, Zajac, Poprzecki y Cholewa, 2008).

Como se puede observar, son muchos y muy diferentes los protocolos llevados a cabo para observar los efectos de la suplementación con fosfatos. Sin embargo, no existe unanimidad respecto a los resultados obtenidos; por ello, Buck, Wallman, Dawson y Guelfi (2013) en su revisión sobre esta temática, apuntan que es importante valorar que los resultados obtenidos podrían estar condicionados por las diferencias entre los tipos de suplementos o el nivel de condición física de los participantes en los estudios.

Existe cierta controversia respecto a los protocolos de estudio utilizados, en algunos casos tomando datos máximos y en otros casos datos submáximos. Por ello, sería necesario obtener datos referentes a todo el transcurso de la prueba. En este sentido, durante una prueba de esfuerzo incremental es posible determinar la intensidad a la cual los sujetos alcanzan el punto máximo de quema de grasas, a esta zona de entrenamiento se la conoce con el nombre de Fatmax (Jeukendrup y Acthen, 2001; Achten, Gleeson y Jeukendrup, 2002). Ésta se puede encontrar a una intensidad de ejercicio comprendida entre el 33 y el 65%

del VO₂max (Jeukendrup y Acthen, 2001; Venables, Achten y Jeukendrup, 2005), pero no es posible encontrar estudios que relacionen la suplementación con fosfato con la utilización de sustratos metabólicos.

El hecho de que pudieran producirse diferentes beneficios a la hora de la práctica de actividad física como por ejemplo una mejora metabólica general y una mejora en la eficiencia cardiovascular, ambas mencionadas anteriormente, puede llevar a pensar que se producirán diferentes cambios en parámetros relacionados con la serie roja o incluso en la composición corporal de los sujetos. No se ha encontrado nada en la literatura relacionado con el estudio de estos parámetros, por tanto resulta interesante y novedoso contar con los mismos para su análisis y estudio.

Así pues, el objetivo de este trabajo es evaluar el posible efecto ergogénico de la suplementación con fosfato sódico en sujetos físicamente activos, mediante el análisis de la serie roja, la composición corporal, y diferentes parámetros ergoespirométricos (VO₂, VCO₂, RER, frecuencia cardíaca y potencia) en sus valores máximos y submáximos en zona Fatmax.

MATERIAL Y MÉTODOS

Participantes

La muestra de este estudio fueron 20 sujetos varones físicamente activos, que realizaban actividad física semanal pero que no seguían ningún protocolo de entrenamiento. La actividad física realizada por los sujetos no perseguía un objetivo de alto rendimiento, ya que así se observó después de valorar a los sujetos a través del cuestionario IPAQ (Craig, Marshall, Sjostrom, Bauman, Booth y Ainsworth, 2003). Todos los participantes en la investigación fueron previamente informados del protocolo de actuación y firmaron un consentimiento informado de participación voluntaria, garantizándose la confidencialidad de los datos. Todos ellos se comprometieron a mantener una dieta similar a la habitual. En el estudio se cumplieron los principios de la Declaración de Helsinki y sus revisiones posteriores para estudios en humanos.

Los sujetos se dividieron aleatoriamente en dos grupos: grupo experimental y grupo placebo. Las características iniciales de la muestra se exponen en la tabla 1.

Tabla 1. Características de la Muestra.

	Grupo Experimental	Grupo Placebo
Edad (años)	23,4±2,3	24±3,5
Actividad Física (horas/sem)	5,3±1,8	6,8±1,7
Altura (cm)	174,7±7,6	180±4,5
Peso (kg)	73,0±10,1	72,6±6,9
Masa libre de grasa (MLG) (kg)	61,4±7,1	62,6±5,3
Masa grasa (MG) (kg)	11,6±3,4	10,0±2,5
IMC	23,8±1,9	22,3±1,8

Protocolo Experimental

Se desarrolló un protocolo de actuación para que todos los sujetos realizasen el estudio en condiciones similares. Los sujetos fueron sometidos a una entrevista donde respondieron a diferentes preguntas y el protocolo experimental fue explicado para que todos los sujetos tuvieran una idea general de todo el proceso que se llevaría a cabo. Las respuestas más relevantes para nuestro estudio fueron el número de horas de práctica de actividad física, con el fin de comprobar que realmente no eran deportistas entrenados a un alto nivel.

La muestra se dividió aleatoriamente en dos grupos: un grupo experimental, que tomó fosfato sódico tribásico, en tres dosis diarias durante una semana completa. Las dosis se prepararon teniendo en cuenta la masa libre de grasa de los sujetos (50mg/kg), al igual que hicieron Minson (2000) y Czuba, Zajac, Poprzecki y Cholewa (2008). El grupo placebo tomó como sustituto 50mg/kg de masa libre de grasa de bicarbonato sódico, también en tres dosis diarias durante una semana. En total fueron veintiuna las dosis a ingerir y a ambos grupos se les indicó que a la hora de tomar la dosis en forma de cápsulas, para evitar así que pudieran identificar la sustancia que estaban tomando.

Antes de comenzar la ingesta de las sustancias, los sujetos llevaron a cabo el siguiente protocolo. Todos los participantes fueron citados en ayunas en el laboratorio de medición en la misma franja horaria (entre las 9 y las 11 de la mañana). Se les realizó una evaluación de la composición corporal mediante bioimpedancia (Tanita® BF-350), los parámetros recogidos fueron el peso (kg), la masa sin grasa (kg. y % respecto al total del peso), la masa grasa (kg. y % respecto al total del peso), el agua contenida en el cuerpo (kg. y % respecto al total del peso) y el IMC (índice de masa corporal).

Se llevó a cabo una extracción de sangre de la vena antecubital para obtener dos tubos de 10 ml., que se utilizaron para realizar un hemograma completo inmediatamente (Coulter A^c.T) del que se recogieron datos de hematocrito (%), hemoglobina (g/dL), glóbulos rojos ($\times 10^3$ /uL), volumen corpuscular medio (fL).

Posteriormente, se les permitió a los sujetos tomar un desayuno estandarizado y una hora después realizaron una prueba de esfuerzo en cicloergómetro de freno electromagnético (ERGO-METRICS 900); siguiendo el protocolo Fatmax adaptado (Achten, Gleeson y Jeukendrup, 2002). La prueba ergométrica comenzó con una carga de 100W e iba aumentando 25W cada 3 minutos hasta que no pudieran mantener la intensidad de esfuerzo. Durante toda la prueba se registró la respuesta ventilatoria mediante un analizador de gases (CORTEX METAMAX) y la frecuencia cardíaca con un pulsómetro (Polar® S610i). La respuesta espirométrica fue recogida cada 20 segundos.

Los datos que se recogieron para su posterior análisis fueron los referidos al consumo de oxígeno relativo (ml/min/kg), producción de CO₂ (l/min) cociente respiratorio (RER), frecuencia cardíaca (ppm), porcentaje respecto a la

frecuencia cardíaca de reserva y potencia alcanzada (W), tanto en parámetros máximos como aquellos alcanzados en la zona Fatmax. Esta zona fue determinada siguiendo los principios de la calorimetría indirecta ya que los carbohidratos, las grasas y las proteínas al tener una composición química diferente, necesitan diferentes cantidades de oxígeno y producen diferentes cantidades de dióxido de carbono al ser oxidados, lo que permite determinar las zonas en las que predomina un tipo u otro de sustrato (Jeukendrup y Wallis, 2005). Para los cálculos de los valores obtenidos en cada estadio del test y para el cálculo de la zona Fatmax, se tomó la media de los datos registrados en cada escalón de la prueba ergométrica.

Después de una semana de suplementación, fosfato o placebo según correspondía, se realizó el mismo protocolo (evaluación de composición corporal, extracción de sangre y prueba de esfuerzo incremental). De esta manera se evitó que la utilización inicial de sustratos metabólicos durante la prueba se viese influenciada o condicionada por ejercicio previo, llevándose a cabo un gasto de energía similar en las dos pruebas, al estar éstas separadas en el tiempo (Jeukendrup y Walls, 2005).

Análisis de Datos

Una vez recogidos todos los datos se utilizó el programa estadístico SPSS en su versión 19.0 para el análisis de los mismos. Se realizó un estudio de la normalidad de los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Al no cumplir los datos con los criterios de normalidad se procedió a realizar una prueba estadística no paramétrica para evaluar los efectos de la ingesta de fosfato sódico. Para ello se utilizó el test de Wilcoxon para 2 muestras relacionadas. Se tomaron como significativas aquellas diferencias con valor $p < 0,05$. Los resultados se expresaron como la media \pm desviación estándar.

RESULTADOS

A continuación se describen los resultados obtenidos en el estudio, en la tabla 2 aparecen detallados los datos de composición corporal antes y después de la ingesta de fosfato sódico o placebo.

Tabla 2. Composición Corporal antes y después de la ingesta del fosfato sódico o del placebo

VARIABLE	GRUPO EXPERIMENTAL			GRUPO PLACEBO		
	Pre-Ingesta	Post-Ingesta	Sig.	Pre-Ingesta	Post-Ingesta	Sig.
Peso (kg)	73,08±10,15	72,63±9,96*	0,024	72,62±6,91	73,24±6,80	0,075
IMC (peso/altura²)	23,84±1,99	23,70±1,95*	0,044	22,39±1,88	22,59±1,91	0,079
Masa Libre de Grasa (MLG) (kg)	61,46±7,10	61,48±7,03	0,799	62,60±5,37	63,16±5,20	0,079
Masa Grasa (MG) (kg)	11,62±3,45	11,15±3,20	0,059	10,02±2,53	10,07±2,50	0,799
Agua (kg)	45,00±5,21	45,00±5,14	0,959	45,84±3,92	46,25±3,80	0,090
% MSG	84,41±2,81	84,92±2,51	0,092	86,32±2,79	86,35±2,72	0,799
% MG	15,61±2,82	15,08±2,50	0,074	13,69±2,78	13,64±2,71	0,674
% Agua	61,78±2,04	62,15±1,86	0,092	63,19±2,05	63,22±1,99	0,733

p<0,05 en comparación Pre-ingesta vs. Post-ingesta

Se observa como después de la suplementación con fosfato sódico se produce una disminución estadísticamente significativa en el peso y en el IMC de los componentes del grupo experimental; a diferencia del grupo placebo que ha experimentado un ligero aumento en ambos parámetros.

En la tabla 3 aparecen los resultados obtenidos después de la realización de los hemogramas antes y después de la ingesta de fosfato sódico o placebo.

Tabla 3. Valores hematológicos antes y después de la ingesta del fosfato sódico o del placebo

VARIABLE	GRUPO EXPERIMENTAL			GRUPO PLACEBO		
	Pre-Ingesta	Post-Ingesta	Sig.	Pre-Ingesta	Post-Ingesta	Sig.
HCT (%)	41,74±2,96	41,33±2,26	0,445	41,99±2,31	41,73±1,73	0,779
Hb (g/dL)	13,84±0,88	13,41±0,72	0,114	14,12±0,51	13,60±0,66	0,050
GR (x10³/uL)	4,91±0,31	4,86±0,30	0,333	4,89±0,28	4,96±0,33	0,889
VCM (fL)	85,03±3,03	85,17±3,18	0,507	85,87±2,99	85,62±2,89	0,237

HCT: hematocrito; Hb: hemoglobina; GR: glóbulos rojos; VCR: volumen corpuscular medio

No se aprecia ningún cambio en los valores de hematocrito en ninguno de los dos grupos del estudio después de la ingesta de las sustancias. Tampoco hay cambios en el resto de parámetros de la serie roja: hemoglobina, glóbulos rojos o volumen corpuscular medio en ningún grupo.

En las tablas 4 y 5 se muestran los parámetros ergométricos obtenidos en la prueba de esfuerzo incremental.

Tabla 4. Parámetros ergoespirométricos en zona Fat Max

VARIABLE	GRUPO EXPERIMENTAL			GRUPO PLACEBO		
	Pre- Ingesta	Post- Ingesta	Sig.	Pre- Ingesta	Post- Ingesta	Sig.
VO2 (ml/min/kg)	19,60±2,59	18,10±3,41*	0,03 1	25,25±12,1 5	25,50±13	0,74 6
VCO2 (l/min)	1,16±0,13	1,06±0,17*	0,038	1,43±0,57	1,50±0,60	0,123
RER	0,85±0,07	0,82±0,06	0,092	0,84±0,04	0,86±0,05	0,207
FC (ppm)	121,70±17, 88	116,40±14, 28	0,38 6	126,12±31, 48	120,00±24, 24	0,17 6
%FC Reserva	55,10±12,5 9	50,20±6,65	0,50 7	56,50±21,2 1	53,12±16,9 2	0,39 5
Potencia (W)	105±15,81	105±10,54	1	131,25±47, 72	134,38±51, 65	0,31 7

* p<0,05) en comparación Pre-ingesta vs. Post-ingesta

VO2: consumo oxígeno; VCO2: consumo dióxido de carbono; RER: cociente respiratorio; FC: frecuencia cardíaca; %FC: porcentaje frecuencia cardíaca de reserva

Como se puede observar existen descensos significativos después de la ingesta de fosfato sódico en los valores de consumo de oxígeno (VO₂) y en la producción de dióxido de carbono (VCO₂), no produciéndose ningún cambio en estas variables en el grupo placebo.

Tabla 5. Parámetros ergoespirométricos máximos

VARIABLE	GRUPO EXPERIMENTAL			GRUPO PLACEBO		
	Pre- Ingesta	Post- Ingesta	Sig.	Pre- Ingesta	Post- Ingesta	Sig.
VO2 (ml/min/kg)	47,09±10,3 6	47,87±9,99	0,20 3	53,71±4,67	52,74±8,2 2	1
VCO2 (l/min)	3,25 ± 0,42	3,36 ± 0,36	0,168	3,65 ± 0,56	3,89 ± 0,43	0,086
RER	1,02 ± 0,03	1,01 ± 0,04	0,558	0,99 ± 0,05	1,01± 0,02	0,263
FC (ppm)	184,20±7,3 8	187,20±8,63	0,17 3	186,88±7,4 3	185,63±8, 4	0,34 8
Potencia (W)	235,00±39, 44	247,50±32,1 7*	0,02 5	275,00±55, 10	290,63±5 5	0,05 9

* p<0,05) en comparación Pre-ingesta vs. Post-ingesta

VO2: consumo oxígeno; VCO2: consumo dióxido de carbono; RER: cociente respiratorio; FC: frecuencia cardíaca

Como se puede apreciar, no existen diferencias significativas después de la ingesta de las sustancias, respecto al consumo máximo de oxígeno o en los

valores de frecuencia cardíaca máxima en ninguno de los dos grupos. Sin embargo se puede observar como después de la suplementación, se produce un aumento en la potencia máxima alcanzada durante la prueba en el grupo experimental.

DISCUSIÓN

No hay referencias de otros trabajos que analicen los efectos de la ingesta de fosfato sódico sobre parámetros de composición corporal. En este estudio, se observa una disminución del peso y el IMC de los sujetos del grupo experimental, esto puede ser causado por una mejora metabólica general, que aumentaría la oxigenación de los tejidos y la capacidad para quemar sustratos metabólicos, como sugieren Kreider y cols. (1992). Este hecho podría plantear un posible efecto ergogénico de la ingesta del fosfato sódico a corto plazo sobre la disminución de la masa grasa, lo que sería de utilidad en deportes que requieran de una disminución de su masa para el rendimiento (saltos, deportes de resistencia) o para establecer una categoría de competición, como es el caso de los deportes de combate (judo, taekwondo, etc) aunque debería ser estudiado en profundidad en futuros trabajos.

Por otro lado, se realizó un análisis de parámetros sanguíneos relacionados con la serie roja como son el hematocrito, la hemoglobina, los glóbulos rojos y el volumen corpuscular medio. El hecho de que en los estudios de Cade y cols. (1984), Farber y cols. (1987), Kreider y cols. (1990, 1992), Folland y cols. (2008) y, Czuba y cols (2008) se produzca una mejora en la regulación metabólica y el consumo de oxígeno, nos lleva a pensar que el estudio de la serie roja es otra posible vía de mejora del rendimiento aeróbico. El no obtener aumentos en estos parámetros antes y después de la ingesta puede ser debido a que el aumento de la temperatura corporal durante el ejercicio afecta a las células rojas de la sangre. También el aumento de la velocidad en la circulación sanguínea va a provocar que los eritrocitos choquen aumentándose la probabilidad de destrucción de los mismos o a que el estrés producido durante el ejercicio aumenta la fragilidad de las membranas de los hematíes (Terrados y Leibar, 1995; citado en Legaz Arrese, 2000).

Los datos obtenidos en la zona Fatmax indican que los sujetos experimentales disminuyen su consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono en este tramo de la prueba. Todo ello debido a la ingesta de fosfato sódico, no consiguiendo estos resultados los sujetos que tomaron placebo. Al no contar con datos de estudios anteriores con los que comparar los nuestros, se puede decir que estos novedosos resultados indican que los sujetos experimentales consiguen una mejora significativa en la quema de grasas, mejorando la eficiencia energética, al menos bajo las condiciones y características de nuestro estudio. Estos resultados se relacionan con las afirmaciones de Jeukendrup, Saris y Wagenmakers (1998) donde indican que la capacidad aumentada para oxidar ácidos grasos está relacionada con un mejor rendimiento.

Los estudios existentes en la literatura han seguido la línea de investigación iniciada por Cade y cols. (1984), donde encontraron aumentos

significativos en el VO_2 max. Al igual que en este estudio, Kreider y cols. (1990), Stewart y cols. (1990), Kreider y cols. (1992), Czuba y cols. (2008), encontraron también aumentos significativos en el consumo de oxígeno. Como se puede apreciar en nuestros resultados, no se producen variaciones en el consumo máximo de oxígeno, por lo que, nuestro estudio aporta datos contrarios, siguiendo la tendencia del trabajo realizado por Folland y cols. (2008) donde los cambios en el VO_2 max no fueron estadísticamente significativos. El hecho de que no se encuentren cambios en esta variable puede ser debido a la falta de entrenamiento de nuestros sujetos durante el periodo de suplementación, algo que no ocurrió en los anteriores estudios revisados donde los sujetos eran deportistas entrenados que siguieron con su régimen de entrenamiento normal durante todo el proceso.

El aumento en los valores de potencia máxima alcanzada de los sujetos del grupo experimental, nos lleva a hablar de una mejora en el rendimiento de los sujetos y por tanto un efecto ergogénico. Estos datos están apoyados por los obtenidos por Stewart y cols. (1990) y Kreider y cols. (1992); en ambos estudios se encontraron mejoras en la potencia alcanzada y mejoras en los tiempos de las pruebas. También se encontraron aumentos significativos en la potencia media, al igual que en Folland, Stern y Brickley (2008). Estas mejoras podrían ser atribuibles a una mejora metabólica general, a cambios motivados por la acción de la 2,3 DPG (Cade y cols., 1984). La disminución del peso corporal y del IMC también podrían incidir en el aumento de la potencia máxima, pero estos cambios serían más notables en otras actividades donde hubiese que desplazar el peso corporal, como podría ser la carrera a pie si las pruebas se hubiesen realizado sobre un tapiz rodante.

CONCLUSIONES

1. La suplementación con fosfato sódico bajo las condiciones de este estudio disminuye el peso corporal y el IMC; por lo que, la ingesta a corto plazo, sería de utilidad para actividades deportivas cuyo rendimiento dependa del peso corporal.
2. La suplementación con fosfato sódico mejora la economía de esfuerzo en la zona Fat Max, donde el sustrato metabólico principal para la obtención de energía es la oxidación de grasas.
3. La suplementación con fosfato sódico puede aportar un beneficio ergogénico, respecto a la potencia máxima desarrollada en pruebas predominantemente aeróbicas en sujetos no entrenados y bajo las condiciones de nuestro estudio.
4. A corto plazo, la ingesta de fosfato sódico no provoca modificaciones en parámetros sanguíneos relacionados con la serie roja tales como el hematocrito, la hemoglobina o los glóbulos rojos.
5. La ingesta de fosfato sódico no modifica los valores de VO_2 máximo bajo las condiciones de nuestro estudio.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

En la mayoría de estudios revisados, Cade y cols. (1984), Farber y cols. (1984), Kreider y cols. (1990), Stewart y cols. (1990), Bremner y cols. (2002), Czuba y cols. (2008), se estudiaron parámetros sanguíneos tales como, la concentración de fosfato en suero o los niveles de 2,3DPG. Estos parámetros no han sido analizados en nuestro estudio, por no disponer en ese momento de los medios y técnicas necesarios para llevar a cabo el análisis de los mismos.

Para futuros estudios sería recomendable alargar en el tiempo la evaluación de la serie roja, después de pasar un periodo de 'lavado' sin ingerir ninguna sustancia. Así sería posible valorar la posible creación de sustancias formes que permitan una mejora en el transporte de oxígeno en el organismo.

También existe la posibilidad que los sujetos hayan experimentado una mejora en las respuestas psicológicas al ejercicio gracias al efecto placebo, ya que el hecho de tomar una sustancia puede haberles permitido realizar ejercicio de mayor intensidad y/o duración percibiendo el mismo estrés o estando más motivados.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Achten, J., Gleeson, M. y Jeukendrup, A.E. (2002) Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(1), 92-97. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200201000-00015>
- Bremner, K., Bubb, W.A., Kemp, G.J., Trenell, M.I. y Thompson, C.H. (2002) The effect of phosphate loading on erythrocyte 2,3-bisphosphoglycerate levels. *Clinica Chimica Acta*, 323, 111-114. [http://dx.doi.org/10.1016/S0009-8981\(02\)00165-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0009-8981(02)00165-1)
- Cade, R., Conte, M., Zauner, C., Mars, D., Peterson, J., Lunne, D., Hommen, N. y Packer, D. (1984) Effects of phosphate loading on 2,3-diphosphoglycerate and maximal oxygen uptake. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 16, 263-268. <http://dx.doi.org/10.1249/00005768-198406000-00011>
- Craig, C.L., Marshall, A.L., Sjostrom, M., Bauman, A.E., Booth, M.L., Ainsworth, B.E. (2003) International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35, 1381-95. <http://dx.doi.org/10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB>
- Czuba, M., Zajac, A., Poprzecki, S. y Cholewa, J. (2008) The Influence of Sodium Phosphate Supplementation on VO₂max, Serum 2,3-diphosphoglycerate Level and Heart Rate in Off-road Cyclists. *Journal of Human Kinetics*, 19, 149-164. <http://dx.doi.org/10.2478/v10078-008-0012-z>
- Farber, M., Carlone, S., Palange, P., Serra, P., Paoletti, V. y Fineberg, N. (1987) Effect of inorganic phosphate in hypoxemic chronic obstructive lung disease patients during exercise. *Chest*, 92, 310-312. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.92.2.310>
- Farber, M., Sullivan, T., Fineberg, N., Carlone, S. y Manfredi, F. (1984) Effect of decreased O₂ affinity of hemoglobin on work performance during exercise in healthy humans. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 104, 166-175.
- Folland, J.P., Stern, R. y Brickley, G. (2008). Sodium phosphate loading improves laboratory cycling time-trial performance in trained cyclists. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11, 464-468. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2007.04.004>

- Jeukendrup, A.E., Saris, W.H. y Wagenmakers, A.J. (1998) Fat metabolism during exercise: a review--part II: regulation of metabolism and the effects of training. *International Journal Sports Medicine*, 19(5), 293-302. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2007-971921>
- Jeukendrup, A.E. y Achten, J. (2001) Fatmax: A new concept to optimize fat oxidation during exercise?. *European Journal of Sport Science*, 1, 1-5. <http://dx.doi.org/10.1080/17461390100071507>
- Jeukendrup, A.E. y Wallis, G.A. (2005) Measurements of Substrate Oxidation During Exercise by Means of Gas Exchange Measurements. *International Journal Sports Medicine*, 26, 28-37. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2004-830512>
- Kreider, R.B., Miller, G.W., Williams, M.H., Somma, C.T. y Nasser, T. (1990) Effects of phosphate loading on oxygen uptake, ventilatory anaerobic threshold, and run performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22, 250-255.
- Kreider R.B., Miller G.W., Schenck D., Cortes C.W., Miriel V., Somma C.T., Rowland P., Turner C. y Hill D. (1992) Effects of phosphate loading on metabolic and myocardial responses to maximal and endurance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 2, 20-47.
- Legaz Arrese, A. (2000) Atletismo Español: Análisis básico de la pseudoanemia, anemia ferropénica y anemia megaloblástica. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 1(1), 65-83.
- Lunne, D., Zauner, C., Cade, R., Wright, T. y Conte, M. (1990) Effect of phosphate loading on RBC 2,3-DPG, cardiac output, and oxygen utilization at rest and during vigorous exercise. *Clinical Research in Cardiology*, 28, 810.
- Minson, C.T. (2000) Loading effects of phosphate on 2,3-DPG and aerobic capacity. Eugene, Or. : Microform Publications, University of Oregon.
- Stryer, L. (1988) Biochemistry. New York: WH Freeman
- Stewart, I., McNaughton, L., Davies, P. y Tristram S. (1990) Phosphate loading and the effects of VO₂max in trained cyclists. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 61, 80-84. <http://dx.doi.org/10.1080/02701367.1990.10607481>
- Venables, M.C., Achten, J. y Jeukendrup, A.E. (2005) Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. *Journal of Applied Physiology*, 98(1), 160-167. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.00662.2003>
- Williams, M.H. (1998) The ergogenics edge: pushing the limits of sport performance. Champaign, Human Kinetics.

Referencias totales / Total references: 20 (100%)

Referencias propias de la revista / Journal's own references: 1 (5%)