

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL
DEPORTE

Curso Académico 2014/2015

Creatina y entrenamiento interválico de alta intensidad
Creatine and HIITS

Autor/a: José Luis Álvarez Sánchez

Tutor/a: Pilar Sánchez Collado

Fecha: 31/07/2015

VºBº TUTOR/A

VºBº AUTOR/A

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Pilar S. Collado', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.



Resumen

Introducción: La acumulación de Lactato (LA) y la falta de suministro de ATP son los principales factores limitantes de la contracción muscular en los ejercicios de alta intensidad y corta duración. El propósito del estudio fue determinar el efecto de la suplementación con Creatina (Cr) en el entrenamiento interválico de alta intensidad y definir los posibles beneficios generados de dicha práctica.

Método: Se seleccionaron 12 sujetos, los cuales fueron divididos en dos grupos: Un grupo control (n=6) y un grupo experimental (n=6, Cr 20gr/día una semana y Cr 5gr/día tres semanas), todos los sujetos realizaron entrenamiento HIIT en pista dos veces por semana. Se les tomo mediciones del lactato sanguíneo en tres fases, una cada cuatro semanas al finalizar los entrenamientos. Fueron realizados test de condición física y análisis de la composición corporal al inicio y el final del estudio.

Resultados: Los resultados mostraron que la suplementación con Cr tiene efectos significativos sobre los valores de lactato sanguíneo post-ejercicio. Sin embargo no existieron resultados significativos sobre la potencia y capacidad anaeróbica. El $VO_{2\text{máx}}$ aumentó un 5% y el porcentaje de Masa Grasa Corporal se redujo en un 8-12% no existiendo diferencias significativas entre ambos grupos. La Masa Libre de Grasa (Kg) se mantuvo estable.

Conclusión: El HIIT aumenta el $VO_{2\text{máx}}$, ayuda a perder Masa Grasa Corporal (Kg) y mantener la Masa Libre de Grasa (kg). La suplementación con Cr ejerce efectos beneficiosos en actividades de alta intensidad y corta duración.

Abstract

Introduction: Lactate's accumulation and the lack of ATP's supply are the principal bounding factors of the muscular contraction in the exercises of high intensity and short duration. The intention of the study was to determine the effect of the supplementation with Creatine (Cr) in the high intensive interval training and to define the possible benefits generated of the above mentioned practice.

Method: There were selected 12 subjects, which were divided in two groups: A group control (n=6) and an experimental group (n=6, Cr 20gr/day one week and Cr 5gr/day three weeks), all the subjects realized HIIT training in track twice a week, they were taken measurements of the blood lactate in three phases, every four weeks on having finished the trainings. They were realized test of physical condition and analysis of the corporal composition to the beginning and the end of the study.

Results: The results showed that the supplementation with Cr has significant effects on the values of lactate blood post-exercise. Nevertheless significant results did not exist on the power and anaerobic capacity. The $VO_{2\text{máx}}$ increased 5 % and the



universidad
de león



percentage of Fat Mass diminished in 8-12 % not existing significant differences between both groups. The Free Mass of Fat (Kg) was kept stable.

Conclusion: The HIIT increase the $VO_{2_{\text{máx}}}$. It helps to lose Fat Mass Corporal (Kg) and to support the Free Mass of Fat (kg). The supplementation with Cr exercises beneficial effects in activities of high intensity and short duration.

Palabras clave: HIIT, Creatina, Lactato, ATP, $VO_{2_{\text{máx}}}$



Índice

1. Introducción.....	5
2. Objetivos y competencias a desarrollar.....	9
3. Metodología.....	10
3.1 Participantes.....	10
3.2 Diseño experimental.....	10
3.3 Protocolo de suplementación.....	11
3.4 Protocolo de entrenamiento.....	11
3.5 Determinación de concentración de Lactato.....	12
3.6 Determinación de la composición corporal.....	13
3.7 Determinación de la condición física.....	13
3.7.1 Test de Course Navette.....	13
3.7.2 Test de Sargent.....	14
3.7.3 Test de Bangsbo.....	14
3.7.4 Tratamiento estadístico.....	14
4. Resultados.....	15
4.1 Efecto del HITT y de la suplementación con creatina sobre la composición corporal.....	15
4.2 Efecto de la Creatina sobre el lactato post-ejercicio.....	18
4.3 Efecto sobre el VO₂^{máx} ó capacidad aeróbica.....	20
4.4 Efecto sobre la capacidad anaeróbica.....	20
4.5 Efecto sobre la potencia anaeróbica.....	23
5. Discusión.....	25
6. Referencias.....	27
6.1 Bibliografía.....	27
6.2 Webgrafía.....	29



1. Introducción

En la actualidad el entrenamiento interválico de alta intensidad o por sus siglas en inglés HIIT se ha convertido en uno de los principales sistemas de entrenamiento dentro del mundo del *fitness*, el *running* y el ámbito deportivo en general. Así gran cantidad de deportistas lo utilizan con diferentes fines como incrementar su rendimiento de resistencia o simplemente para perder peso y mejorar su condición física.

El primer protocolo fue detallado por Archibald Vivian Hill en 1920, seguido de Astrand y cols en 1960 y aplicado de forma recurrente como método de entrenamiento mediante los estilos de entrenamiento militar y *crossfit* a partir del año 2008. La utilización del HIIT se incrementó tras la publicación del estudio “High-intensity intermittent exercise and fat loss” (Boutcher, 2011) en el *Journal of Strength and Conditioning Research* de Michael M. Smith en el año 2013 debido a que fue la primera publicación científica que revelaba los efectos beneficiosos de la práctica del HIIT.

Podemos definir el HIIT como un ejercicio vigoroso de alta intensidad, mantenido de forma breve en el tiempo, intercalándose periodos de recuperación que pueden ser pasivos (descanso absoluto) o activos (caminar o carrera suave).

Este tipo de entrenamiento produce incrementos significativos de la condición aeróbica y anaeróbica debido fundamentalmente a las adaptaciones musculares tanto de las fibras oxidativas como glucolíticas (Boutcher, 2011), a un aumento del $VO_{2máx}$ (Talanian, 2007), a una mayor capacidad tamponante muscular (Laursen y cols, 2002) y a una disminución de la grasa corporal (Boutcher, 2011).

El HIIT debe ser planificado en función de la intensidad del esfuerzo, la duración del ejercicio, el número y duración de las series, y el tipo y tiempo de recuperación.

Para planificar y desarrollar los entrenamientos de HIIT existen varias metodologías, siendo las más utilizadas: AIT (Aerobic Interval Training), y SIT (Sprint Interval Training).

El sistema de entrenamiento AIT (Aerobic Interval Training), es un método extensivo, realizado a un 80-95% del $VO_{2máx}$ durante cuatro minutos, con un tiempo de recuperación de tres/cuatro minutos y un volumen de cuatro a seis series.

Mientras que el sistema de entrenamiento SIT (Sprint Interval Training), es realizado a un 100% del $VO_{2máx}$ durante treinta/cuarenta y cinco segundos, con un tiempo de recuperación entre las series de tres/cuatro minutos y un volumen de cuatro a seis series.

Se puede realizar con diferentes medios dependiendo de la predilección del usuario; remo, elíptica, natación, cicloergómetro, airdyne... entre otros, siendo el más utilizado la carrera en pista dado que es accesible a todo tipo de usuarios y no se necesita un material accesorio para realizar el entrenamiento.

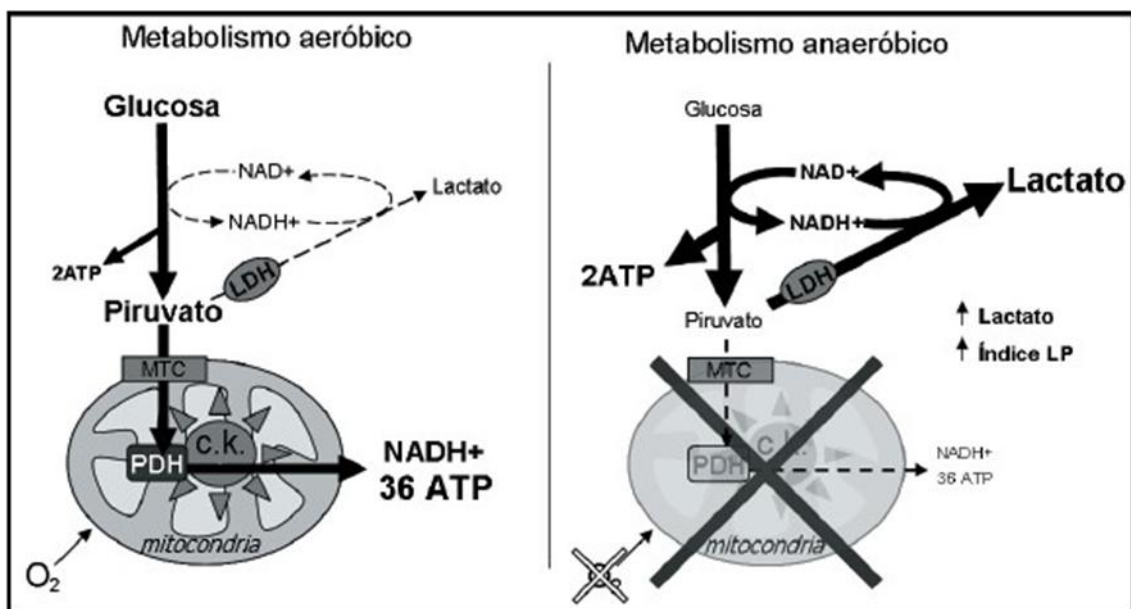
Durante el ejercicio las demandas energéticas aumentan con el fin de mantener la homeostasis interna y responder de forma eficaz ante los diferentes estímulos.

La liberación aerobia de energía está limitada principalmente por la velocidad a la que el ATP puede ser producido (es decir, potencia aeróbica o $VO_{2máx}$). En contraste, los

procesos anaeróbicos se determinan por la reserva muscular de fosfatos de alta energía y la cantidad máxima de lactato/protones que puede ser producido.

El resultado de ejercicios de alta intensidad es la disminución de adenosin trifosfato (ATP), fosfocreatina (PCr) y sustratos glucogénicos, y la acumulación intracelular de metabolitos (adenosina di-fosfato (ADP), fosforo inorgánico (Pi), iones de hidrógeno (H⁺) y magnesio (Mg), cada uno de los cuales ha sido implicado como una causa de fatiga muscular (Robergs y cols, 2004; Spriet y cols, 1989; Allen y cols, 2008).

Así durante ejercicios muy intensos en el músculo en contracción se acumula lactato y H⁺. Este lactato posteriormente se elimina mediante oxidación o gluconeogénesis en el músculo o bien se transporta a la sangre y es utilizado por otras células (Hill y cols, 2007, Suzuki y cols, 2002).



Esquema 1: Formación de lactato

El propósito de HIT es estimular en repetidas ocasiones los sistemas fisiológicos que se utilizaran durante un ejercicio de resistencia específico en mayor medida que la que realmente se requiere durante la actividad.

Durante este tipo de ejercicio de alta intensidad y de duración inferior a 1-2 min tienen un papel esencial la glucólisis anaerobia donde el lactato muscular puede llegar a concentraciones muy elevadas. Parte de este lactato es co-transportado con H⁺ hacia el espacio extracelular disminuyendo la acidez intracelular y permitiendo que la glucólisis continúe (Sahlin, 2014). Este flujo de lactato va a depender del flujo sanguíneo muscular (Harris y cols., 19774), de la cantidad de proteínas transportadoras de lactato, de la capacidad tamponante extracelular y de la concentración extracelular de lactato (Carr y cols., 2011).

La proporción de ATP derivada de la fosfocreatina (PCr) y de la glucólisis anaerobia va a depender de la duración, intensidad y tipo de ejercicio. De este modo la velocidad de



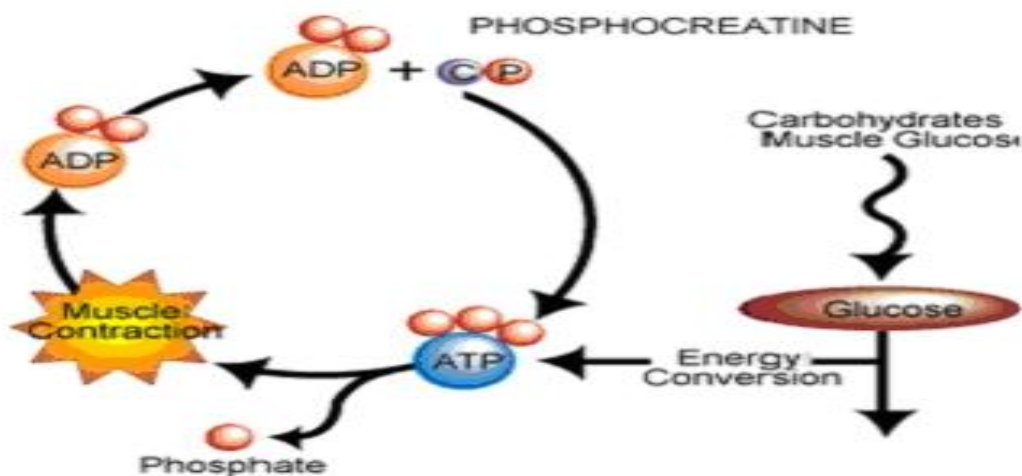
síntesis de ATP a partir de PCr es superior a la de la glucólisis y durante los primeros 3 s de la contracción, la ruptura de la PCr contribuye al 70% de la formación de ATP (Hultman, Sjöholm, 1983). Sin embargo a partir de ese momento su participación disminuye y se incrementa la de la glucólisis. La disminución en la utilización de la PCr puede ser consecuencia de un contenido muscular reducido de dicho sustrato que modifica la cinética de la reacción catalizada por la creatin kinasa (Sahlin, 2004).

Por otra parte la PCr se resintetiza rápidamente durante la recuperación mientras que la eliminación del lactato producido es un proceso más lento (Sahlin, 2014). Así durante ejercicios intermitentes con periodos de recuperación cortos la utilización de la PCr será el proceso mayoritario en la formación de ATP de forma anaerobia.

Desde hace tiempo se sabe que la cantidad muscular de Creatina (Cr) y PCr puede incrementarse mediante un suplemento oral de creatina. Esta ingestión incrementa su concentración tanto sanguínea como muscular y además parte de esta creatina muscular se transforma en PCr en una reacción catalizada por la creatin kinasa (Harris y cols, 1992).

La Cr se produce de forma endógena y su síntesis se realiza en el hígado, riñones y en menor medida en el páncreas, el resto de la Cr disponible se obtiene a través de la dieta. Se almacena fundamentalmente en el músculo esquelético 95% y el 5% restante se distribuye en el hígado, riñón, cerebro y los testículos. (Cooper et al 2012).

En la actualidad es uno de los suplementos más utilizados, ya que se ha demostrado que mejora el rendimiento durante series repetidas de actividad anaeróbica de alta intensidad (Azizi, 2011), e incrementa la velocidad de resíntesis de PCr durante la fase de recuperación. Su eficacia máxima por lo tanto, la alcanzará en todos aquellos ejercicios que impliquen *sprints* repetidos o episodios de ejercicio de alta intensidad, separados por intervalos de recuperación cortos. Por lo tanto, todos los programas de entrenamiento que incluyan modalidades de trabajo intermitente de alta intensidad con periodos de recuperación breves (<1 min), o programas de entrenamiento de resistencia pueden ser mejorados mediante la suplementación con creatina.



Esquema 2- Formación de Fosfocreatina



Por otra parte la suplementación con Cr se asocia con cambios en la composición corporal, con un incremento en el peso corporal de aproximadamente un 2% y con un aumento de la masa libre de grasa corporal (Antonio et al, 2013).

A pesar de que el uso excesivo podría potencialmente tener un efecto nocivo sobre la función hepática y renal, no se han descrito cambios en la función renal en personas sanas a las dosis recomendadas. Sin embargo en algunos individuos pueden aparecer efectos adversos no deseados tales como dolor de cabeza, deshidratación, enfermedades renales, aumento de la excreción urinaria, aumento del peso y desestabilización de los niveles de potasio y electrolitos.

No todos los sujetos responden de igual forma ante un periodo de suplementación con Cr, se encuentran diversas características morfo-fisiológicas que caracterizan a los sujetos y permite encuadrarles en los siguientes grupos (Sirotuik y Bell, 2004):

- *Sensibles*: Muestran una respuesta positiva, manifiestan un incremento significativo del peso corporal, sobre los niveles basales de creatina total muscular, mayor nivel de masa magra y una proporción elevada de fibras rápidas tipo IIa
- *Poco sensibles*: Muestran un incremento menos que los anteriores en los niveles de creatina total. No se observa un incremento significativo de la masa corporal pero sí mejoras en la velocidad de recuperación entre trabajos intensos y repetidos.
- *Nada sensibles*: Muestran un incremento muy débil de los depósitos de Cr sobre sus valores basales



2. Objetivos y competencias a desarrollar

A la vista de los antecedentes del tema que se han expuesto brevemente el principal objetivo del trabajo será determinar los efectos de un entrenamiento HIIT y el posible beneficio de una suplementación con creatina.

Los objetivos específicos son:

Determinar la influencia de un entrenamiento de alta intensidad intervalado sobre la composición corporal de individuos poco activos y activos.

Estudiar la posible mejoría en las concentraciones de lactato al finalizar el ejercicio como resultado del entrenamiento HITT.

Definir la influencia que tiene el HIIT sobre la condición física de los sujetos: Capacidad aeróbica y potencia y capacidad anaeróbica.

Finalmente estudiar la influencia de la creatina en los parámetros antes citados en comparación con el HIIT únicamente.



3. Metodología

3.1. Participantes

El estudio se llevó a cabo en la Universidad de León (León), Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, haciendo uso de sus múltiples instalaciones para la realización de los entrenamientos, las pruebas físicas y la medición de la composición corporal.

Antes de iniciar el trabajo se realizó a los participantes una serie de preguntas para conocer su estado de salud y avalar su participación en el estudio. Seguidamente, cada participante firmó un consentimiento informado para participar, y respondieron un cuestionario sobre el consumo de cualquier suplemento nutricional o estimulante para mejorar su desempeño físico. También se les indicó que no podían consumir otras sustancias suplementarias durante la realización del estudio.

El desarrollo experimental comenzó en Marzo y finalizó en Junio de 2015 conformando un periodo total de doce semanas.

Se seleccionaron doce estudiantes de CAFD pertenecientes a la Universidad de León, con un período de edad comprendido entre los 19 y 23 años de edad, de sexo masculino. Dentro del grupo existían sujetos poco activos y otros habituados al entrenamiento con HITT aunque todos lo habían practicado con antelación. Se dividieron en dos grupos experimentales:

GC: grupo control constituido por individuos poco activos que realizó el entrenamiento sin suplementación con creatina.

GE: grupo experimental constituido por individuos activos y habituados al entrenamiento de HIIT que realizó el entrenamiento con suplementación con creatina.

3.2. Diseño experimental

En el momento de iniciar el estudio se realizó la determinación inicial de la composición corporal de todos los participantes. Posteriormente se realizó la determinación de lactato en la primera sesión de la semana repitiendo dicho proceso cada cuatro semanas de entrenamiento con el fin de determinar si existían modificaciones en los niveles del LA como consecuencia de la suplementación con Cr y la realización de entrenamiento HIIT.

De la misma forma se realizaron diversos test con el fin de obtener una valoración inicial de la condición física. Estos test se llevaron a cabo antes de comenzar los entrenamientos, y fueron repetidos al finalizar el período de entrenamiento con el objeto de determinar si existía una mejora tras la realización de dicho entrenamiento y si la creatina posee algún efecto en este tipo de entrenamiento HITT.

Los criterios prioritarios para el diseño de la batería de pruebas han sido los de validez, fiabilidad, pertinencia, seguridad, aplicabilidad y economía.

Los test usados fueron los siguientes:

- Course Navette, con el fin de determinar el $VO_{2máx}$.
- Test de Sargent, para determinar la potencia anaeróbica del tren inferior.



- Test de Bangsbo para estimar la capacidad anaeróbica.

Con el objeto de mejorar la comprensión de la investigación se muestra en la Tabla 3.1 la estructura general de la misma

Previo a la investigación	Análisis de la composición corporal	Course Navette	Test de Bangsbo	Test de Sargent
Primer Mes	Sesiones Nº1- Nº8	Medición LA		
Segundo mes	Sesiones Nº9- Nº16	Medición LA	Inicio Suplementación con Cr	Análisis composición corporal
Tercer Mes	Sesiones Nº17- Nº24	Medición LA	Final suplementación con Cr	
Final investigación	Análisis de la composición corporal	Course Navette	Test de Bangsbo	Test de Sargent

Tabla 3.1. Estructura general del trabajo de investigación

3.3. Protocolo de suplementación

El grupo experimental fue suplementado con creatina durante el segundo mes de entrenamiento mediante el siguiente protocolo:

Una fase de carga aguda durante siete días en la que ingieren 20 gr separados en cuatro tomas de 5 gr y una fase de mantenimiento durante tres semanas consumiendo 5 gr al día, preferiblemente media hora antes del entrenamiento (Harris, 1992; Hultman, 1996; Greenhaff, 1997).

La combinación de Cr con un carbohidrato simple puede aumentar el transporte de ésta al interior del músculo por lo que se les recomendó tomarla junto con un zumo. (Green y cols, 1996).

Se recomendó a los sujetos que agregaran al consumo habitual de agua unos 200 a 250 ml por cada 2,5 gr de Cr ingerida, debido a que durante el periodo de suplementación debe mantenerse una ingesta de líquido relativamente elevada ya que este podría limitar la absorción de la creatina a nivel celular. (Naclerio 2001, Rawson & Volek 2003, Volek, et al, 2000).

3.4. Protocolo de entrenamiento

Ambos grupos realizaron durante tres meses entrenamiento HIIT en pista (correr), estructurado de la siguiente forma. *Tabla 3.2*



Mes	Número de series	Intensidad de la series	Duración de las series	Tiempo de recuperación	Tipo de recuperación
Primer mes	4	100% VO2máx	45''	3´	Activa (caminar)
Segundo mes	4	100% VO2máx	45''	3´	Activa (caminar)
Tercer mes	4	100% VO2máx	45''	3´	Activa (caminar)

Tabla 3.2 *Planificación del entrenamiento de HIIT. Número, intensidad y duración de las series y tipo y tiempo de recuperación.*

Los sujetos deben esperar un mínimo de 48h entre la realización de la primera y la segunda sesión dentro de la semana para fomentar los procesos de recuperación óptima.

El estudio duró un total de doce semanas en las cuales se realizaron 24 sesiones de entrenamiento *Tabla 3.3*

Semana 1 Sesión Nº1 Sesión Nº2	Semana 5 Sesión Nº9 Sesión Nº10	Semana 9 Sesión Nº17 Sesión Nº18
Semana 2 Sesión Nº 3 Sesión Nº4	Semana 6 Sesión Nº 11 Sesión Nº 12	Semana 10 Sesión Nº19 Sesión Nº20
Semana 3 Sesión Nº5 Sesión Nº6	Semana 7 Sesión Nº13 Sesión Nº14	Semana 11 Sesión Nº21 Sesión Nº22
Semana 4 Sesión Nº7 Sesión Nº8	Semana 8 Sesión Nº15 Sesión Nº16	Semana 12 Sesión Nº23 Sesión Nº24

Tabla 3.3 *Organigrama del número de semanas y sesiones en las cuales se realiza el HIIT*

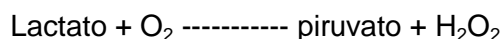
3.5. Determinación de la concentración de lactato



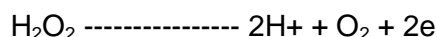
Para evaluar el lactato en sangre se utilizó el lactatímetro Lactate Plus de Nova (40828). Para recoger la muestra de sangre se realizó una punción en el dedo índice de la mano izquierda y la gota de sangre se colocó en la zona indicada del lactatímetro.

El lactatímetro determina la concentración de lactato en la muestra mediante un método enzimático amperométrico que se basa en un electrodo sensible al lactato con un cátodo de plata y un ánodo de platino. El electrodo está protegido por una funda con una solución electrolítica y tiene una membrana de capa múltiple en su extremo. La membrana se compone de tres capas: capa exterior (permeable al lactato), capa media (enzimática) y capa interior (permeable al H_2O_2).

Las moléculas de lactato atraviesan la capa exterior de la membrana. La enzima lactato oxidasa (EC 1.13.12.4), inmovilizada entre las capas interna y externa de la membrana cataliza la siguiente reacción:



El H_2O_2 producido por la reacción enzimática atraviesa la capa interior de la membrana y llega al ánodo de platino.



Cuando se aplica un potencial al electrodo, se produce una intensidad de corriente eléctrica directamente proporcional a la concentración de lactato.

3.6 Determinación de la composición corporal

Para la determinación de la composición corporal se utilizó la técnica de la bioimpedancia (BIA). La BIA es una técnica simple, rápida y no invasiva que permite la estimación del agua corporal total (ACT) y, por asunciones basadas en las constantes de hidratación de los tejidos, se obtiene la masa libre de grasa (MLG) y por derivación, la masa grasa (MG), mediante la simple ecuación basada en dos componentes (MLG Kg = peso total Kg - MG Kg). Los estudios de impedancia bioeléctrica se basan en la estrecha relación que hay entre las propiedades eléctricas del cuerpo humano, la composición corporal de los diferentes tejidos y del contenido total de agua en el cuerpo (Alvero et al. 2011).

3.7. Determinación de la condición física

3.7.1. Test Course Navette

Es un test indirecto, progresivo, continuo y maximal (hasta agotamiento) que estima el $VO_{2m\acute{a}x}$ en función del número de recorridos de ida y vuelta sobre una distancia de 20m efectuados sobre una pista. Consiste en recorrer la distancia de 20 metros ininterrumpidamente, al ritmo que marca una grabación con el registro del protocolo correspondiente.

Los sujetos comienzan la prueba al escuchar la señal emitida por la grabación desplazándose hasta la línea contraria (20 metros) y pisarla, esperando oír la siguiente señal.



Los sujetos deben seguir el ritmo del grabador que progresivamente va aumentando el ritmo de carrera. El ciclo se repite de forma constante hasta que los sujetos no logran pisar la línea en el momento señalado o finaliza el tiempo de la prueba. Cada periodo rítmico se denomina "palier" o "periodo" y tiene una duración de 1 minuto, siendo la velocidad inicial de 8,5 km/h incrementándose en 0,5 km/h en cada palier. El resultado se valoró en la tabla con la baremación correspondiente.

3.7.2. Test de Sargent

Este test pertenece a los test de salto vertical y evalúa la fuerza de las extremidades inferiores y la potencia anaeróbica a partir de la altura del salto. En el test los sujetos toman como referencia sobre un metro en la pared de multifuerza y se tiene en cuenta la diferencia de altura que consiguen entre el brazo extendido en el momento de bipedestación y en el momento de ejecutar el salto con técnica de bloqueo y tocar la máxima altura posible.

Se estima la potencia anaeróbica a través del modelo de Arkinstall (2010). *Tabla 3.4*

Género	Excelente	Encima de la media	Promedio	Por debajo del promedio	Pobre
Hombre	>70cm	56-70cm	41-55cm	31-40cm	<30cm
Mujer	>60cm	46-60cm	31-45cm	21-30cm	<20cm

Tabla 3.4 Modelo de Arkinstall (2010) para estimar la potencia anaeróbica del tren inferior

3.7.3. Test de Bangsbo

Es un test para valorar la capacidad anaeróbica en función de la habilidad para repetir 7 *sprint* de 30 m a la máxima velocidad posible (con una desviación perpendicular de 5 m a los 15 m del *sprint*) (Bangsbo, 1998). La recuperación se hace de forma activa recorriendo en 25 segundos, 50 m.

La fiabilidad del test mejora si hay previa familiarización (al menos dos ensayos principales). El indicador de velocidad máxima corresponde al mejor tiempo en los *sprint*, mientras que el indicador de la cantidad de trabajo realizado corresponde al promedio de los 7 *sprint*, siendo la diferencia entre el peor y el mejor tiempo el indicador del descenso del rendimiento. Los resultados apenas se traducen en retardos de 0,184 segundos de promedio entre los dos primeros y los dos últimos *sprint*, apareciendo un retardo significativo a partir de cada tercio de serie de *sprint*.

3.8. Tratamiento estadístico

Se utilizó la hoja de cálculo Microsoft Office Excel 2007 para el registro de los datos y su tratamiento gráfico. Los resultados aparecen como valores medios y error estándar de la media. Para determinar la t-Student de la muestra se utilizó el programa estadístico SPSS 17.0. Para la significación de los valores se utilizó una $p < 0,05$



4. Resultados

4.1. Efecto del HITT y de la suplementación con creatina sobre la composición corporal

En primer lugar y antes de comenzar se muestran diversas tablas correspondientes a al primer mes, el segundo mes y el tercer mes, en las cuales se reflejan los datos obtenidos mediante biomedancia.

En las Tablas 4.1 y 4.2 observamos los parámetros de la composición corporal referentes al primer mes del grupo control y del grupo experimental:

Características del grupo control	X	DE	RANGO		CV
			Mín	Máx	
Peso (Kg)	78,8	13,7	54,7	90,4	18,6
MG (%)	16,9	4	10,1	20,5	15,7
MG (kg)	13,7	4,1	5,5	17,6	23,8
MLG (kg)	65,1	8,9	49,2	74	79,9
ACT (Kg)	47,7	2,8	36,1	54,2	42,6
IMC (kg/m)	24,8	2,9	20,3	27,8	8,5

Tabla 4.1: Parámetros de la composición corporal del grupo control correspondiente al primer mes. Media (X), Desviación estándar (DE), Rango de los valores (Rango), Coeficiente de variancia (CV).

Características del grupo experimental	X	DE	RANGO		CV
			Mín	Máx	
Peso (Kg)	73,9	2,6	71,1	77,3	6,7
MG (%)	13,5	4,4	6,7	19,7	8,3
MG (kg)	10,0	3,6	4,8	16,8	14,6
MLG (kg)	63,9	2,4	61,4	73,9	76,6
ACT (kg)	46,9	1,8	45	49,6	3,3
IMC (Kg/m)	25,2	1,9	23,1	27,7	3,7

Tabla 4.2: Parámetros de la composición corporal del grupo control correspondiente al primer mes. Media (X), Desviación estándar (DE), Rango de los valores (Rango), Coeficiente de variancia (CV).

En las Tablas 4.3 y 4.4 observamos los resultados en la composición corporal del segundo mes, período en el cual, el grupo control se suplementó con Cr



Características del grupo control	X	DE	RANGO		CV
			Mín	Máx	
Peso (Kg)	77,8	12,1	55,6	89,4	14,6
MG (%)	16,4	2,9	12,7	19,7	8,3
MG (kg)	13,0	3,8	7,1	16,8	14,6
MLG (kg)	64,7	8,8	48,5	73,9	76,6
ACT (kg)	46,9	5,8	35,6	51,1	33,9
IMC (Kg/m)	24,5	2,3	20,7	26,9	5,2

Tabla 4.3: Parámetros de la composición corporal del grupo control correspondiente al mes de Abril. Media (X), Desviación estándar (DE), Rango de los valores (Rango), Coeficiente de variancia (CV).

Características del grupo experimental	X	DE	RANGO		CV
			Mín	Máx	
Peso (Kg)	74,2	1,9	71,6	76,1	3,6
MG (%)	11,9	2,6	7,6	15,2	6,9
MG (kg)	8,9	3,0	5,6	10,9	8,8
MLG (kg)	64,8	8,7	60,7	68,4	76,2
ACT (kg)	47,8	2,3	44,4	50,2	4,8
IMC (Kg/m)	24,0	2,4	23,4	24,8	1,5

Tabla 4.4: Parámetros de la composición corporal del grupo control correspondiente al segundo mes. Media (X), Desviación estándar (DE), Rango de los valores (Rango), Coeficiente de variancia (CV).

En las Tablas 4.5 y 4.6 observamos los parámetros de la composición corporal referentes al tercer mes del estudio del grupo control y del grupo experimental:

Características del grupo control	X	DE	RANGO		CV
			Mín	Máx	
Peso (Kg)	76,6	11,9	54,5	88,6	14,3
MG (%)	15,6	2,0	12,2	18,2	4,2
MG (kg)	12,2	3,0	6,9	14,7	8,8
MLG (kg)	64,6	8,7	48,6	74,1	76,2
ACT (kg)	47,3	6,3	35,8	54,2	39,8
IMC (Kg/m)	24,1	2,4	19,7	25,6	5,6

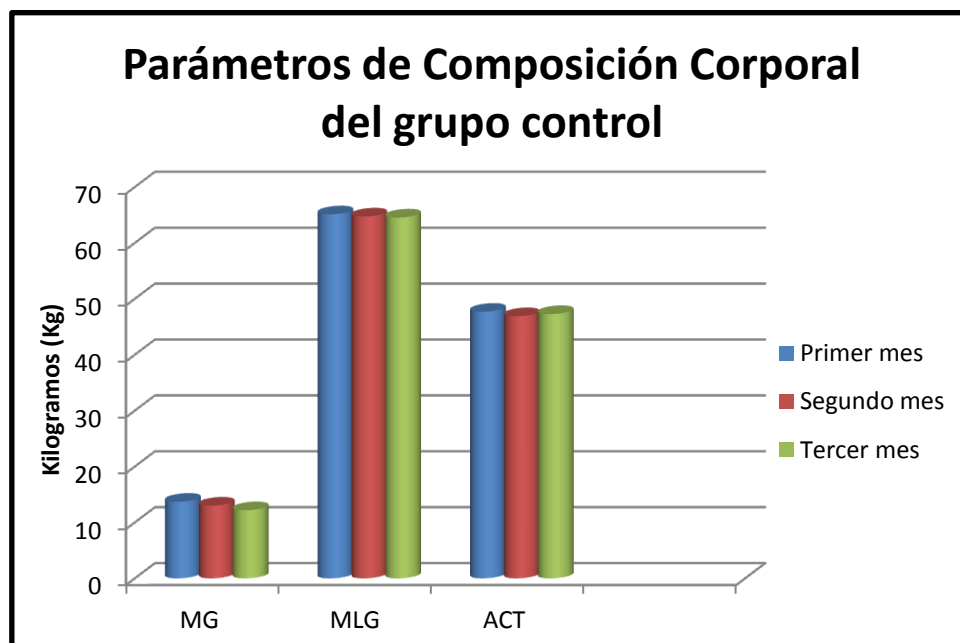
Tabla 4.5: Parámetros de la composición corporal del grupo control correspondiente al tercer mes. Media (X), Desviación estándar (DE), Rango de los valores (Rango), Coeficiente de variancia (CV).



Características del grupo experimental	X	DE	RANGO		CV
			Mín	Máx	
Peso (Kg)	73,1	2,8	69,7	76,4	7,6
MG (%)	12,0	3,2	8,3	15,7	9,9
MG (kg)	8,8	2,4	5,8	11	5,6
MLG (kg)	64,3	3,3	58,7	67,9	11,2
ACT (kg)	46,8	2,5	43	49,8	6,1
IMC (Kg/m)	23,9	0,6	22,9	24,6	0,3

Tabla 4.6: Parámetros de la composición corporal del grupo control correspondiente al tercer mes. Media (X), Desviación estándar (DE), Rango de los valores (Rango), Coeficiente de variancia (CV).

En la siguiente gráfica se representa la evolución de los principales parámetros corporales medidos a lo largo de los tres meses de estudio del grupo control:



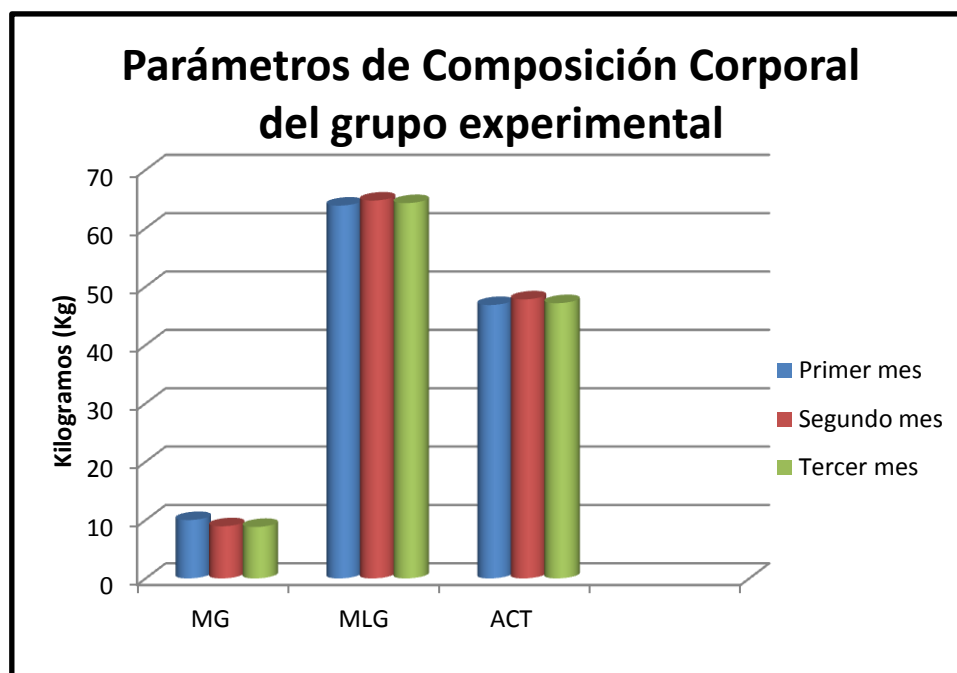
Gráfica 4.1: Evolución a lo largo del estudio de la Masa Grasa (Kg), de la Masa Libre de Grasa (Kg) y del Agua Corporal Total (Kg) del grupo control.

Como se puede observar se produce un disminución de la Masa Grasa (kg), pasando de unos valores de $13,7 \pm 4,1$ frente a $12,6 \pm 3,0$ medidos tres meses después, lo cual significa una reducción del 8% del porcentaje de Masa Grasa, que mostrado en términos absolutos supone una pérdida de 1,5 (Kg) de Masa Grasa.



Al mismo tiempo podemos apreciar que no existen cambios significativos de la Masa Libre de Grasa (Kg) pasando de unos valores iniciales de $65,1 \pm 8,9$ a unos posteriores de $63,9 \pm 2,4$ y del Agua Corporal Total (Kg) $47,7 \pm 2,8$ frente a $47,3 \pm 3,3$.

En la siguiente gráfica se representa la evolución de los principales parámetros corporales medidos a lo largo de los tres meses de estudio del grupo experimental:



Gráfica 4.2: Evolución a lo largo del estudio de la Masa Grasa (Kg), de la Masa Libre de Grasa (Kg) y del Agua Corporal Total (Kg) del grupo experimental.

En este caso el porcentaje de Masa Grasa se reduce en un 12% pasando de unos valores iniciales de $13,5 \pm 4,4$ a unos finales de $12,0 \pm 3,0$ no existiendo diferencias significativas con el grupo control, expresado en términos absolutos $10,0 \pm 3,6$ frente a $8,8 \pm 2,4$ lo cual significa una reducción de 1,2 (Kg) de la Masa Magra.

De igual forma que en el grupo control, la Masa Libre de Grasa (Kg) permanece estable pasando de unos valores de $65,1 \pm 8,9$ a unos valores de $64,3 \pm 3,3$ al igual que el Agua Corporal Total (Kg) pasando de unos valores de $46,9 \pm 1,8$ a $46,8 \pm 2,5$.

El Agua Corporal Total (Kg) muestra un incremento muy leve en el segundo mes $47,8 \pm 2,3$, periodo en el que los sujetos fueron suplementados con Cr

4.2. Efecto de la Creatina sobre el lactato post-ejercicio



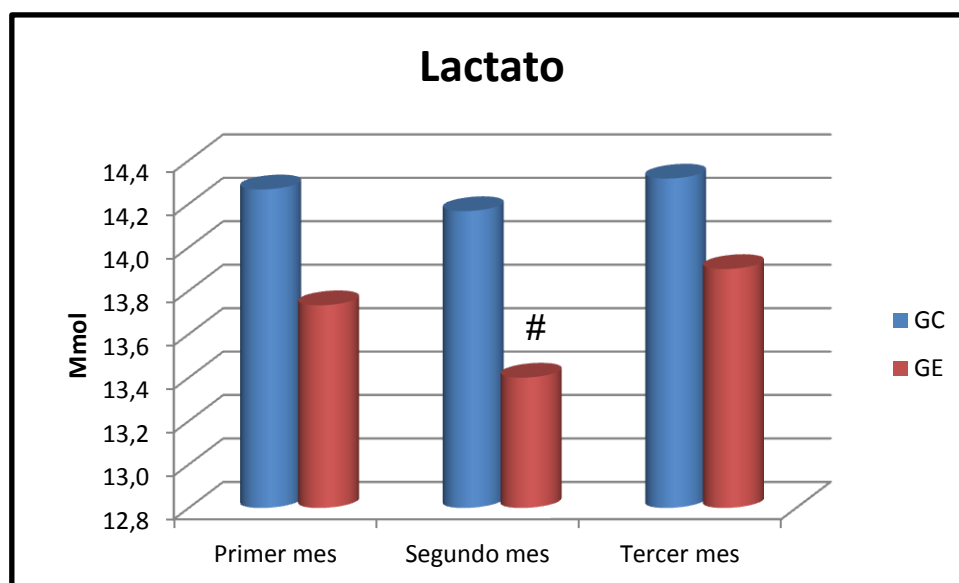
A continuación en la Tabla 4.7 se muestran los datos relativos a las mediciones de Lactato sanguíneo post- ejercicio del grupo control y del grupo experimental:

	Primer mes	Segundo mes	Tercer mes
GC	14,25 ± 2,86	14,53 ± 1,93	14,32 ± 1,89
GE	13.65 ± 1,24	13,32 ± 0,88(+)	13,90 ± 0,77

Tabla 4.7. Concentración de Lactato en sangre en los diferentes meses del estudio. Grupo control (GC) y grupo experimental (GE). Los valores representan el promedio (X) y la desviación estándar (\pm DE).

(+) Diferencias significativas con respecto al grupo control ($p < 0.05$)

La evolución de la concentración de lactato medida a lo largo de los tres meses de estudio se representa en la siguiente gráfica



Gráfica 4.4 Concentración de Lactato sanguíneo en los diferentes meses expresado en mmol. Grupo control (GC) y Grupo experimental (GE).

Diferencia significativa ($p < 0.05$) respecto al primer mes

Los datos obtenidos muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) en el segundo mes entre el grupo control ($14,53 \pm 1,93$) y el grupo experimental ($13,32 \pm 0,88$) con respecto al primer mes.



En los demás meses no existen diferencias significativas entre ambos grupos (14,25±2,86 13,65±1,21) (14,32±1,89 13,90±0,77).

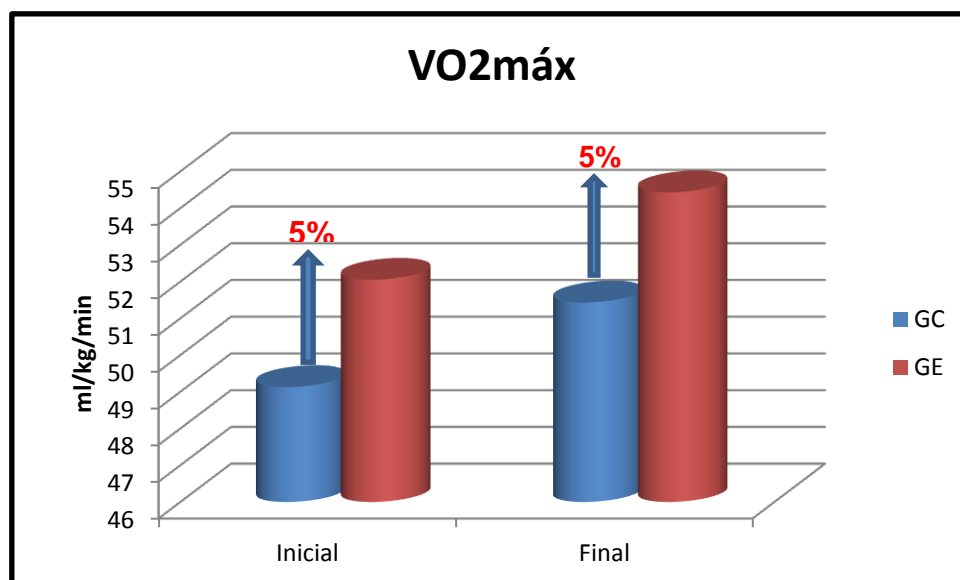
4.3. Efecto sobre el $VO_{2\text{máx}}$ ó capacidad aeróbica

Los datos obtenidos en el test de Course Navette nos facilitan realizar una estimación de la capacidad aeróbica de los sujetos, en la Tabla 4.8 se reflejan los datos recogidos en el test inicial y en el test final.

$VO_{2\text{máx}}$ (ml/kg/min)		
Test	Inicial	Final
GC	49,13 ± 2,09	51,43 ± 1,46
GE	52,05 ± 4,36	54,43 ± 3,96

Tabla 4.8 .Evolución de la capacidad aeróbica expresada en ml/kg/min .Grupo control (GC) y grupo experimental (GE). Los valores representan el promedio (X) y la desviación estándar (± DE).

Ambos grupos tienen incrementos similares del $VO_{2\text{máx}}$. No existen diferencias significativas entre ambos grupos. Los datos reflejan que la capacidad aeróbica de los sujetos aumenta en un 5%. Gráfica 4.5



Gráfica 4.5 Evolución del Consumo Máximo de Oxígeno a lo largo del estudio. Comparación entre el Grupo control (GC) y el Grupo experimental (GE).

4.4. Efecto sobre la capacidad anaeróbica



Mediante el test de Bangsbo se realizó una estimación de la capacidad anaeróbica de los sujetos, todos ellos obtuvieron un IF (Índice de Fatiga) superior al 90%, lo cual nos permitió determinar que la condición anaeróbica de los sujetos era óptima.

Con el fin de establecer diferencias entre ambos grupos y determinar una posible mejora de la capacidad anaeróbica se tuvo en cuenta la evolución y mejora de los tiempos totales, tiempos medios y mejores tiempos, comparando los obtenidos al principio con los conseguidos al final.

En la Tabla 4.9 se muestran los datos obtenidos en el test inicial:

Velocidad de ejecución (s)			
Tiempo	Tmej	Tmed	Ttotal
GC	5,00 ± 0.24	5,28 ± 0.30	35,11 ± 2.31
GE	4,89 ± 0.17	5,15 ± 0.18	34,25 ± 1.54

Tabla 4.9 Mejor tiempo (Tmej), Tiempo medio (Tmed), tiempo total (Ttotal), grupo control (GC), grupo experimental (GE) y media (X). Los valores representan el promedio (X) y la desviación estándar (± DE).

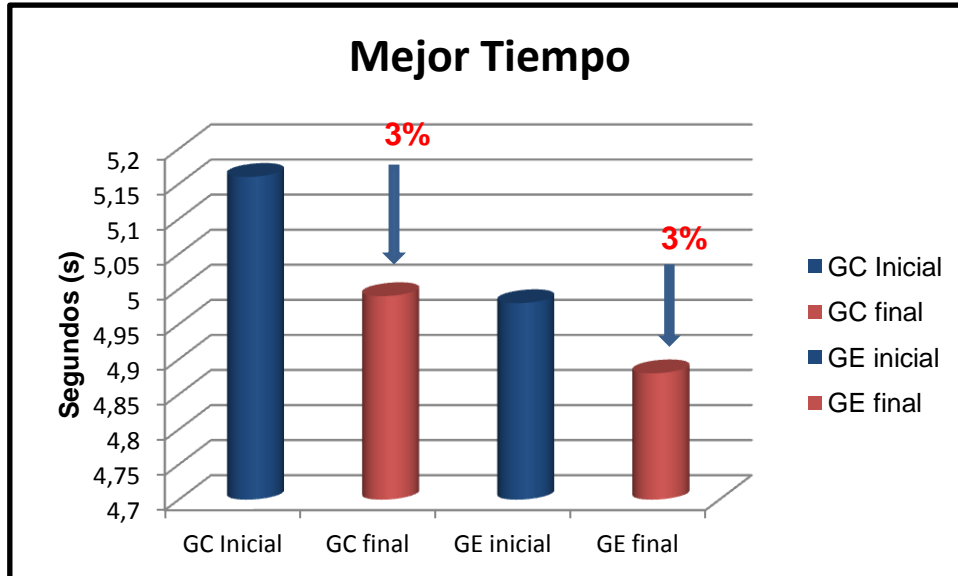
Velocidad de ejecución (s)			
Tiempo	Tmej	Tmed	Ttotal
GC	5,16 ± 0.26	5,33 ± 0.31	37,10 ± 1.96
GE	4,99 ± 0.15	5,22 ± 0.19	36,53 ± 1.33

Tabla 4.10 Mejor tiempo (Tmej), tiempo medio (Tmed), tiempo total (Ttotal), grupo control (GC), grupo experimental (GE) y media (X). Los valores representan el promedio (X) y la desviación estándar (± DE).

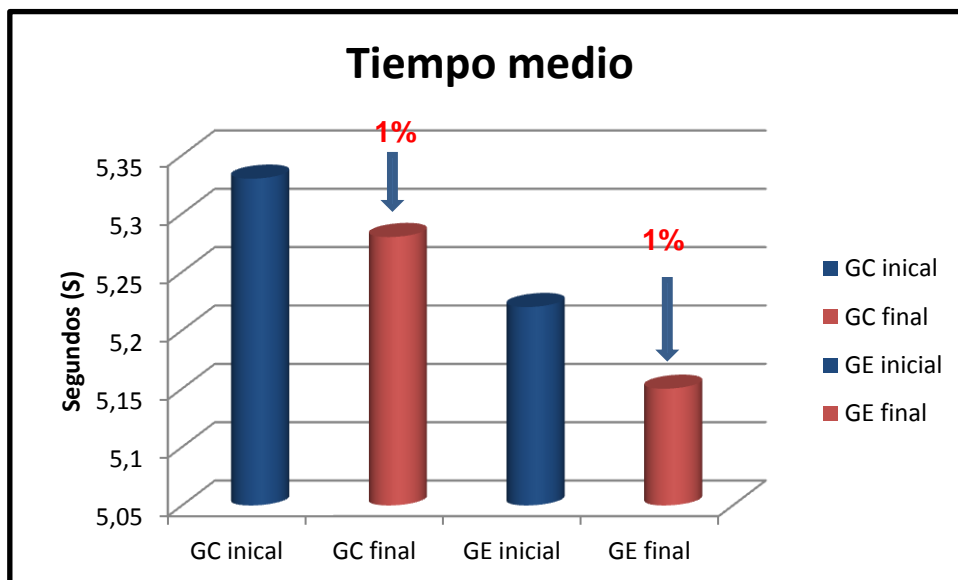
En la Tabla 4.10 se muestran los datos obtenidos en el test final:

Los datos obtenidos por ambos grupos son similares y no existen diferencias significativas, aunque existe una ligera mejoría en todos los tiempos.

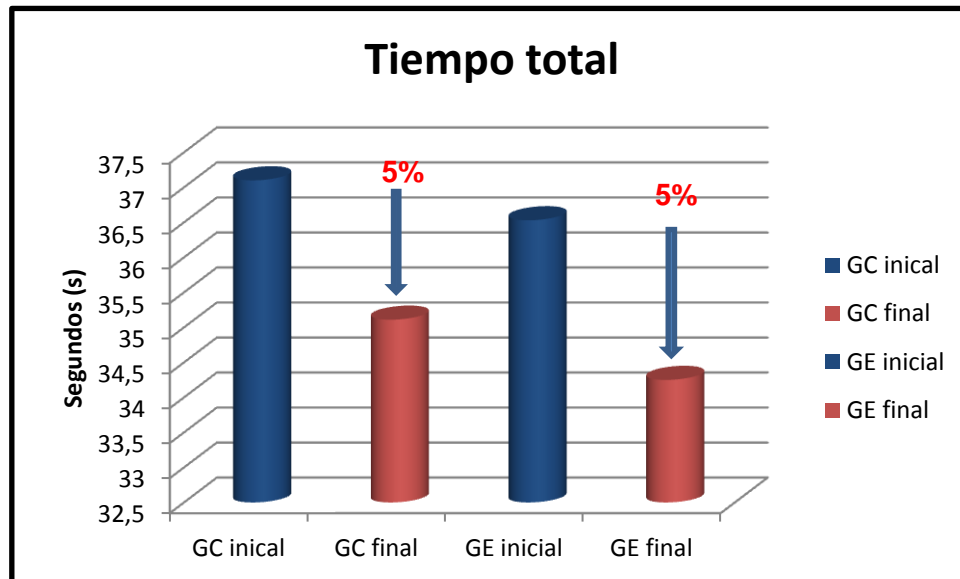
Los resultados muestran una mejoría del mejor tiempo en torno al 3%, una menor mejoría del tiempo medio 1% y una mejora del tiempo total del 5%. Gráficas 4.7, 4.8 y 4.9



Gráfica 4.7. Representación del mejor tiempo conseguido en el test inicial y el test final. Evolución comparada entre el Grupo Control (GC) y el Grupo Experimental (GE).



Gráfica 4.8. Representación del tiempo medio conseguido en el test inicial y el test final. Evolución comparada entre el Grupo Control (GC) y el Grupo Experimental (GE).



Gráfica 4.9. Representación del tiempo total conseguido en el test inicial y el test final. Evolución comparada entre el Grupo Control (GC) y el Grupo Experimental (GE).

4.5. Efecto sobre la potencia anaeróbica

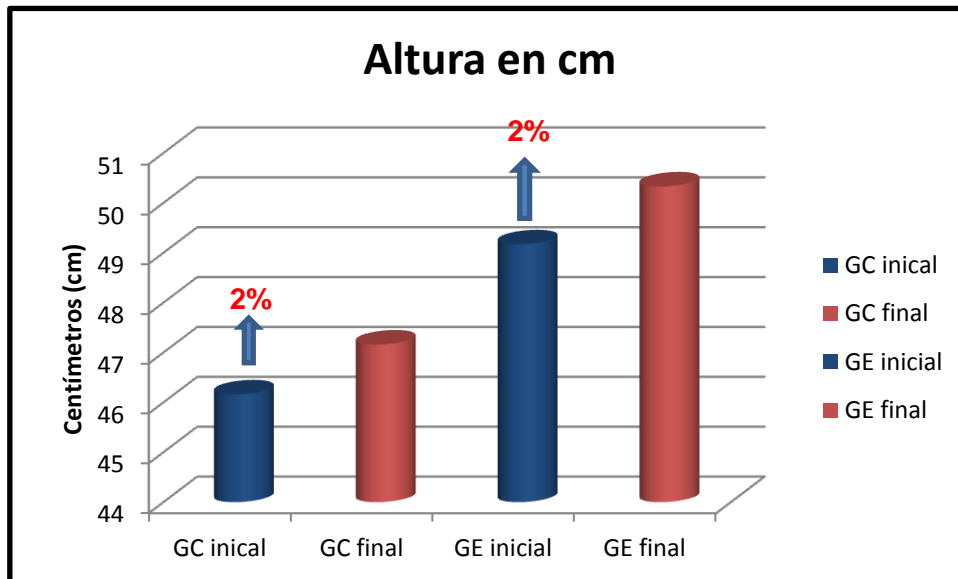
A continuación en la Tabla 4.11 se muestran los datos obtenidos en el test de Sargent por ambos grupos:

Altura en Cm	Inicial	Final
GC	46,17 ± 4,88	47,17 ± 5,53
GE	49,17 ± 4,92	50,33 ± 4,50

Tabla 4.11. Evolución de la altura conseguida en cm para estimar la potencia anaeróbica. Grupo control (GC) y grupo experimental (GE). Los valores representan el promedio (X) y la desviación estándar (± DS).

Los datos no son significativos, ambos grupos parten y finalizan el estudio con una potencia anaeróbica situada en un rango promedio.

Los resultados muestran una mejora de los dos grupos en torno al 2%. Gráfica 4.10



Gráfica 4.10 Representación de la altura conseguida en el test inicial y el test final. Evolución comparada entre el Grupo Control (GC) y el Grupo Experimental (GE).



5. Discusión

En cuanto al HIIT existe aún poca literatura científica, hecho que plantea una pequeña limitación en cuanto a la realización de comparaciones con el presente estudio.

Los análisis de composición corporal a lo largo del estudio revelan una disminución del Peso Corporal (Kg) entorno a los 2Kg del grupo control, los cuales eran sujetos poco activos. Datos similares se obtuvieron en el estudio de Drigny y cols, (2013) en el que se relaciona la práctica del HIIT y la pérdida de Peso Corporal (Kg) en sujetos sedentarios.

Por su parte el grupo experimental no presentó modificaciones del Peso Corporal (Kg) como consecuencia de la suplementación con Cr, hecho que produjo que aumentaran su peso en torno al 2% en el segundo mes, dicho aumento se produjo de igual forma en el estudio de Sahlin, en 2014 en el cual los sujetos suplementados con Cr aumentaron su Peso Corporal (Kg) en un 2%.

Relativo al porcentaje de Masa Grasa Corporal, el grupo control obtiene un descenso del 8%, mientras que el grupo experimental aunque no disminuyó el Peso total (kg), sí que refleja una reducción de la Masa Grasa Corporal alcanzando una disminución del 12%. En términos relativos de Masa Grasa (Kg) el grupo control obtiene una reducción de 1,5kg y el grupo experimental obtiene una reducción de 1,2 Kg.

Dichos resultados son contradictorios con el reciente estudio de Smyth-Ryan y cols (2015) en el cual no se encuentra relación entre la práctica del HIIT y la pérdida de Masa Grasa (Kg).

En el estudio los sujetos del grupo control muestran una disminución del Peso Corporal (Kg) pero la Masa Libre de Grasa (Kg) apenas disminuye por lo que es un hecho que nos indica que la práctica del HIIT a parte de disminuir la Masa Grasa Corporal (Kg) ayuda a mantener la Masa Libre de Grasa (Kg), hecho muy interesante para los usuarios que quieran reducir el porcentaje de Masa Grasa y mantener la masa muscular.

Existe una ligera contradicción en la literatura existente por lo que se necesita un mayor número de investigaciones para identificar de forma exacta la relación entre la pérdida de Masa Grasa Corporal (Kg) y la práctica del HIIT.

Los datos obtenidos en relación a la acumulación de Lactato post-ejercicio muestran diferencias significativas ($p < 0,5$) en el segundo mes entre el grupo control y el grupo experimental con respecto al primer mes coincidiendo con el período de suplementación con Cr del grupo experimental, podemos determinar de esta forma que una mayor concentración de Cr influye en los niveles de LA post-ejercicio (Yquel y cols. 2002).

En cuanto al efecto ergogénico de la Cr los resultados reafirman las evidencias de estudios anteriores en los cuales se afirma la relación entre la concentración de Cr y la disminución de la acumulación de LA post-ejercicio, por lo tanto llevar a cabo una suplementación con Cr será positivo para aquellos atletas que busquen aumentar el rendimiento en actividades interválicas de alta intensidad, debido a que obtener una menor concentración de LA después del ejercicio conducirá a obtener una menor fatiga y a agilizar los procesos de recuperación.



Los resultados de los test de valoración de la condición física muestran un incremento del 5% del $VO_{2\text{máx}}$ en ambos grupos, lo que nos permite afirmar que el HIIT produce un aumento del $VO_{2\text{máx}}$ tanto en sujetos activos como en sujetos más sedentarios.

Resultados parecidos se obtuvieron en el estudio de Talanian y cols (2007) en el cual se produce un aumento del 13% del $VO_{2\text{máx}}$ tras siete semanas de entrenamiento o el de Smith y cols. (2010) dónde se muestra un incremento del 10% $VO_{2\text{máx}}$.

Finalmente podemos indicar que los resultados encontrados sugieren que la práctica del HIIT produce una leve reducción de la masa grasa corporal así como un ligero aumento del $VO_{2\text{máx}}$, pero no encontramos efectos sobre la capacidad y potencia anaeróbica.

En la literatura actual no existen a penas estudios que relacionen los efectos del HIIT sobre la potencia y capacidad anaeróbica, por lo que será necesario que se realicen futuros trabajos.



6. Referencias

6.1 Bibliografía

Allen DG, Lamb GD, Westerblad H (2008). Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiological reviews*; 88(1):287-332.

Altimari RL, Okano HA, Franchini E, Takito YM, Avelar A, Cyrino ES (2010). Efeitos da Suplementação Prolongada de Creatina Mono-Hidratada sobre o Desempenho Anaeróbico de Adultos Jovens Treinados. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*; 16(3):186-190.

Antonio J, Ciccone V (2013). The effects of pre versus post workout supplementation of creatine monohydrate on body composition and strength. *Journal of The International Society of Sports Nutrition*, doi: 10.1186/1550-2783-10-36.

Arkinstall M, (2010). *Physical Education. Malaysia*. South Yarra, Australia, Macmillian Education Australia.

Astrand I, Hedman R, Crhistensen EH (1960). Intermittent Muscular Work. *Acta Physiologica Scandinavica*, 48(3-4):448-453.

Batista ML, Franchini, E, Uchida, MC, Rosa L (2005). Efeito da Suplementação de Creatina sobre o Desempenho na Velocidade do Swing e no Tempo para Percorrer Três Bases em Atletas da Seleção Brasileira de Beisebol Juvenil. *Revista Brasileira Ciência e Movimento*. Brasília; 13(4):85-92.

Bemben MG, Lamont HS (2005). Creatine supplementation and exercise performance: recent findings. *International Journal of Sports Medicine*. 35(2):107-125.

Boutcher (2011). High-Intensity Intermittent Exercise and Fat Loss. *Journal of Obesity*, Doi:10.1155/2011/868305.

Burke LM, Pyne BD, Telford RD (1996). Effect of oral creatine supplementation on single-effort sprint performance in elite swimmers. *International Journal of Sports Nutrition*; 6(3):222-233.

Carr AJ, Hopkins WG, Gore CJ (2011). Effects of acute alkalosis and acidosis on performance: a meta-analysis. *International Journal of Sports Medicine*, 41(2):801–814.

Craig JB, Randall LJ, Phillip BW, Dan S (2003). The Effects of creatine on treadmill Running with High Intensity Intervals. *Journal of Strength and Conditioning Research*; 17(3): 439-445.

Delecluse C, Diels R, Goris M (2003). Effects of creatine supplementation on Intermittent sprint running performance in highly trained athletes. *Journal of Strength Conditional* 17(3): 446-454.

Drigny J, Gremeaux V, Guiraud T, Gayda M, Juneau M, Nigam A (2013). Long-term high-intensity interval training associated with lifestyle modifications improves QT dispersion parameters in metabolic syndrome patients. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*; 56(5):356-370.



Green AL, Simpson EJ, Macdonald IA, Greenhaff L (1996). Carbohydrate feeding augments skeletal muscle creatine accumulation during creatine supplementation in humans. *American Journal of Physiology*; 158(2):195-202.

Harris R, Soderlund K, Hultman E (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical Science*, 83 (2):367-374.

Hill CA, Harris RC, Kim HJ, Harris BD, Sale C, Boobis LH, Kim CK, Wise JA (2007). Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Journal of Amino acids*; 32(2):225-233.

Laursen PB, Jenkins DG (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimizing training programs and maximizing performance in highly trained endurance athletes. *International Journal of Sports Medicine*; 32(1):53-57.

Mancilla R, Torres P, Álvarez C, Sapunar J, Díaz E, Schifferli I (2014). High intensity interval training improves glycemic control and aerobic capacity in glucose intolerant patients. *Revista Médica de Chile*, 142(1):34-39.

Michael MS, Allan JS, Brooke E, Steven TD (2013). Crossfit-based high intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(11): 3159-3172.

Mújika I, Padilla, S (1997). Creatine Supplementation as an Ergogenic Aid for Sports Performance in Highly Trained Athletes: A Critical Review. *International Journal of Sports Medicine*, 18(1):491-496.

Naclerio AF (2001). Creatina y rendimiento. *Journal of Sport Managers*; 2(10):52-54.

Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D (2004). Biochemistry of exercise induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology*, 287(3):502-516.

Sahlin K (2014). Muscle Energetics During Explosive Activities and Potential Effects of Nutrition and Training. *International Journal of Sports Medicine*, 44(2):167–173.

Schmitz SM, Jennifer HE, Robert L (2010). Nine weeks of supplementation with a multi-nutrient product augments gains in lean mass, strength, and muscular performance in resistance trained men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*.16(7):40-47.

Smith AE, Fukuda DH, Kendall KL, Jeffrey RS (2010). The effects of a pre-workout supplement containing caffeine, creatine, and amino acids during three weeks of high-intensity exercise on aerobic and anaerobic performance. *Journal of The International Society of Sports Nutrition*; 7(10):17-24.

Smith-Ryan AE, Melvin MN, Wingfield HL (2015). High-intensity interval training: Modulating interval duration in overweight/obese. *Physician and Sports Medicine*; 43(2):107-130.

Suzuki Y, Ito O, Mukai N, Takahashi H, Takamatsu K (2002). High level of skeletal muscle carnosine contributes to the latter half of exercise performance during 30-s maximal cycle ergometer sprinting. *The Japanese Journal of Physiology*; 52(2):199-205.



Talanian JL, George F, Heigenhauser AB, Lawrence LS (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of Applied Physiology*; 102(4):1439-1447.

Waldron JE, Pendlay GW, Kilgore TG, Haff GG, Reeves JS, Kilgore JL (2002). Concurrent creatine monohydrate supplementation and resistance training does not affect markers of hepatic function in trained weightlifters. *Journal of Exercise Physiology*; (5)1:57-64.

6.2 Webgrafia

<http://g-se.com/es/suplementacion-deportiva/articulos/utilizacion-del-monohidrato-de-creatina-como-suplemento-dietetico-756>

http://issuu.com/gymfactorymagazine/docs/53_entrenadores_baja

http://www.thehitcenters.com/ssp/news?news_id=13

<http://www.revista-apunts.com/es/hemeroteca?article=1634>