



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO

**EFFECTO DEL EJERCICIO AERÓBICO EN
INTERVALOS DE INTENSIDAD VARIABLE SOBRE
LA OXIDACIÓN DE GRASAS**

ASTRID ANDREA VON OETINGER GIACOMÁN

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN
CIENCIAS BIOLÓGICAS, MENCIÓN FISIOLÓGÍA

**Prof. Dr. Sergio Villanueva B.
Director de Tesis**

**Prof. Dr. Jorge Cancino L.
Codirector de Tesis**

2011

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO**

INFORME DE APROBACIÓN DE TESIS DE MAGISTER

Se informa a la Comisión de Grados Académicos de la Facultad de Medicina, que la Tesis de Magister presentada por la candidata

ASTRID ANDREA VON OETINGER GIACOMÁN

ha sido aprobada por la Comisión Informante de Tesis como requisito para optar al Grado de Magister en Ciencias Biológicas con mención en Fisiología en el Examen de Defensa de Tesis rendido el día 26 de enero de 2011.

**Prof. Dr. Sergio Villanueva B.
Director de Tesis**

**Prof. Dr. Jorge Cancino L.
Codirector de Tesis**

Comisión Informante de Tesis:

Prof. Dra. Pilar Durruty

Prof. Dr. Alex Valenzuela

**Prof. Dr. Marcelo Cano
(Presidente)**

A mi familia, especialmente a mis hijos, quienes sin percatarse apoyaron esta tesis.

AGRADECIMIENTOS

Al personal del Hospital del Trabajador, en especial al Dr. Mario Muñoz y al Klgo. Roberto Urzúa, quienes generosamente entregaron las facilidades necesarias para la realización de este trabajo.

A la Universidad de las Américas, por el financiamiento aportado a este estudio y a la Secretaria de Decanato, Joyce Seguel, por su apoyo incondicional.

A la Universidad Nacional Andrés Bello, por las facilidades horarias que permitieron la realización de esta investigación.

A los Drs. Sergio Villanueva y Jorge Cancino, por su guía y ayuda durante esta tesis.

A los Drs. Marcelo Cano, Pilar Durruty y Alex Valenzuela, quienes con sus correcciones y aporte crítico, contribuyeron a perfeccionar esta tesis.

A Don José Fernández, por su incansable apoyo durante todos estos años en la búsqueda de bibliografía para este estudio.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	9
HIPÓTESIS.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
RESULTADOS.....	18
Glicemia, insulinemia y concentración de lactato capilar.....	18
Variabilidad del ritmo cardíaco.....	20
Cociente respiratorio.....	21
Gasto energético.....	33
Oxidación de carbohidratos y grasas.....	43
Percepción del esfuerzo realizado.....	50
DISCUSIÓN.....	51

CONCLUSIONES.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXO 1: Cuestionario internacional de actividad física.....	62
ANEXO 2: Valores individuales de las medidas antropométricas, VO_2 <i>peak</i> y determinaciones bioquímicas de los sujetos reclutados para el estudio	73
ANEXO 3: Escala de Borg de percepción de esfuerzo físico.....	74
ANEXO 4: Formulario de declaración de consentimiento informado.....	75

RESUMEN

La obesidad en el mundo ha adquirido proporciones epidémicas. Su alto costo social y económico la ha convertido en un problema prioritario de salud pública. El sedentarismo juega un rol importante en la génesis de esta epidemia, siendo entonces muy relevante explorar la influencia del ejercicio para lograr una mayor oxidación de grasas y diseñar protocolos de ejercicio que maximicen este proceso metabólico.

Esta investigación reclutó diez sujetos de sexo masculino, entre 30 y 39 años, sedentarios y con índice de masa corporal elevado. Estos sujetos fueron evaluados en cuatro sesiones, en las cuales se evaluó primeramente su potencia aeróbica *peak* (PA_p), para luego realizar tres protocolos equivalentes de ejercicio en intervalos (tres intervalos de 15 min separados por períodos de 5 min de descanso) a intensidades creciente (40%, 55% y 70% de la PA_p), constante (55% de la PA_p en los tres períodos) o bien decreciente (70%, 55% y 40% de la PA_p).

En base al efecto inhibitorio que tiene el glicógeno sobre la oxidación de grasas en el músculo esquelético, la hipótesis del presente estudio propone que en estos protocolos de ejercicio, el realizado en intervalos de intensidad decreciente es más efectivo en la oxidación corporal de grasas que los otros dos, puesto que en su inicio se reducirán las reservas de glicógeno muscular.

Los resultados obtenidos comprueban la hipótesis y además muestran que el protocolo de ejercicio en intervalos de intensidad decreciente es percibido como el de menor esfuerzo por los sujetos participantes en el estudio.

ABSTRACT

Obesity has acquired epidemic proportions in the world. Its high social and economic costs, have transformed it as a priority public health problem. Sedentarism plays an important role amongst the causes of this epidemic, so it seems very relevant to explore the influence of exercise on fat oxidation and design exercise protocols that maximize this metabolic activity.

This investigation recruited ten sedentary male subjects, 30 to 39 years old, with an elevated body mass index. Each participant was evaluated in four opportunities in separate sessions. At the first one, peak aerobic power (pAP) was determined and then they performed three equivalent interval-exercise protocols, consisting of three 15 min-exercise periods separated by 5 min of rest each. One of these protocols (“constant intensity protocol”) included exercise periods at 55% of pAP , while the other two (“increasing and decreasing intensity protocols”) consisted in exercise periods at 40%, 55% and 70% of pAP in that sequence (“increasing”) or in reversed order (“decreasing”).

Based in the inhibitory effect of glycogen content on muscle fat oxidation, it was hypothesized that the decreasing protocol could be more efficient in body fat oxidation than the other two exercise protocols. This idea was supported by the fact that the high intensity exercise interval at the beginning of this protocol should deplete muscular glycogen, allowing a higher fat utilization during the subsequent exercise intervals.

Our results supports the hypothesis and, additionally, they showed that the “decreasing intensity protocol” is perceived as the less exhausting exercise protocol in comparison to the other ones by the participating individuals.

INTRODUCCIÓN

El mundo sufre una nueva epidemia, la obesidad, que deja en claro las paradojas de un desarrollo poco equitativo. Mientras las hambrunas azotan a partes del mundo, en otras la población aumenta de manera preocupante su peso; ésta es la llamada carga del siglo XXI (1). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), esta epidemia afecta a nivel mundial a más de mil seiscientos millones de personas adultas con sobrepeso, de las cuales al menos cuatrocientos millones de adultos son clínicamente obesos. La "globesidad", como ha sido también llamada, no respeta divisiones entre países desarrollados y subdesarrollados, y en estos últimos muchas veces convive con problemas de desnutrición (1, 2).

El consumo mayor de calorías que las necesarias debido a alimentos pobres nutricionalmente, pero ricos en grasas saturadas y carbohidratos, combinado con poca actividad física, han elevado al triple las cifras de obesidad desde 1980 a la fecha en el mundo. Según la OMS, la obesidad y el sobrepeso plantean un alto riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles como son: diabetes tipo 2, hipertensión, enfermedades cardiovasculares, coronarias y algunos tipos de cáncer (3-7).

De acuerdo a la última encuesta nacional de salud (ENS 2009-2010; ref. 5), el 64,5% de la población chilena tiene un índice de masa corporal (IMC) elevado (mayor o igual a 25). Esta situación está relacionada estrechamente con la primera causa de muerte en Chile, como son las enfermedades cardiovasculares. Las cifras son inquietantes y han generado una serie de iniciativas que buscan poner atajo a la epidemia, que no sólo afecta a quienes la padecen, sino que constituye un problema de salud pública por los costos que significan para el Estado de Chile el aumento de personas enfermas.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), el tratamiento de la obesidad debe ser enfocado hacia el manejo de los factores de riesgo y la mantención del peso en el largo plazo, ya que aunque la normalización del peso rara vez ocurre, existe evidencia de que un 5-10% de reducción de peso tiene un impacto significativo sobre las enfermedades asociadas (4).

El sedentarismo, asociado a la automatización, uso de vehículos, extensión de la jornada laboral, uso de computadores, videojuegos y tiempo frente al televisor, tiene un papel preponderante en la génesis de la epidemia de la obesidad. Más importante, un nivel deficitario de actividad física implica un aumento en el riesgo cardiovascular aún en sujetos que son delgados. Por el contrario, un adecuado estado físico constituye un factor protector, independiente del IMC, incluso en pacientes obesos (8).

Diferentes estudios han mostrado que el ejercicio de predominio aeróbico es un estímulo potente para mejorar la capacidad cardiovascular y prevenir la obesidad junto a sus enfermedades relacionadas, tales como hipertensión, diabetes y dislipidemias. Así, en el año 2006, el *American College of Sport Medicine* determinó que el ejercicio de predominio aeróbico, de intensidad moderada a intensa (40-60 % del consumo máximo de oxígeno), con una duración mayor a 20 minutos por 5 días a la semana, es recomendable para esta población de riesgo cardiovascular (9).

En relación a lo anterior, es importante destacar que en el ejercicio físico leve a moderado se incrementa la utilización de ácidos grasos libres como alternativa energética a los carbohidratos (10,11). En estas circunstancias, el ambiente hormonal favorable (concentraciones bajas de insulina y alzas en las concentraciones de catecolaminas provoca, entre otras cosas, una disminución en la actividad de la lipoproteína lipasa y un aumento de la

lipasa sensible a hormonas en el tejido adiposo, lo que incrementa la movilización y utilización de ácidos grasos libres (11, 12).

Generalmente, los individuos con sobrepeso u obesidad realizan escasa actividad física, por lo que en los últimos años se han ideado diferentes esquemas de ejercicio para potenciar la movilización de ácidos grasos libres con el fin de optimizar la efectividad del tratamiento no farmacológico. Estos protocolos de ejercicio pretenden lograr la máxima de oxidación de grasas con ejercicios de duración e intensidad moderadas, de modo de facilitar la ejecución de los mismos y acomodarlos a las demandas de la vida actual en la civilización occidental. Dentro de éstos, un esquema promisorio consiste en la realización de ejercicio en intervalos, en los que se alternan breves períodos de actividad física con otros de descanso (13-17).

Particularmente relevantes para el estudio que aquí se propone, son los estudios de Stich y cols. (13) y Goto y cols. (14), quienes estudiaron sujetos sanos durante ejercicio aeróbico en intervalos relativamente breves en los que se logró una mayor tasa de oxidación de ácidos grasos en comparación con ejercicios equivalentes realizados de manera continua.

En el primero de estos estudios, Stich y cols. (13) estudiaron a siete sujetos sanos, sedentarios y de peso normal, quienes realizaron ejercicio en intervalos: dos períodos de ejercicio de 60 minutos, a una intensidad del 50% del consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), separado por un período de reposo de 60 minutos. Este protocolo de ejercicio produjo un incremento en las concentraciones extracelulares de glicerol en el tejido adiposo y también a nivel plasmático, siendo estas concentraciones significativamente mayores durante el segundo intervalo de ejercicio comparado con el primero. Este aumento de glicerol fue acompañado de un aumento en los niveles plasmáticos de ácidos grasos. Además, los

autores mostraron que el segundo intervalo de ejercicio, en comparación con el primero, provoca un mayor incremento en la epinefrina, sin embargo no observaron cambios en los niveles de insulina en el plasma. De esta manera, los autores concluyeron que durante el ejercicio aeróbico de moderada intensidad la lipólisis en el tejido adiposo es mayor cuando el ejercicio es precedido por un período de ejercicio y otro de reposo.

En el otro estudio anteriormente mencionado, Goto y cols. (14) estudiaron a siete sujetos de peso normal, sanos y físicamente activos, en los que compararon el metabolismo lipídico de una sesión de ejercicio prolongado (60 minutos) a intensidad equivalente al 60% del VO_2 máx y una sesión de ejercicio a intervalos: dos episodios de 30 minutos de ejercicio a la misma intensidad que el protocolo anterior separados entre sí por 20 minutos de reposo. De esta forma, demostraron que en la segunda sesión del ejercicio a intervalos, los niveles de ácidos grasos libres y de epinefrina fueron significativamente mayores comparados con el ejercicio de sesión única. También observaron una disminución significativamente mayor de insulina y de glucosa plasmáticas en el ejercicio a intervalos comparado con el ejercicio de sesión única. Concluyeron así que las sesiones de ejercicio a intervalos causan un incremento en el metabolismo de los lípidos comparado con ejercicios de sesión única de igual duración e intensidad.

De acuerdo a lo anterior, y a otros estudios similares (15-17), parece claro que el ejercicio realizado en intervalos resulta más eficiente que el realizado por períodos continuos a una intensidad y duración total equivalente. Sin embargo, resulta necesario explorar aún más el diseño de protocolos de ejercicio que optimicen la utilización de grasas y que a la vez sean de fácil aplicación a la población general.

En la búsqueda de un protocolo de ejercicio optimizado para la utilización de ácidos grasos, es relevante recordar que el consumo de sustratos energéticos por parte del músculo esquelético varía principalmente de acuerdo a la intensidad del ejercicio. Es así como ejercicios intensos privilegian la utilización del glicógeno intramuscular, en tanto que ejercicios de menor intensidad tienen un mayor sustento energético en la oxidación de ácidos grasos (18-20). Además, en los últimos años ha quedado en evidencia que la utilización del glicógeno juega un papel activo en la regulación del metabolismo energético en el músculo esquelético (21-23).

Por todo lo anterior, resulta relevante explorar la influencia de la intensidad del ejercicio en los protocolos de ejercicio en intervalos, diseñando protocolos de actividad física que favorezcan la oxidación de grasas. De acuerdo a esto, y en base a lo señalado anteriormente, favorecer el consumo de glicógeno en el primer intervalo de ejercicio podría tener un efecto potenciador en el consumo posterior de grasas.

Por ello, en la presente tesis proponemos contrastar un protocolo tradicional de ejercicio en intervalos, vale decir todos los intervalos de ejercicio a una misma intensidad (expresada como porcentaje de la potencia aeróbica *peak* de los sujetos), con otros dos protocolos de ejercicio en intervalos: uno de intervalos de intensidad decreciente, en donde una mayor intensidad de ejercicio al comienzo podría favorecer la oxidación de grasas en los intervalos subsecuentes; y otro con los mismos intervalos, pero ordenados en intensidad creciente, el que podría tener efecto opuesto. Todos estos protocolos de ejercicio tendrán igual intensidad promedio, es decir, serán realizados al mismo porcentaje promedio de la potencia aeróbica *peak* (PA_p) de cada individuo, para ser comparables en gasto calórico total.

Adicionalmente, a diferencia de los estudios anteriormente citados, dichos protocolos serán evaluados en una población de individuos aparentemente sanos, sedentarios y con un IMC elevado, puesto que esta población es la más susceptible de ser beneficiada por protocolos de ejercicio orientados a la optimización del consumo de grasas corporales.

OBJETIVOS

General

Evaluar, en individuos con IMC elevado, la oxidación de grasas en protocolos de ejercicio en intervalos de intensidad variable, comparándola con la obtenida en protocolos de ejercicio equivalente en intervalos de intensidad constante.

Específicos

- Comparar las variaciones en el cociente respiratorio (CR) que se producen en protocolos equivalentes de ejercicio en intervalos de intensidad creciente, constante y decreciente.
- Determinar el balance autonómico en los diferentes protocolos a través del análisis de la variabilidad del ritmo cardíaco (VRC) y su posible correlación con los efectos observados.
- Determinar los cambios en los niveles de insulina plasmática que se producen a consecuencia de los diferentes protocolos de ejercicio, con el fin de determinar su posible correlación con los efectos observados.
- Determinar los cambios en los niveles plasmáticos de glucosa y lactato (capilar) que se producen a consecuencia de los diferentes protocolos de ejercicio, y estudiar una posible relación de los mismos con la oxidación de ácidos grasos que se produce en los diferentes protocolos de ejercicio.

HIPÓTESIS

A igual duración total e intensidad promedio, el ejercicio realizado en intervalos de intensidad decreciente es más efectivo en la oxidación de grasas que el realizado en intervalos de intensidad creciente o constante en individuos sanos, sedentarios y con índice de masa corporal elevado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sujetos experimentales

Se reclutaron diez individuos de sexo masculino, entre 30 y 39 años, sedentarios y con IMC > 25,0 que accedieron voluntariamente a ser parte de este estudio. Sus características generales fueron (todos los valores expresados como media aritmética \pm error estándar de la media): edad, $33,9 \pm 0,9$ años; estatura, $174,2 \pm 3,1$ cm; peso, $92,1 \pm 5,2$ kg; grasa corporal (determinado por impedanciometría bioeléctrica con analizador de composición corporal TBF-300A, TANITA, Tokio, Japón), $29,1 \pm 1,4$ % e índice de masa corporal (IMC) de $30,1 \pm 0,8$ kg/m².

El nivel de actividad física habitual de los sujetos experimentales se evaluó mediante el cuestionario internacional de actividad física (IPAQ, ver Anexo 1), dando como resultado seis sujetos mínimamente activos y cuatro sujetos inactivos (24). Su condición de sedentarismo (5) se confirmó luego de consultar a los voluntarios si practicaban actividad física al menos 30 minutos tres veces por semana, condición que ninguno cumplió.

Todos los sujetos estaban libres de cualquier patología anexa que pudiera ser relevante para los fines de esta investigación, tales como: diabetes, hipertensión arterial, historia de enfermedad cardiovascular y cualquier otra patología que pudiera incidir en su respuesta metabólica frente al ejercicio o que comprometiera o hiciese desaconsejable la realización de ejercicio. También se confirmó que los sujetos no ingerían fármacos -de cualquier tipo- de manera crónica o esporádicamente en las dos semanas previas a su participación en el estudio.

Adicionalmente, a todos los sujetos se les realizó una evaluación médica general antes de comenzar con el estudio, incluyendo exámenes de glicemia (85 ± 3 mg/dl); perfil lipídico: (colesterol total 210 ± 13 mg/dl, HDL 45 ± 5 mg/dl, VLDL 38 ± 5 mg/dl, LDL 127 ± 12 mg/dl y triglicéridos 190 ± 23 mg/dl) y resistencia insulínica (HOMA $2,44 \pm 0,28$). Todos estos valores expresados como media aritmética \pm error estándar de la media (EEM). Además, se les realizó un test de esfuerzo (electrocardiografía) que fue normal para todos los sujetos.

Los valores de los parámetros anteriormente mencionados para cada individuo, así como los de consumo de oxígeno *peak* (VO_2 *peak*), se encuentran en el Anexo 2.

Protocolo experimental

Los sujetos fueron evaluados en cuatro oportunidades, separadas entre sí por un mínimo de tres días y por un máximo de siete días. Cada sujeto efectuó el protocolo de ejercicio luego de doce horas de ayuno. Además, el día previo a la prueba los sujetos no realizaron ejercicio de alta intensidad ni tampoco ingirieron alimentos que pudiesen afectar su capacidad de trabajo físico.

En una primera oportunidad se les evaluó la potencia aeróbica *peak* (PAp) en cicloergómetro magnético (Jaeger, Würzburg, Alemania), con un protocolo de incremento de carga de 25 W cada 2 minutos, modificado a partir del protocolo usado por Goto y cols. (14). La muestra estudiada tuvo un VO_2 *peak* de $31,41 \pm 2,22$ ml·kg⁻¹·min⁻¹ (Media \pm EEM), logrando todos los sujetos dos de los cuatro criterios establecidos por el *American College of Sport Medicine* para la determinación de la PAp (9). En la próxima oportunidad se les realizó uno de los tres protocolos de ejercicio en intervalos; en la tercera oportunidad un protocolo de los dos faltantes y en la última oportunidad el protocolo que les restaba realizar. Un tercio de

los individuos, escogidos al azar, realizaron primero el ejercicio en intervalos de intensidad constante, el otro tercio comenzó con el protocolo de intensidad decreciente y el otro tercio lo hizo con el de intensidad creciente. En las dos sesiones siguientes se dividieron aleatoriamente hasta que todos los sujetos realizaron los tres protocolos de ejercicio.

Previo a cada protocolo los individuos descansaron 5 minutos a la llegada al laboratorio, sentados en el cicloergómetro, y al cabo de ese lapso se les tomó una muestra de sangre desde la vena antecubital derecha; descansaron otros 5 minutos y entonces se comenzó con el registro del cociente respiratorio por otros 5 minutos en reposo. Finalizado ese período los individuos realizaron 5 minutos de calentamiento previo, pedaleando suavemente (20 W), con el objeto de prevenir lesiones.

El protocolo de ejercicio en intervalos de intensidad constante consistió en tres intervalos de 15 minutos de ejercicio al 55% de su PAp separados por períodos de 5 minutos de descanso entre sí. El protocolo de ejercicio en intervalos de intensidad decreciente consistió en tres intervalos de 15 minutos de ejercicio al 70, 55 y 40% de su PAp separados por períodos de 5 minutos de descanso entre sí. El protocolo de ejercicio en intervalos de intensidad creciente consistió en tres intervalos de 15 minutos de ejercicio al 40, 55 y 70% de su PAp separados por períodos de 5 minutos de descanso entre sí.

El registro del cociente respiratorio (CR) se realizó de manera continua durante toda la sesión de ejercicio y se prolongó durante los 50 minutos posteriores a la finalización del mismo.

Se colectaron muestras adicionales de sangre inmediatamente finalizado el ejercicio y a los 50 minutos posteriores (conjuntamente con la finalización del registro del CR).

Adicionalmente, los voluntarios fueron interrogados acerca de su percepción del esfuerzo realizado al final de cada sesión de ejercicio, empleando para ello el cuestionario basado en la escala de Borg (ref. 25; ver anexo 3).

Todos los protocolos fueron realizados a una temperatura ambiental controlada de 21 a 23° C.

En la figura 1 se muestra gráficamente el diseño experimental de los protocolos de ejercicio.

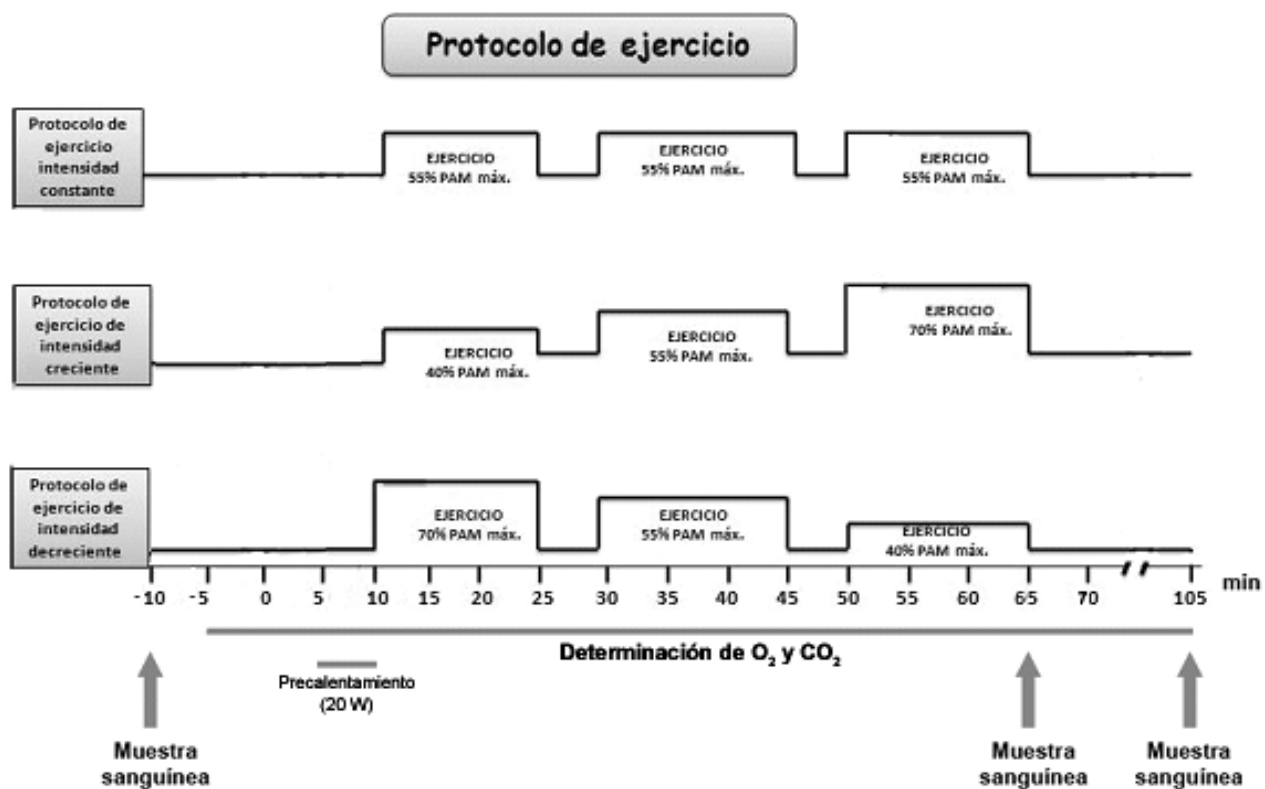


Figura 1. Diseño experimental.

Determinación de gases respiratorios

Se evaluaron mediante un ergoespirómetro (Oxycon Pro, Jaeger, Würzburg, Alemania), con el cual se obtuvieron los datos promedio de consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono cada 30 segundos por el método de análisis *breath by breath*. Este equipo fue calibrado cuidadosamente previo a cada evaluación de acuerdo a la temperatura y humedad relativa ambiental, calibrándose el flujo y la detección de gases con una mezcla de carbogen (4% CO₂ / 16% O₂ / 80% N₂).

Determinaciones bioquímicas

La concentración plasmática de glucosa se midió con método enzimático glucosa-peroxidasa con un coeficiente de variación intra-ensayo de 0,6% e inter-ensayo de 1,3%. La insulinemia se midió con un método de inmuno-quimioluminiscencia con una sensibilidad de 6,0 pM y un coeficiente de variación intra-ensayo de 2,0% e inter-ensayo de 5,0% en el laboratorio Bioanálisis Chile Ltda. (Av. Providencia 2392; Providencia, Santiago, Chile), al que se derivaron las muestras refrigeradas inmediatamente después de su obtención. El lactato capilar fue determinado en muestras de sangre obtenidas de los dedos, mediante un analizador automático de lactato (Sirius, h/p/cosmos, Nussdorf-Traunstein, Alemania).

Análisis de la variabilidad del ritmo cardíaco

Se registró -en forma continua durante la aplicación de los protocolos- la duración del intervalo RR a través de un monitor telemétrico de ritmo cardíaco (s810i, Polar, Oulu, Finlandia). Posteriormente, se analizó el balance autonómico a través del cociente LF/HF del

análisis espectral de la VRC. Para ello se utilizó el Software HRV Analysis 1.1 (Biomedical Signal Analysis Group. Department of Applied Physics. Universidad de Kuopio, Finlandia) (26).

Calorimetría indirecta

El cálculo de la tasa de oxidación de grasas y carbohidratos fue realizado empleando las ecuaciones estequiométricas descritas por Frayn (27), empleando como referencia los equivalentes calóricos de palmitoil-estearoil-oleoil-glicerol y glicógeno, respectivamente (28). El aporte proteico al consumo calórico fue estimado asumiendo una tasa de excreción de nitrógeno de $0,135 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, un valor promedio que es empleado consensualmente en este tipo de estudios y que aunque presente variaciones significativas -más allá de las encontradas en estudios previos- no altera significativamente la estimación del consumo de grasas y carbohidratos (29).

Análisis estadístico

Los datos se expresan como media aritmética \pm error estándar de la media (EEM). Para comparaciones estadísticas, cuando la variable en cuestión demostró normalidad con el test de Shapiro-Wilks, se emplearon *t-test* pareado de Student y ANOVA. En los casos en que no se comprobó una distribución normal, se utilizaron los test de Wilcoxon y Kruskal-Wallis. Se consideraron diferencias estadísticamente significativas aquellas que tuvieran un $P < 0,05$. Todos los cálculos fueron realizados empleando el software estadístico SPSS, v15.0 (IBM Corporation, Somers, USA). Los gráficos fueron realizados con el programa OriginPro v7.0 (OriginLab, Northampton, USA).

Otros

A todos los sujetos se les solicitó el consentimiento informado antes del inicio del estudio (ver Anexo 4). La investigación fue previamente aprobada por el Comité de Bioética para la Investigación en Seres Humanos de la Facultad de Medicina de Universidad de Chile.

RESULTADOS

I. Glicemia, insulinemia y concentración de lactato capilar

En la tabla I (pagina siguiente) se observan los valores de glicemia, insulinemia y concentraciones de lactato capilar pre y post-ejercicio (inmediatamente al finalizar) para cada protocolo de ejercicio. En lo relativo a glicemia, no se observaron diferencias significativas en ninguno de los tres protocolos. La insulinemia, por su parte, sólo mostró una disminución significativa ($P < 0,01$), post-ejercicio en el protocolo decreciente. Los valores de lactato capilar, en cambio, mostraron diferencias significativas ($P < 0,01$), entre la muestra pre-ejercicio y la muestra inmediatamente posterior al ejercicio en todos los protocolos. Los valores de la muestra post-ejercicio además son significativamente diferentes entre sí entre los distintos protocolos ($P < 0,01$), siendo menor el valor para el protocolo decreciente.

	Protocolo	Pre-ejercicio	Post-ejercicio	
Glicemia (mg/dl)	Creciente	83,7 ± 3,7	90,5 ± 3,4	ns
	Constante	86,8 ± 3,5	85,9 ± 4,3	ns
	Decreciente	88,4 ± 2,9	85,6 ± 2,9	ns
Insulinemia (μUI/ml)	Creciente	8,2 ± 0,8	8,1 ± 1,5	ns
	Constante	9,2 ± 1,2	8,9 ± 1,6	ns
	Decreciente	13,1 ± 1,3	7,1 ± 1,1	P < 0,01
Lactato (mM)	Creciente	2,1 ± 0,1	15,7 ± 1,5	P < 0,01
	Constante	2,3 ± 0,1	6,0 ± 0,5	P < 0,01
	Decreciente	2,1 ± 0,1	4,2 ± 0,3	P < 0,01

Tabla I: Glicemia, insulinemia y concentraciones de lactato capilar pre- y post-ejercicio.

Los valores corresponden al promedio ± EEM (n = 10). En la columna del extremo derecho se muestra la significancia estadística (ns: no significativo a una P < 0,05).

II. Variabilidad del ritmo cardíaco

En la tabla II se muestran los resultados de la variabilidad del ritmo cardíaco al analizar el cociente LF/HF pre-ejercicio (300 latidos antes del comienzo del protocolo) y post-ejercicio (300 latidos a partir de los 15 minutos de finalizado el último período de ejercicio) en los tres protocolos. Se observó una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,05$) únicamente en el protocolo creciente. Es importante hacer notar que para detectar diferencias entre los períodos pre y post-ejercicio, idealmente éste último debería ser registrado inmediatamente finalizado el último período de ejercicio en el protocolo correspondiente. Sin embargo, el tipo de análisis empleado requiere un estado estacionario, vale decir, sin cambios significativos en la frecuencia cardíaca durante el período registrado. Esto no se logra hasta los 15 minutos posteriores a la finalización del ejercicio, siendo probable que para ese entonces ya hayan desaparecido los cambios en el balance autonómico, considerando la rapidez y corta duración de las respuestas simpática y parasimpática. Dicha limitante posiblemente afectó la posibilidad de detectar cambios en los otros dos protocolos, especialmente por el hecho de que finalizan con períodos de ejercicio de actividad moderada o leve.

Protocolo	Pre-ejercicio	Post-ejercicio	
Creciente	4,4 ± 0,9	14,2 ± 2,6	P < 0,05
Constante	4,9 ± 1,3	7,6 ± 1,4	ns
Decreciente	5,6 ± 1,2	10,3 ± 2,8	ns

Tabla II: Razón LF/HF pre- y post-ejercicio. Los valores corresponden al promedio ± EEM (n = 10). En la columna del extremo derecho se muestra la significancia estadística (ns: no significativo a una $P < 0,05$).

III. Cociente respiratorio

En las figuras 2, 3 y 4 se muestra el consumo de oxígeno durante los tres protocolos experimentales. Como es de esperar, a mayor intensidad de ejercicio existe un mayor consumo de oxígeno.

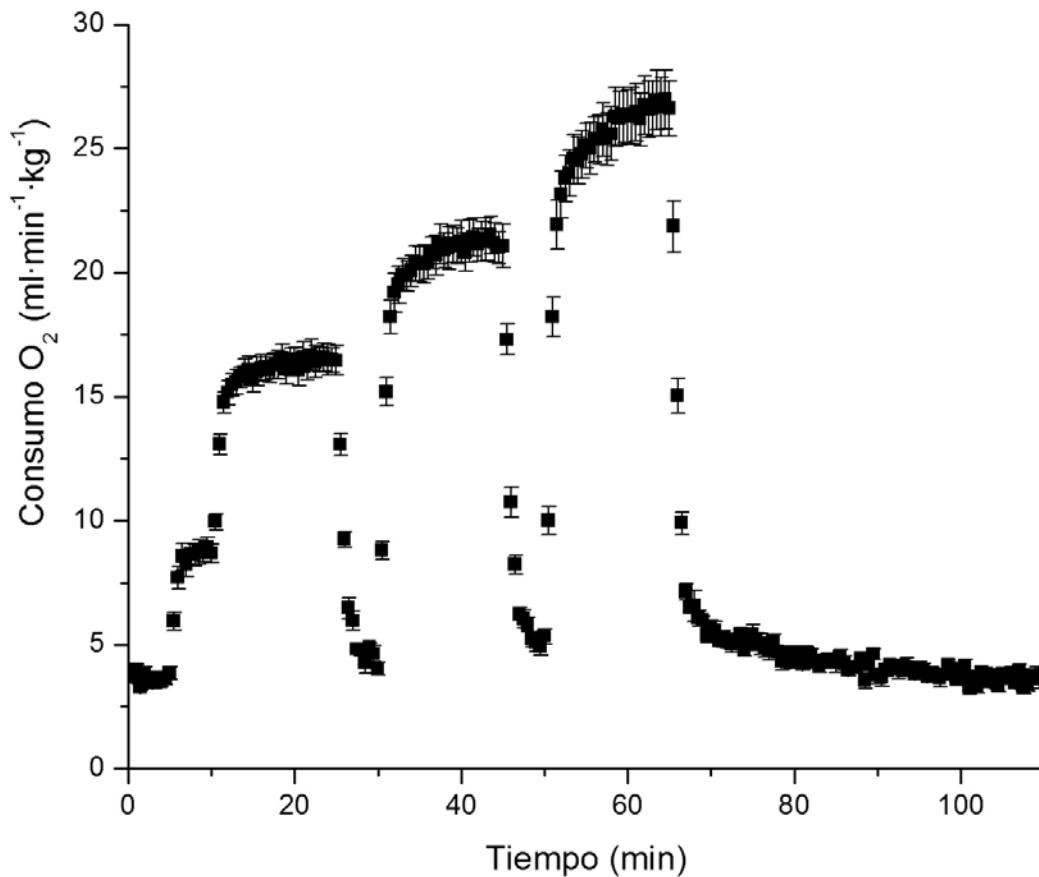


Figura 2: Consumo de oxígeno durante el protocolo experimental creciente. Los valores corresponden al promedio \pm EEM ($n = 10$).

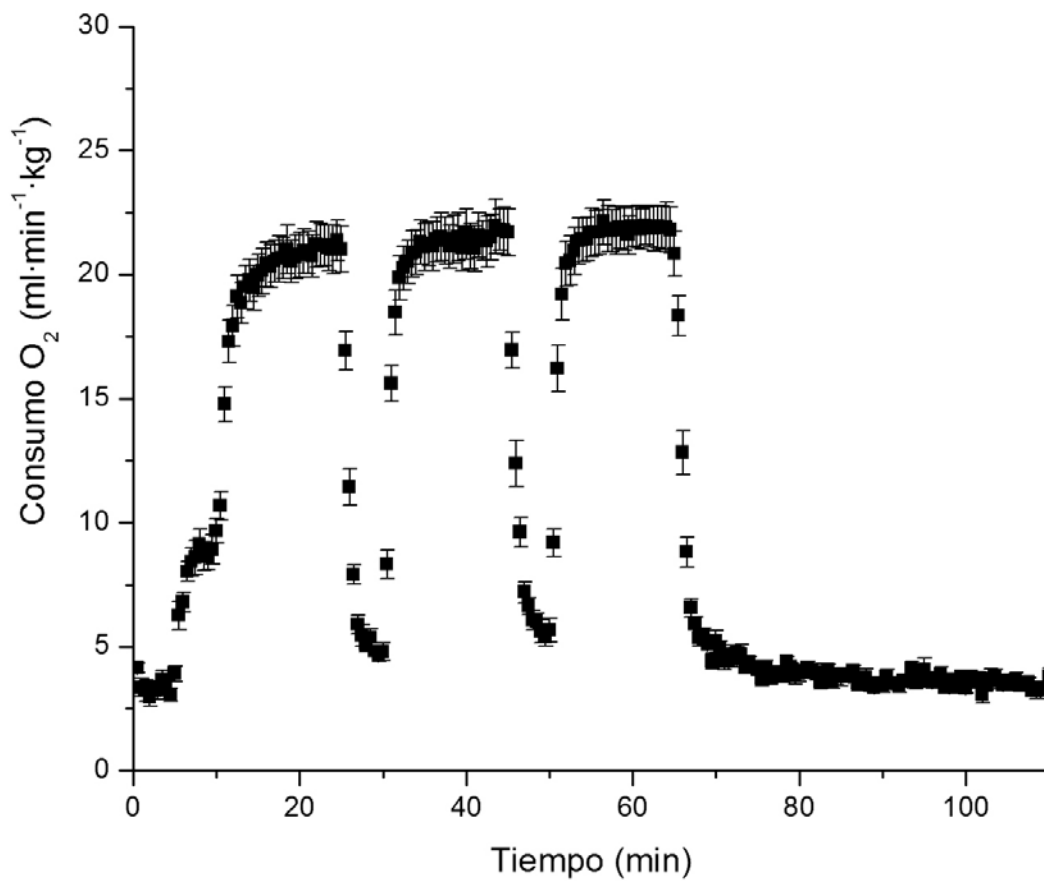


Figura 3: Consumo de oxígeno durante el protocolo experimental constante. Los valores corresponden al promedio \pm EEM (n = 10).

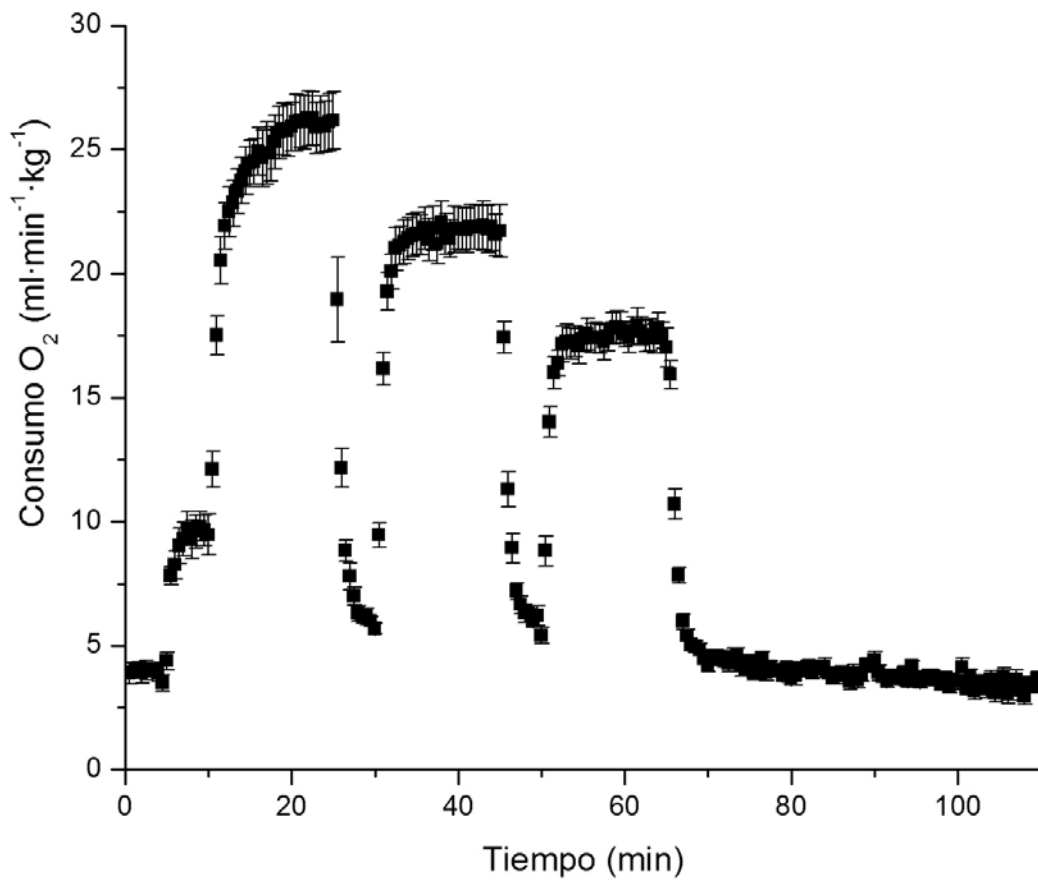


Figura 4: Consumo de oxígeno durante el protocolo experimental decreciente. Los valores corresponden al promedio \pm EEM ($n = 10$).

En las figuras 5, 6 y 7 se muestra la producción de dióxido de carbono durante los tres protocolos experimentales. Se observa que la producción de CO₂ es proporcional a la intensidad del ejercicio.

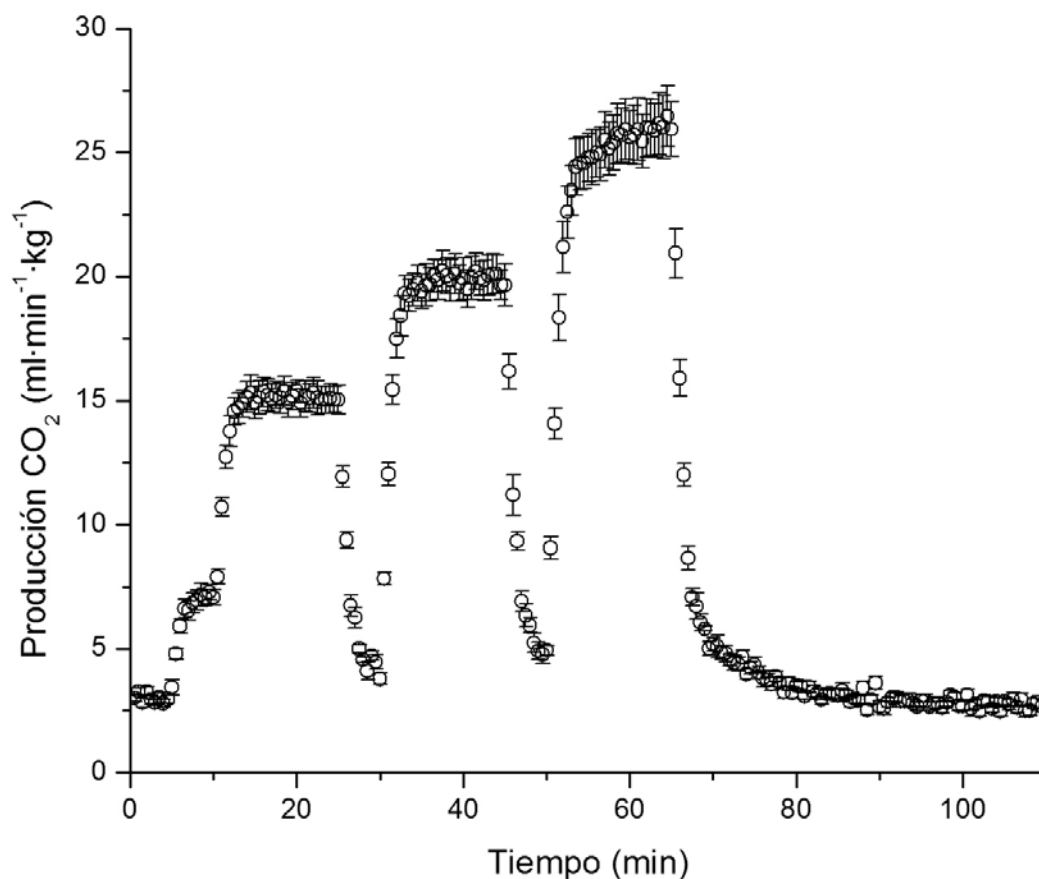


Figura 5: Producción de dióxido de carbono durante el protocolo experimental creciente. Los valores corresponden al promedio \pm EEM (n = 10).

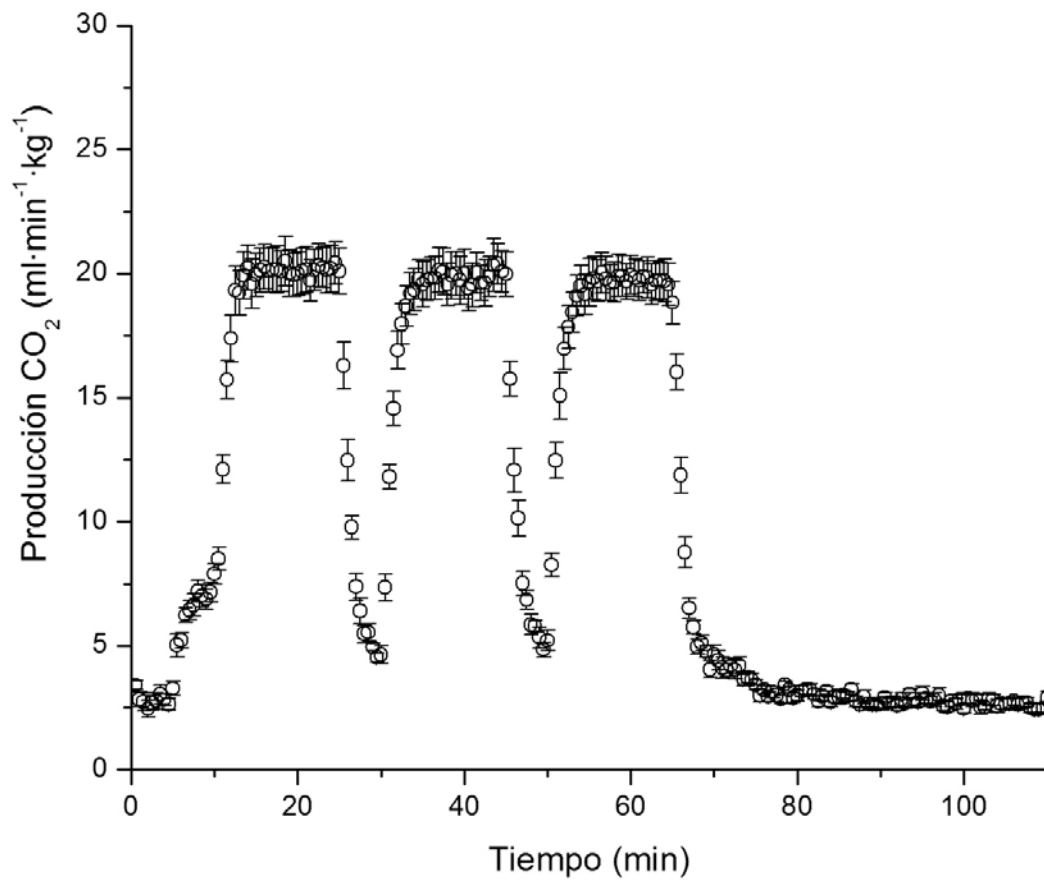


Figura 6: Producción de dióxido de carbono durante el protocolo experimental constante. Los valores corresponden al promedio \pm EEM ($n = 10$).

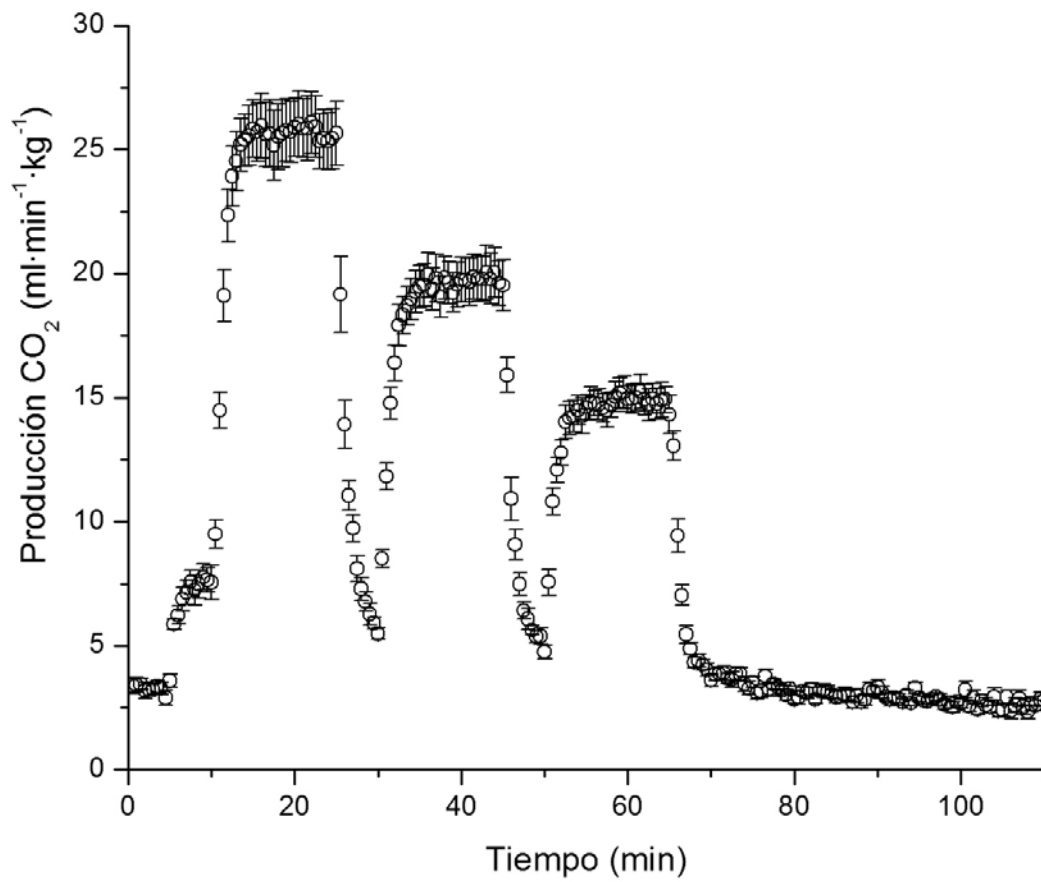


Figura 7: Producción de dióxido de carbono durante el protocolo experimental decreciente. Los valores corresponden al promedio \pm EEM (n = 10).

En las figuras 8,9 y 10 se muestran las variaciones del cociente respiratorio durante el desarrollo de los tres protocolos experimentales. Puede observarse que hay una variación del mismo en cada intervalo de ejercicio, aún en el de intensidad constante (Fig. 9), en donde se aprecia una disminución en la medida que el ejercicio progresa. Algo similar, pero más pronunciado se observa en el protocolo decreciente (Fig. 10) y lo inverso en el protocolo creciente (Fig. 8).

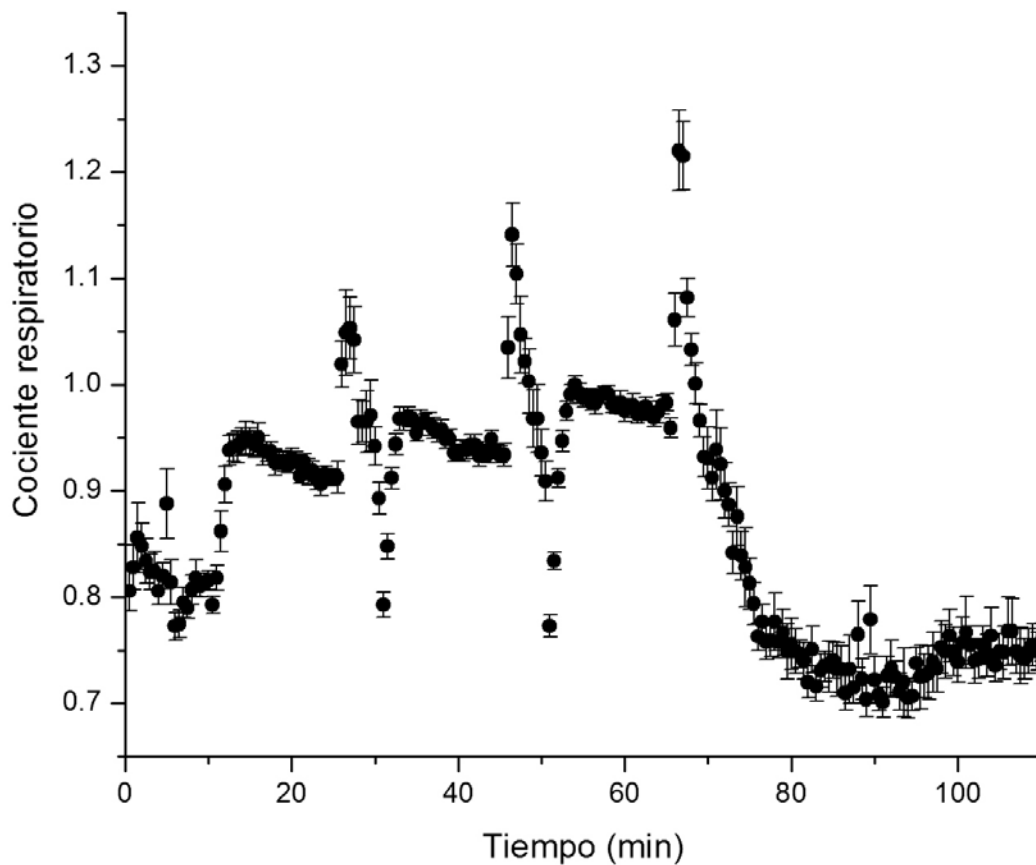


Figura 8: Cociente respiratorio durante el protocolo creciente. Los valores corresponden al promedio \pm EEM (n = 10).

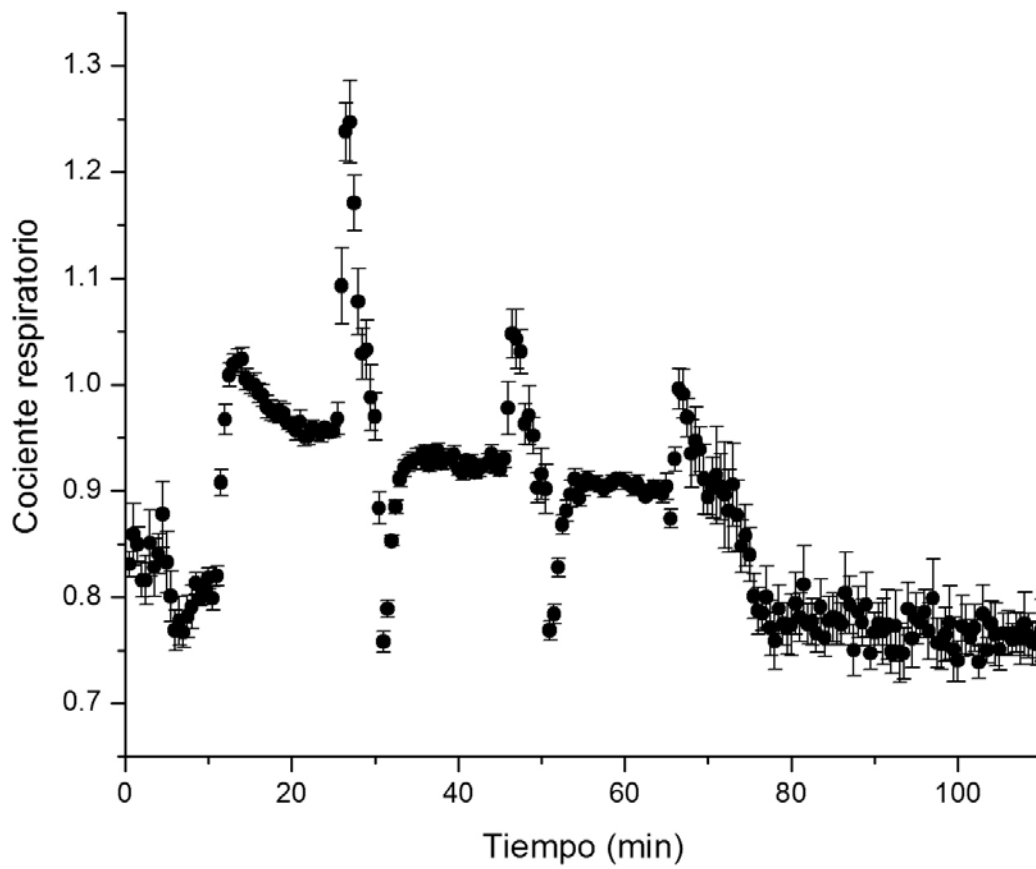


Figura 9: Cociente respiratorio durante el protocolo constante. Los valores corresponden al promedio \pm EEM (n = 10).

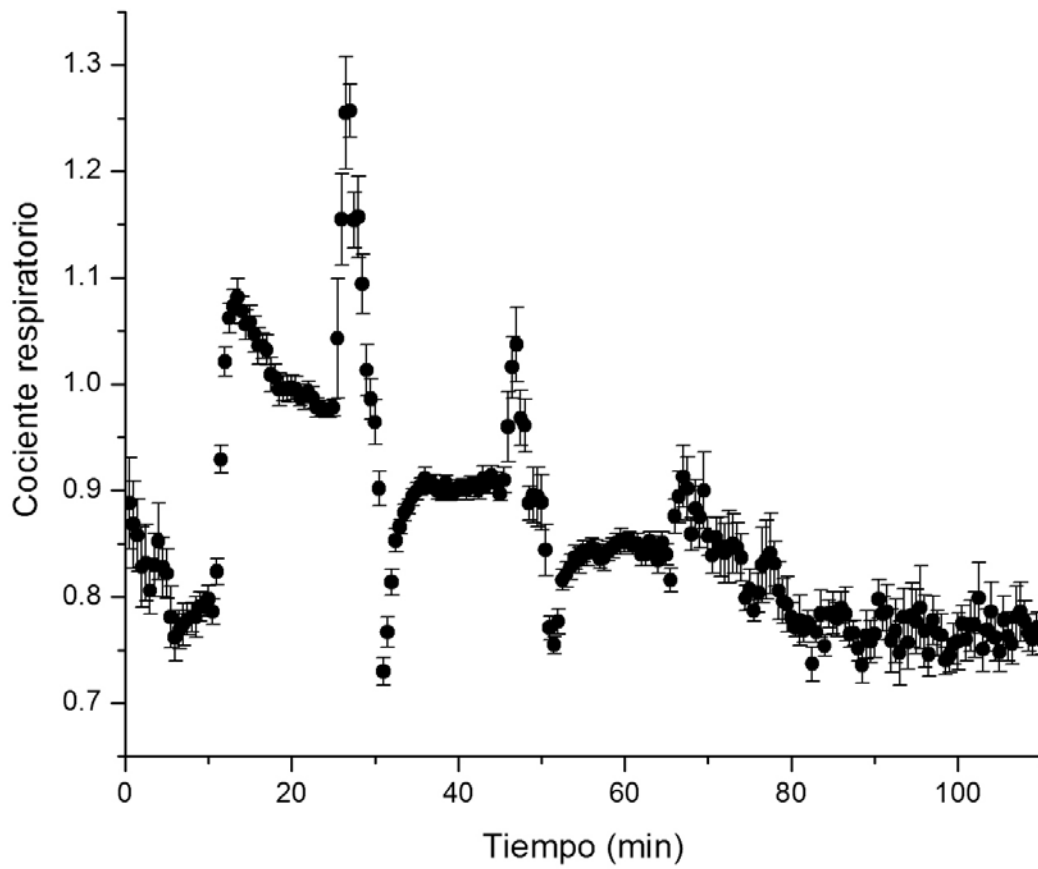


Figura 10: Cociente respiratorio durante el protocolo decreciente. Los valores corresponden al promedio \pm EEM (n = 10).

La diferencia más significativa ($P < 0,01$) se aprecia en los períodos de menor intensidad (40% PAp) de los protocolos creciente y decreciente. Por el contrario, los períodos de mayor intensidad en estos dos protocolos (70% PAp) carecen de diferencia (Figura 11).

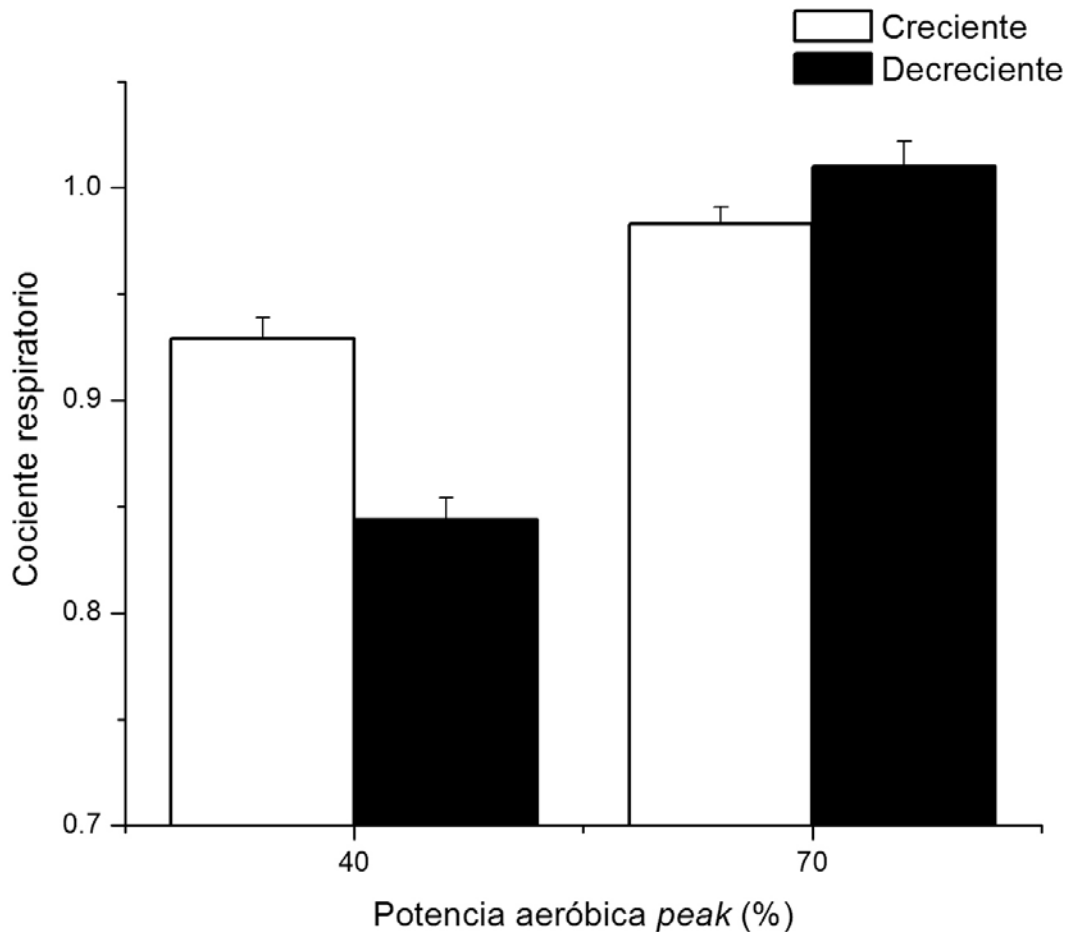


Figura 11: Cociente respiratorio promedio de los periodos de menor y mayor intensidad en los protocolos de ejercicio creciente y decreciente. Los valores corresponden al promedio \pm EEM ($n = 10$). Los valores del CR en los períodos de 40% PAp tienen una diferencia estadísticamente significativa entre sí ($P < 0,01$), en tanto que los de 70% PAp no.

Al comparar los períodos de ejercicio a 55% de la PAp en los tres protocolos (Fig. 12) se observan diferencias significativas entre los períodos creciente y decreciente ($P < 0,01$) e incluso entre el primer período del protocolo constante y los dos siguientes ($P < 0,01$).

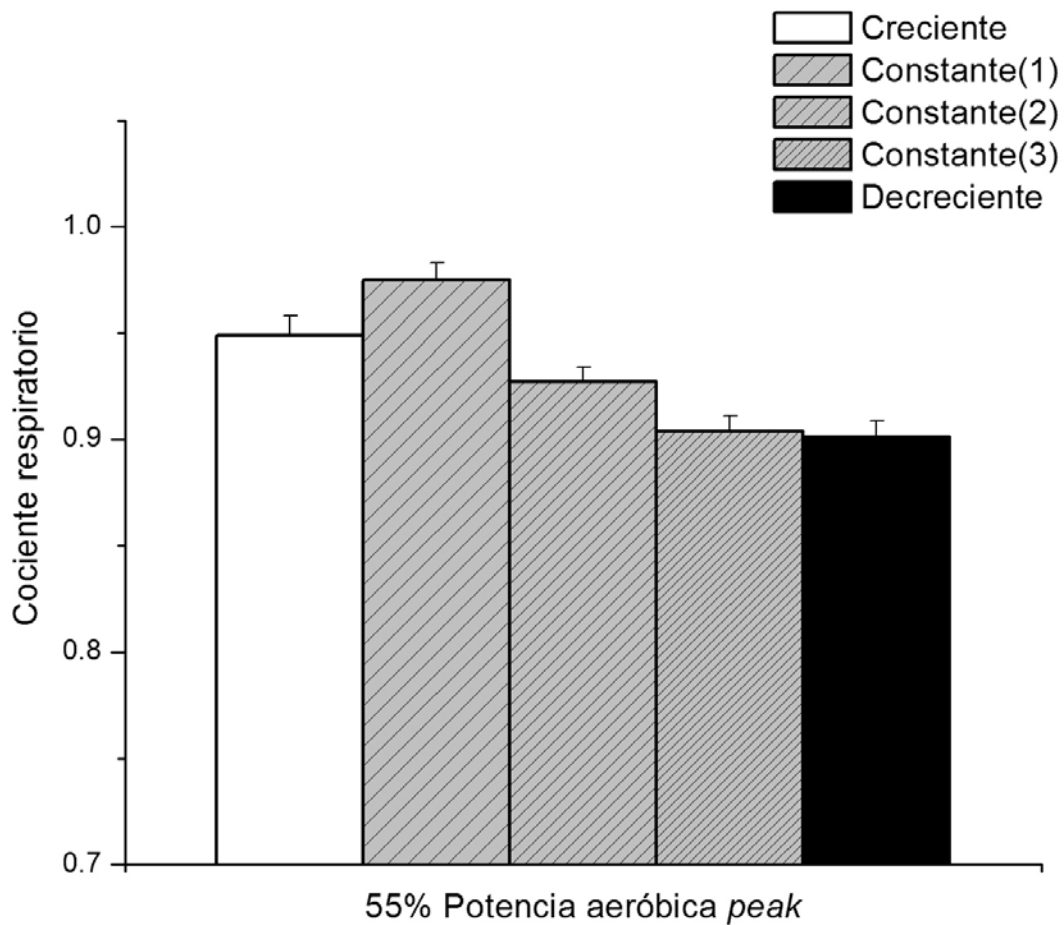


Figura 12: Cociente respiratorio promedio de los períodos de menor y mayor actividad en los protocolos de ejercicio creciente y decreciente. Los valores corresponden al promedio \pm EEM ($n = 10$). A excepción de las dos últimas barras a la derecha entre sí, todas las diferencias son estadísticamente significativas ($P < 0,01$).

Por otra parte, es posible observar que todos los protocolos de ejercicio disminuyen significativamente ($P < 0,01$) el CR con respecto a los valores pre-ejercicio. Sin embargo, no hay diferencias estadísticamente significativas entre los protocolos ni previo ni posterior al ejercicio (Fig. 13).

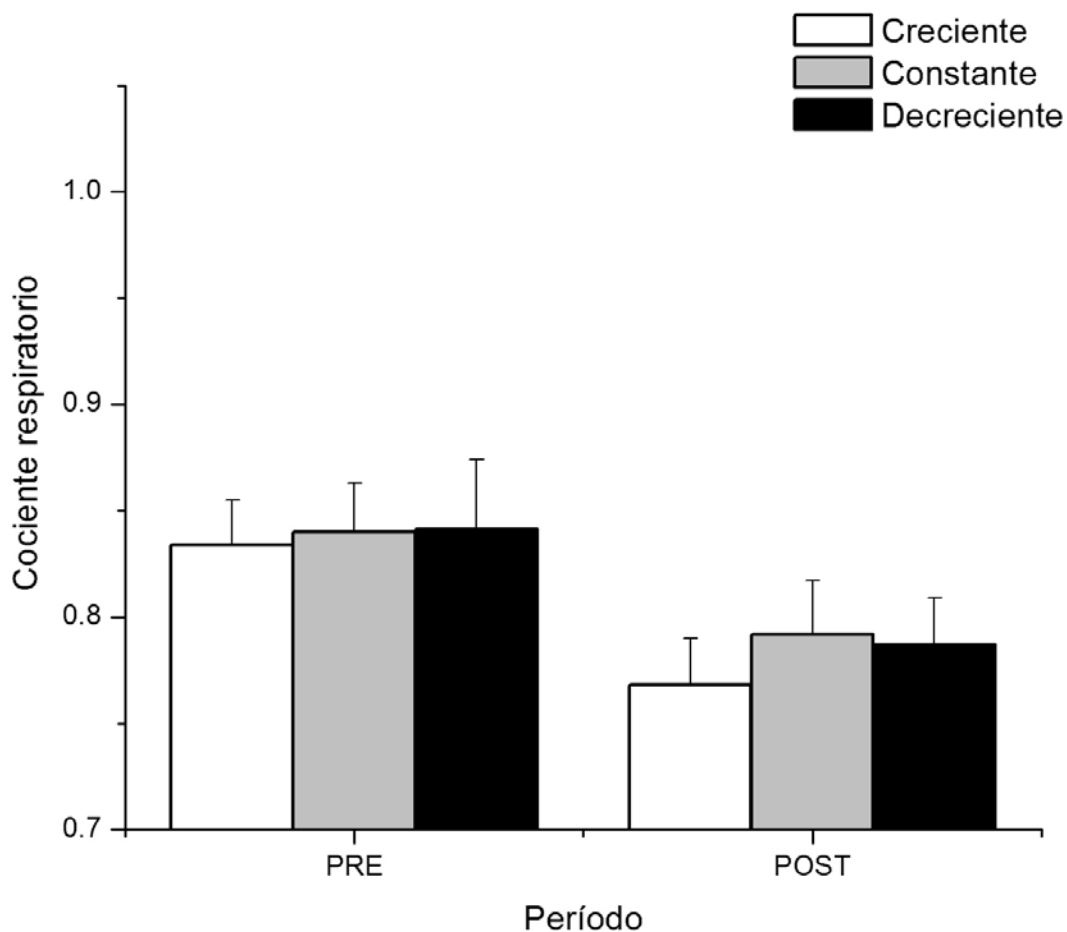


Figura 13: Cociente respiratorio promedio registrado en los 5 min previos y en los 45 min posteriores al ejercicio realizado en cada uno de los protocolos. Los valores corresponden al promedio \pm EEM ($n = 10$). Para un mismo protocolo, los valores del CR en los períodos pre y post ejercicio tienen una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,01$).

IV. Gasto energético

En las figuras 14, 15 y 16 se observa la tasa metabólica normalizada ($\text{cal}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) durante los tres protocolos experimentales. Si se comparan períodos de igual intensidad entre los protocolos, se observa que el consumo calórico es idéntico.

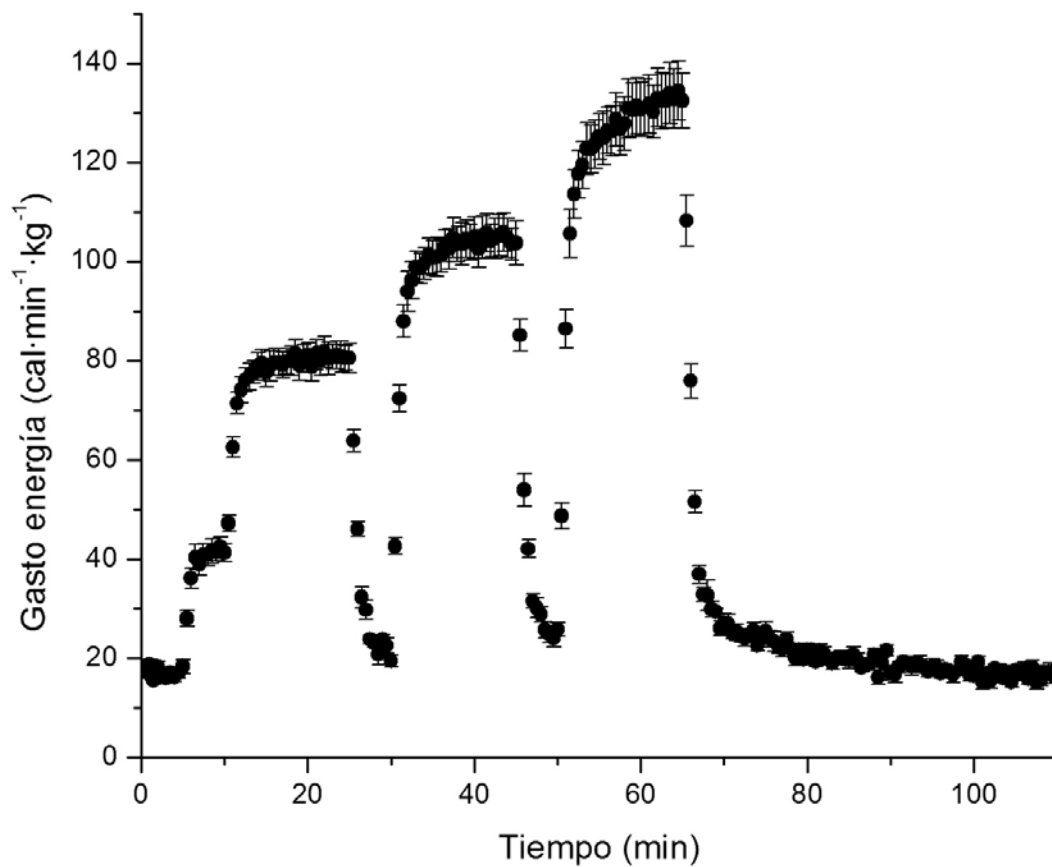


Figura 14: Tasa de consumo energético durante el protocolo experimental creciente.

Los valores corresponden al promedio \pm EEM ($n = 10$).

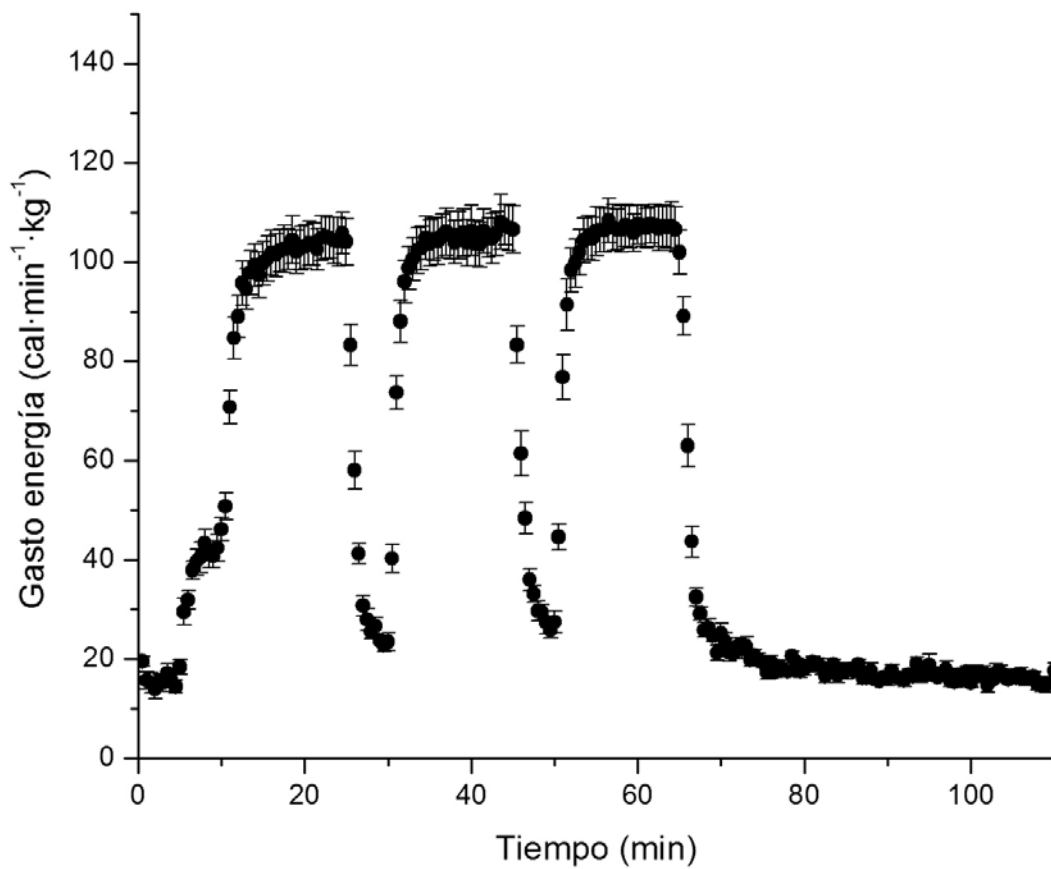


Figura 15: Tasa de consumo energético durante el protocolo experimental constante.

Los valores corresponden al promedio \pm EEM (n = 10).

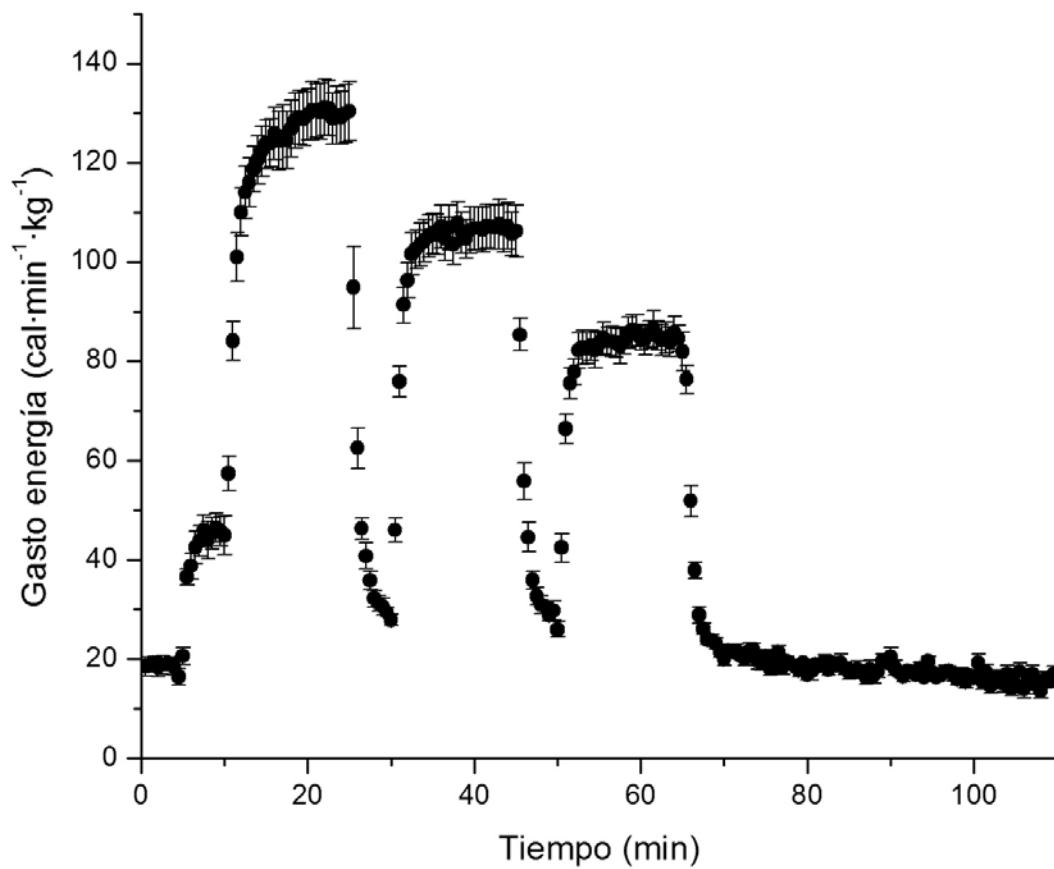


Figura 16: Tasa de consumo energético durante el protocolo experimental decreciente.

Los valores corresponden al promedio \pm EEM (n = 10).

Las figuras 17, 18 y 19 muestran el gasto energético acumulado a lo largo de los protocolos de ejercicio. La parte A de cada figura muestra el registro completo, en tanto que la parte B sólo los intervalos de ejercicio. Se observa que los protocolos de ejercicio son isocalóricos.

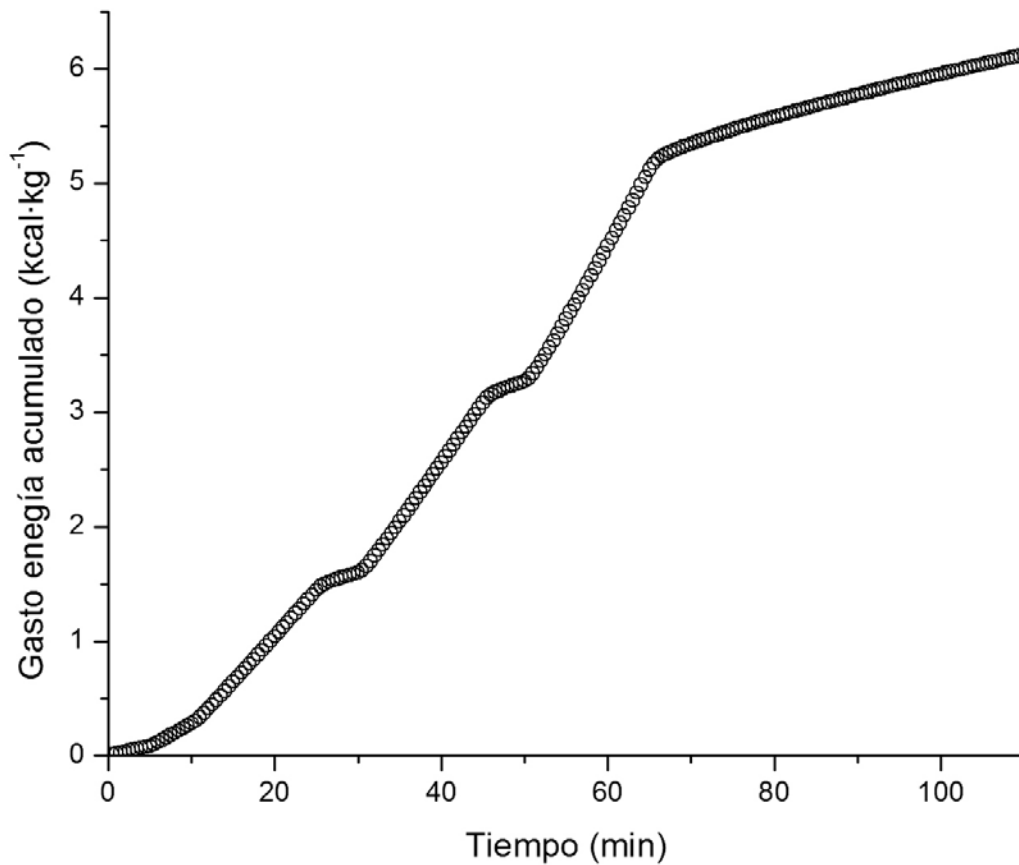


Figura 17A: Gasto energético acumulado en el protocolo creciente. Los valores corresponden al promedio ($n = 10$). Para una mayor claridad no se muestra el EEM. El gasto energético acumulado al final del período de ejercicio es de $6,0 \pm 0,2 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$.

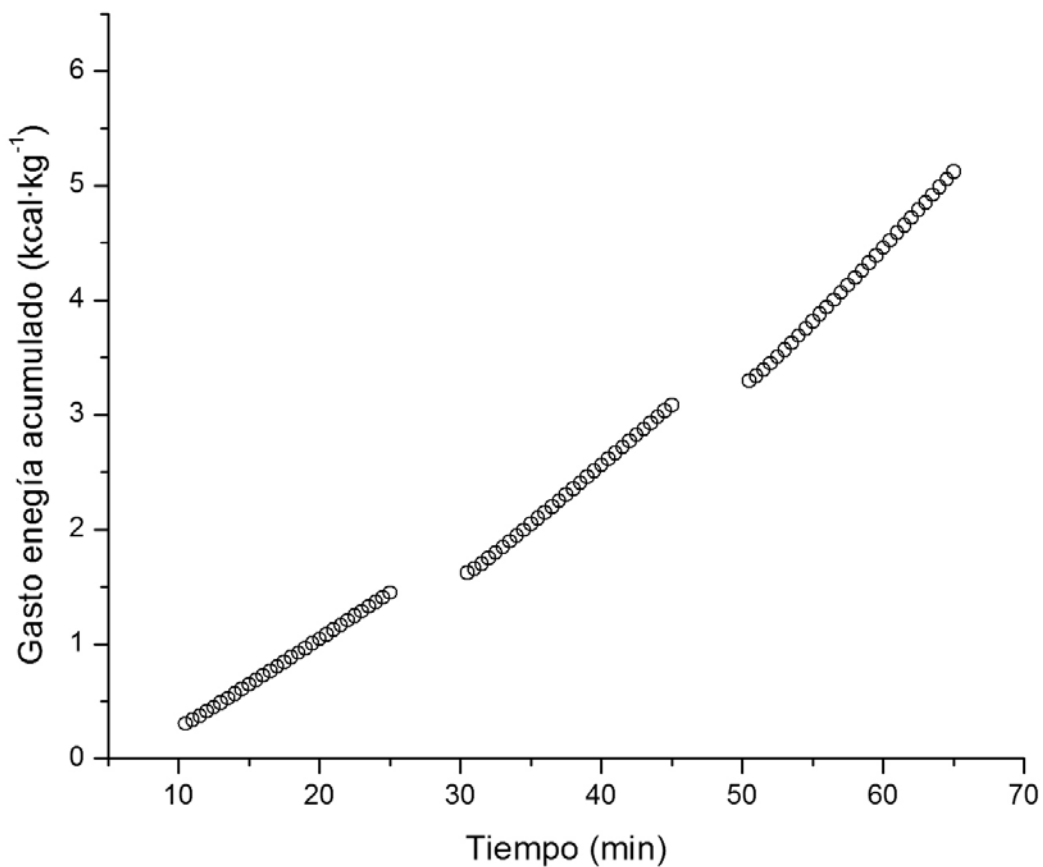


Figura 17B: Gasto energético acumulado en el protocolo creciente (sólo períodos de ejercicio). Los valores corresponden al promedio ($n = 10$). Para una mayor claridad no se muestra el EEM. Nótese el aumento de la pendiente con la mayor intensidad de los períodos de ejercicio.

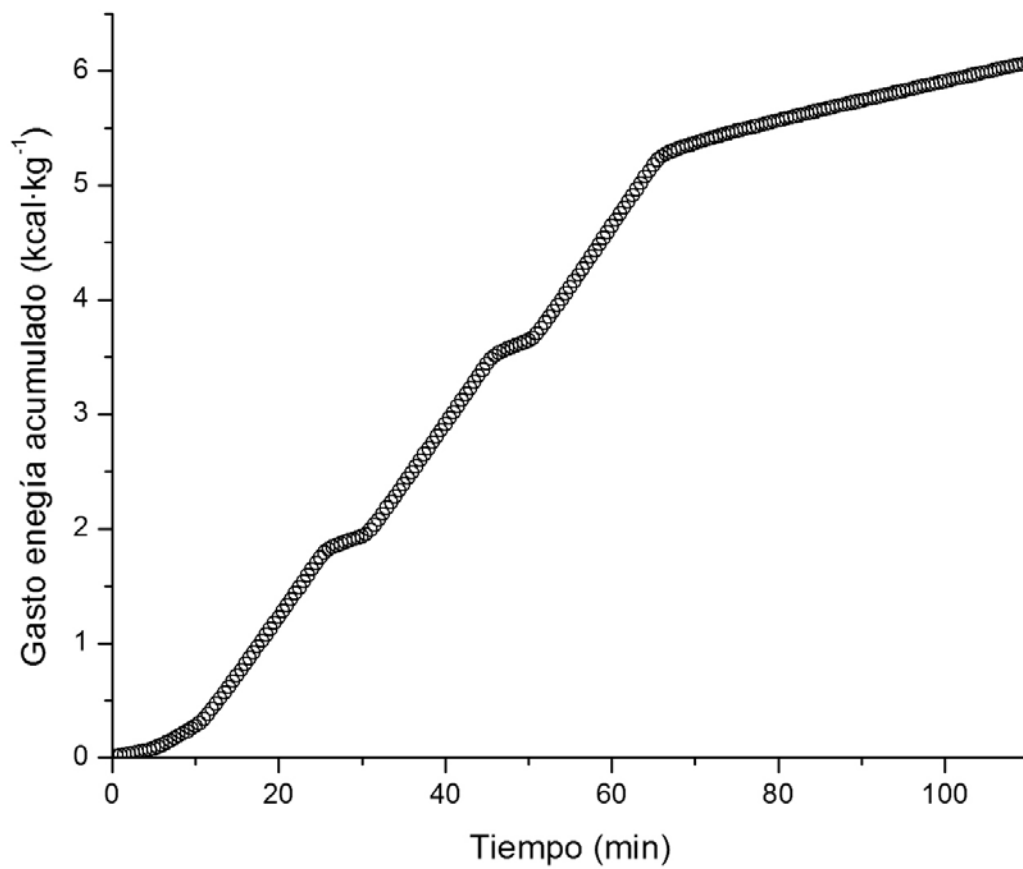


Figura 18A: Gasto energético acumulado en el protocolo constante. Los valores corresponden al promedio ($n = 10$). Para una mayor claridad no se muestra el EEM. El gasto energético acumulado al final del período de ejercicio es $5,9 \pm 0,2 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$.

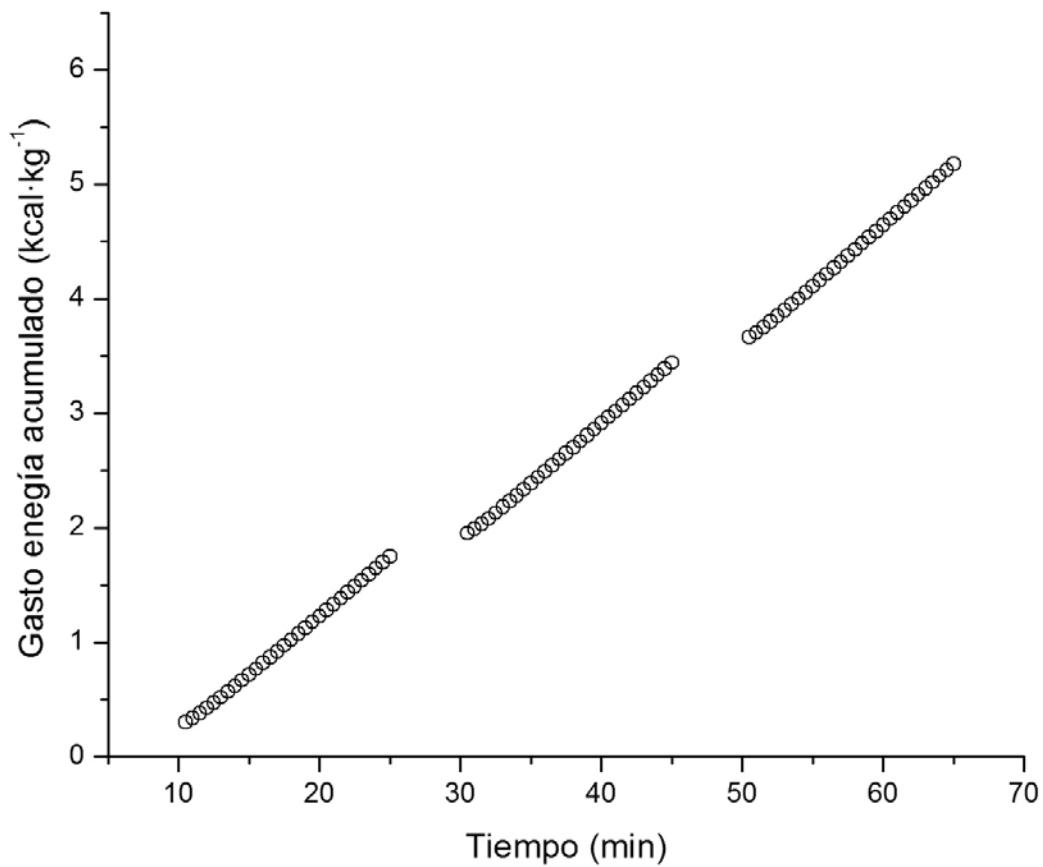


Figura 18B: Gasto energético acumulado en el protocolo constante (sólo períodos de ejercicio). Los valores corresponden al promedio (n = 10). Para una mayor claridad no se muestra el EEM. Nótese la mantención de la pendiente en los períodos de ejercicio.

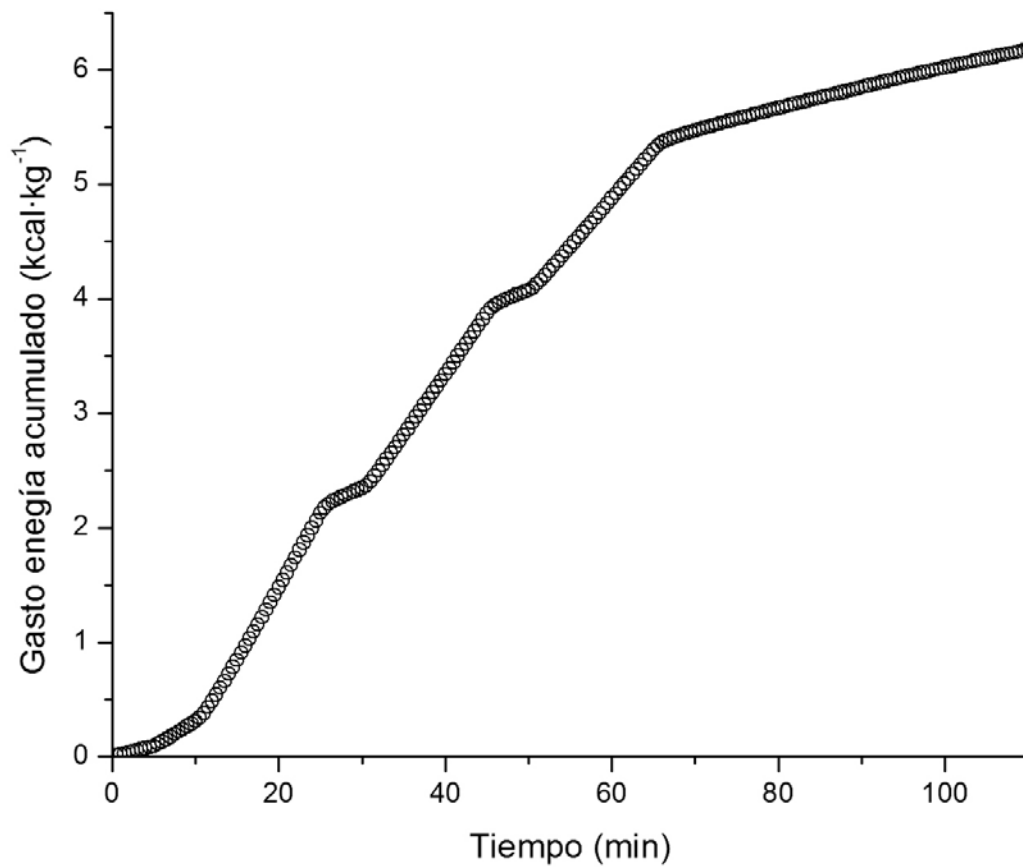


Figura 19A: Gasto energético acumulado en el protocolo decreciente. Los valores corresponden al promedio ($n = 10$). Para una mayor claridad no se muestra el EEM. El gasto energético acumulado al final del período de ejercicio es de $6,1 \pm 0,2 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$.

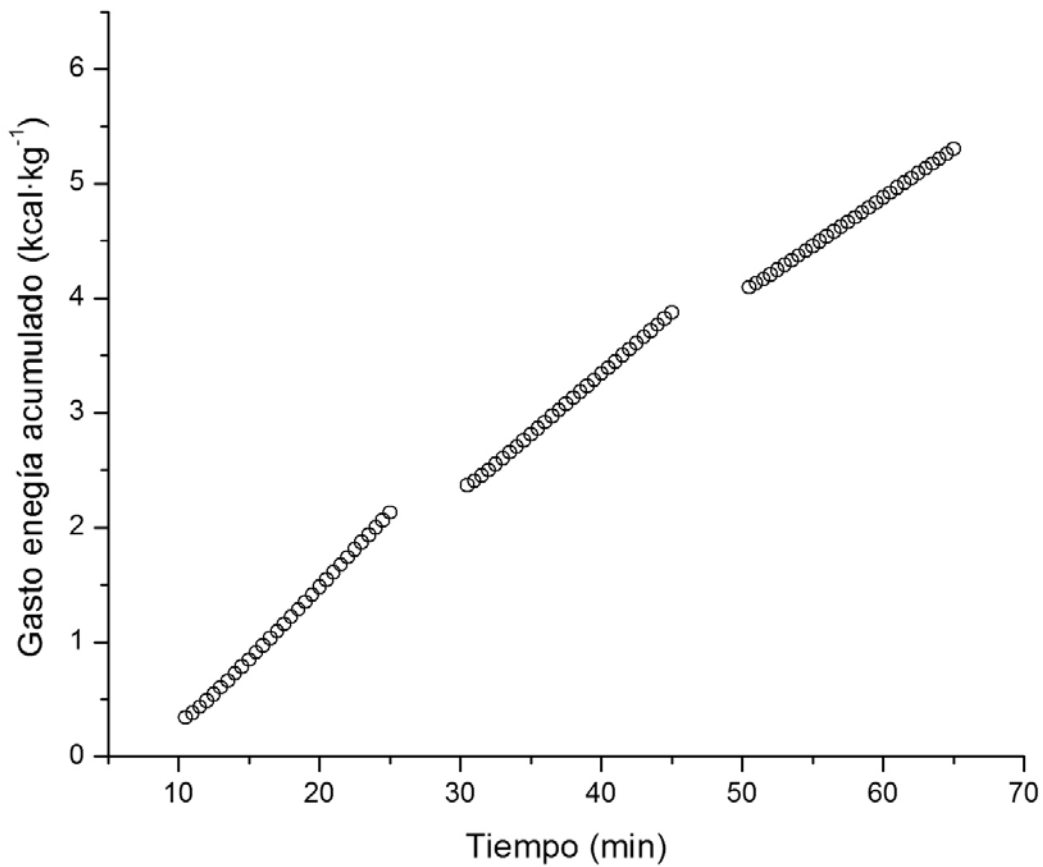


Figura 19B: Gasto energético acumulado en el protocolo decreciente (sólo períodos de ejercicio). Los valores corresponden al promedio (n = 10). Para una mayor claridad no se muestra el EEM. Nótese la disminución de la pendiente con la menor intensidad de los períodos de ejercicio.

En la figura 20 se representa el gasto calórico total, desglosado en las diferentes fases del protocolo experimental.

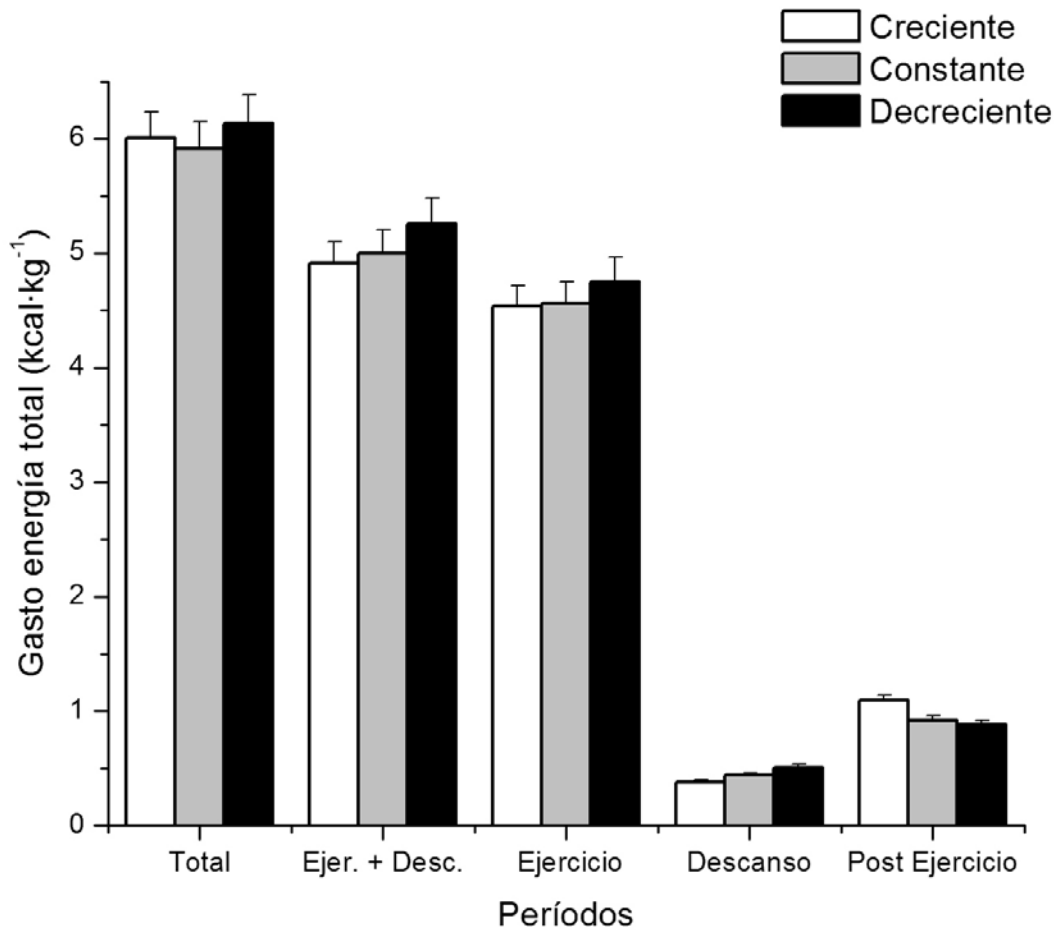


Figura 20: Gasto de energía durante todo el protocolo experimental y en los distintos períodos del mismo. Los valores corresponden al promedio \pm EEM ($n = 10$). Sólo se observan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre el protocolo creciente y los otros dos en el período post-ejercicio y en la suma de los dos períodos de descanso entre intervalos de ejercicio. Estas diferencias -opuestas y de baja magnitud- no inciden en el gasto calórico total, el cual no es diferente entre los tres protocolos. (Rango: $5,9 \pm 0,2 - 6,1 \pm 0,2 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$).

V. Oxidación de carbohidratos y grasas

De acuerdo al cociente respiratorio de cada período en cada uno de los protocolos de ejercicio resulta posible estimar la proporción de sustratos (hidratos de carbono y grasas) que están siendo oxidados. Las figuras 21, 22 y 23 muestran las calorías atribuibles a carbohidratos (expresado como equivalentes calóricos de glicógeno) y a grasas (expresado como equivalentes calóricos de un triglicérido representativo: palmitoil-estearoil-oleoil-glicerol).

Es posible apreciar marcadas diferencias al comparar los protocolos creciente y decreciente (figuras 21 y 23), en donde se evidencia que el orden de los períodos de ejercicio de distinta intensidad tiene un marcado efecto en el sustrato oxidado. Es así como en el primer período del protocolo de ejercicio creciente (figura 21), correspondiente a una intensidad del 40% de la PAp, la oxidación de grasas es notablemente inferior a la de carbohidratos; en cambio a la misma intensidad en el protocolo decreciente (tercer período de la figura 23), la contribución de ambos tipos de sustratos es similar.

En la figura 22 también se aprecia que el ejercicio en intervalos de intensidad constante causa un progresivo aumento en la oxidación de grasas en desmedro de la oxidación de carbohidratos, a pesar de que la intensidad se mantiene invariable.

Finalmente, es notable que durante el primer intervalo de ejercicio hubiera una caída progresiva en el consumo de carbohidratos -coincidente con una mayor utilización de grasas- en los tres protocolos experimentales, a pesar de las diferencias de intensidad entre los mismos. Esto apoya la idea que la disminución de las reservas de glicógeno causa un incremento en la utilización de triglicéridos, no sólo entre los intervalos de ejercicio, sino también dentro de un mismo intervalo (con la condición de que las reservas de carbohidratos se encuentren elevadas, tal como ocurre en el primer intervalo de ejercicio de cada protocolo).

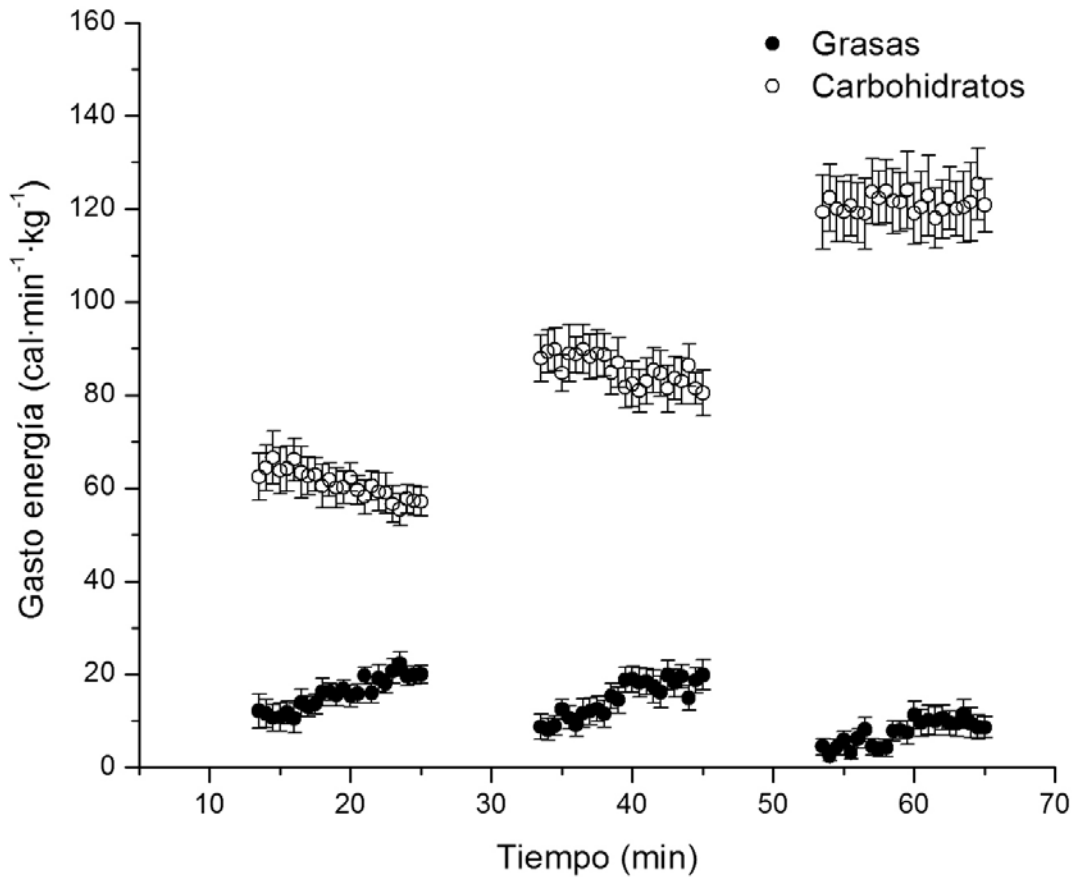


Figura 21: Tasa de consumo energético atribuible a carbohidratos y grasas durante el protocolo de ejercicio creciente. Los valores corresponden al promedio \pm EEM ($n = 10$). Para mayor claridad, no se muestran los valores de los tres primeros minutos de cada intervalo de ejercicio debido a la variabilidad del CR en dicho período. Nótese el mayor aporte calórico debido a carbohidratos, aún en el período de menor intensidad (40% de la PAp; 13 a 25 min).

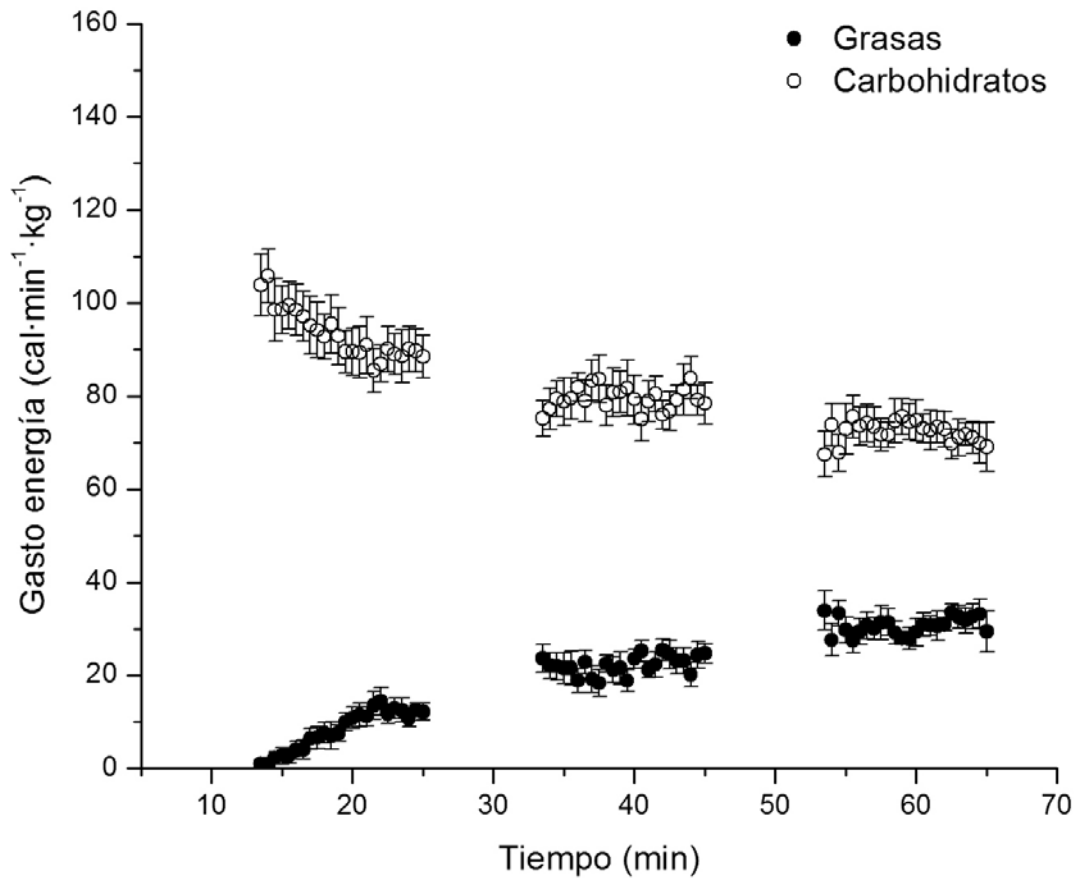


Figura 22: Tasa de consumo energético atribuible a carbohidratos y grasas durante el protocolo de ejercicio constante. Los valores corresponden al promedio \pm EEM ($n = 10$). Para mayor claridad, no se muestran los valores de los tres primeros minutos de cada intervalo de ejercicio debido a la variabilidad del CR en dicho período. Nótese el mayor aporte energético debido a grasas en la medida que progresa el protocolo, a pesar de la intensidad constante de los intervalos de ejercicio.

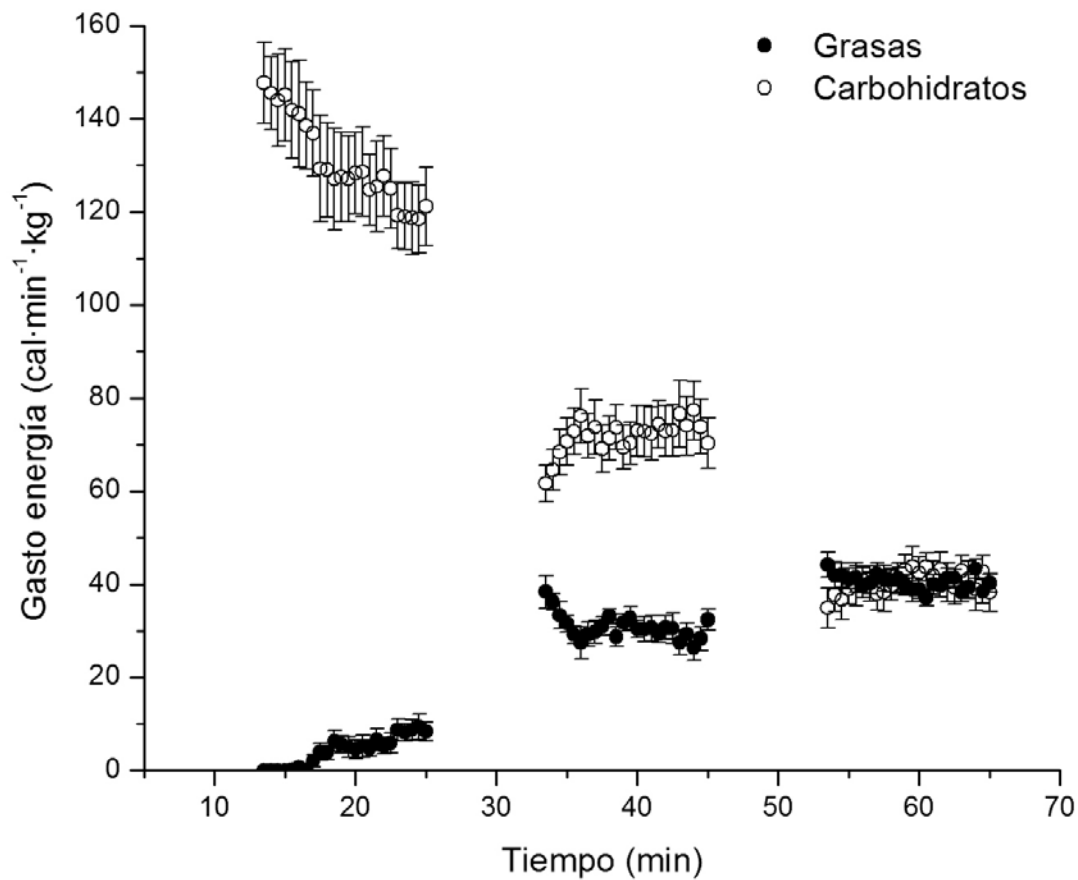


Figura 23: Tasa de consumo energético atribuible a carbohidratos y grasas durante el protocolo de ejercicio decreciente. Los valores corresponden al promedio \pm EEM ($n = 10$). Para mayor claridad, no se muestran los valores de los tres primeros minutos de cada intervalo de ejercicio debido a la variabilidad del CR en dicho período. Nótese que el aporte energético debido a grasas y carbohidratos es equivalente en el período de menor intensidad (40% de la PAp; 53 a 65 min), a diferencia de lo que se observa en el período equivalente de la figura 21.

En la figura 24 se muestra el consumo de carbohidratos desglosado en los distintos períodos del protocolo experimental.

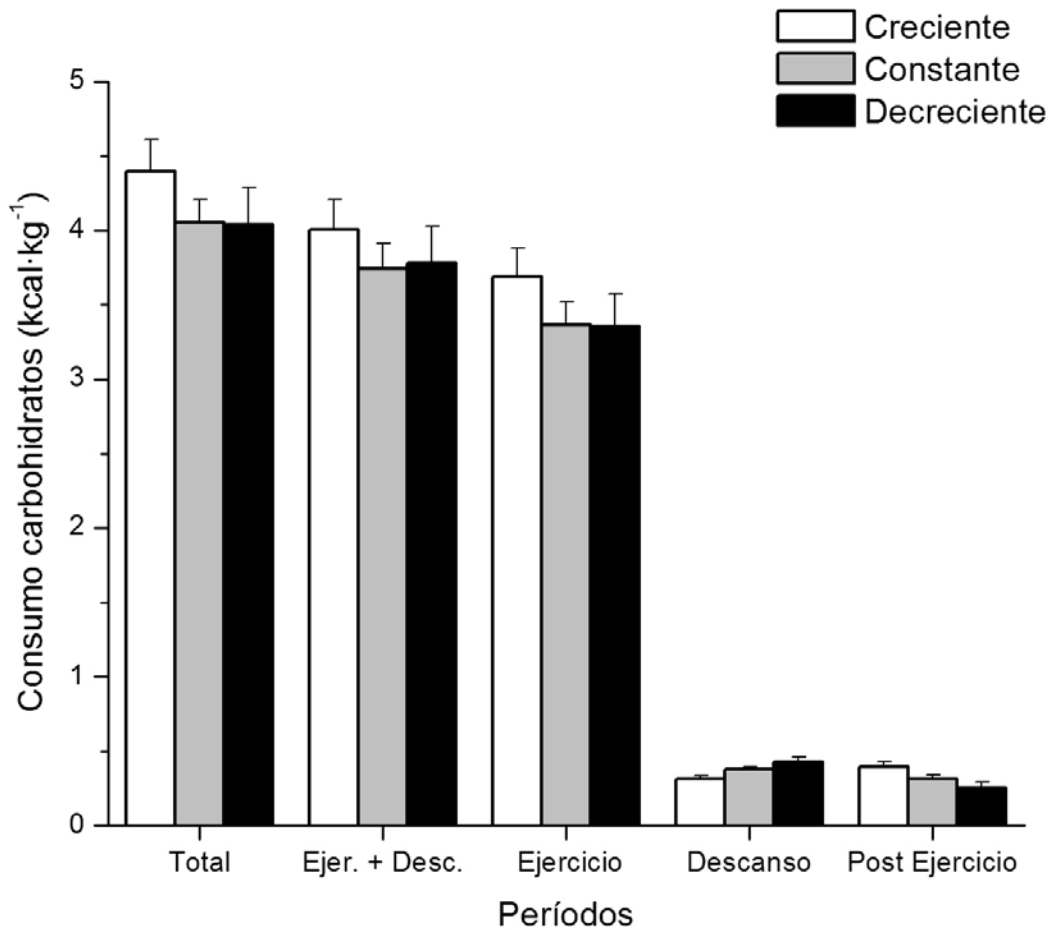


Figura 24: Consumo de carbohidratos durante todo el protocolo experimental y en los distintos períodos del mismo. Los valores corresponden al promedio \pm EEM ($n = 10$). Las calorías atribuibles a carbohidratos son significativamente mayores ($P < 0,01$) en todos los períodos del protocolo creciente, salvo en la suma de los dos períodos de descanso entre intervalos de ejercicio, en donde es significativamente menor ($P < 0,01$).

En la figura 25 se muestra el consumo de grasas desglosado en los distintos períodos del protocolo experimental.

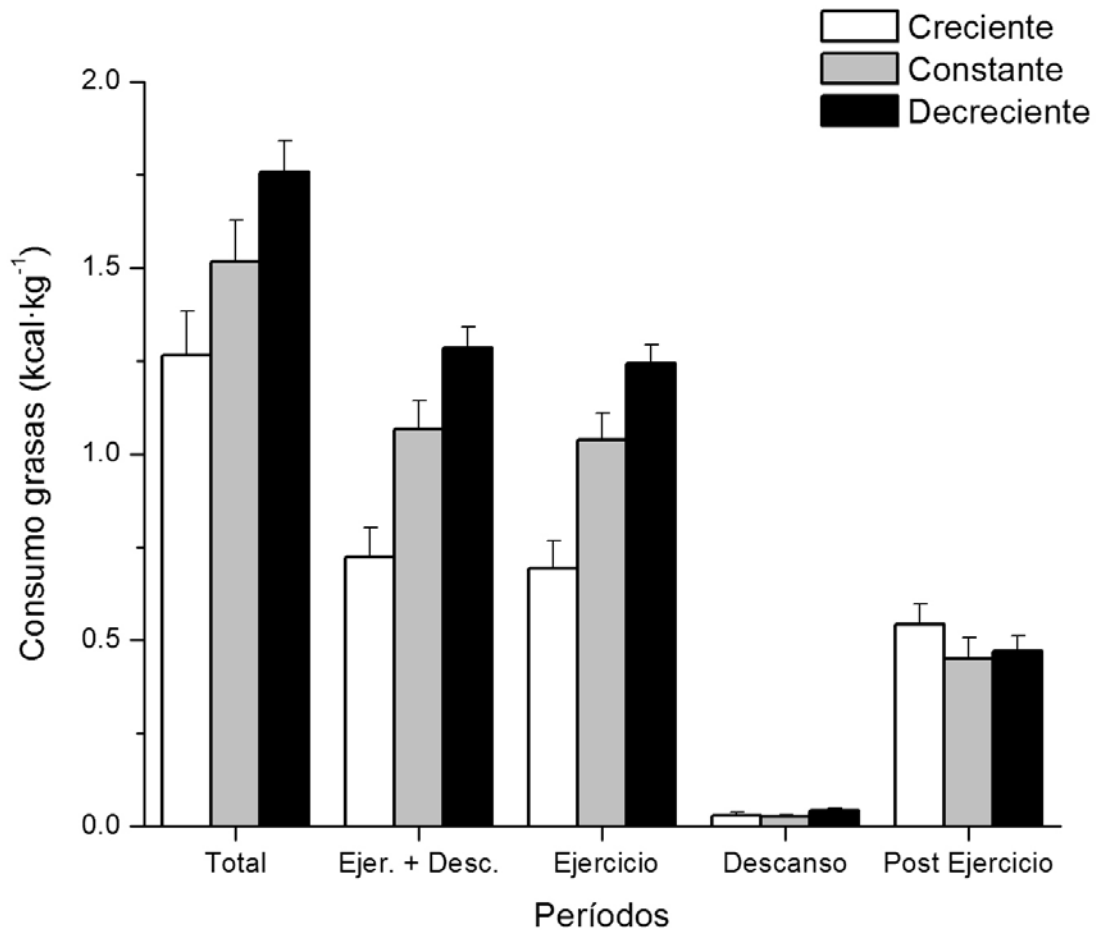


Figura 25: Consumo de grasas durante todo el protocolo experimental y en los distintos períodos del mismo. Los valores corresponden al promedio \pm EEM ($n = 10$). En todas las situaciones que incluyen a los períodos de ejercicio (“Total”, “Ejer. + Desc.” y “Ejercicio”) las diferencias observadas entre los protocolos son significativas ($P < 0,01$ para “Ejer. + Desc.” y “Ejercicio”; y $P < 0,05$ para “Total”).

En la figura 26 se representa la contribución porcentual de carbohidratos y grasas al gasto energético asociado a la suma de los tres intervalos de ejercicio en cada protocolo.

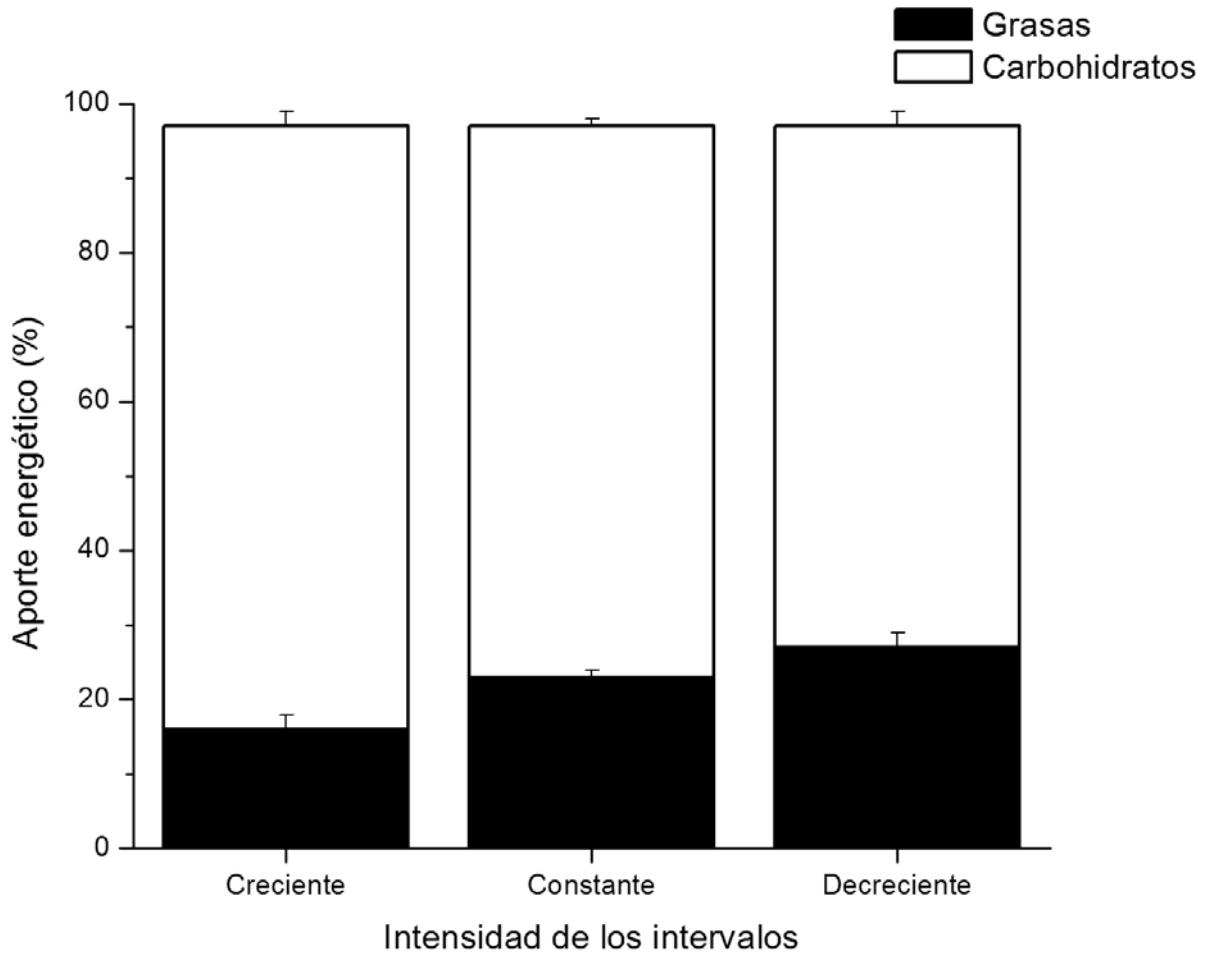


Figura 26: Aporte energético relativo de carbohidratos y grasas en los tres protocolos experimentales. Los valores corresponden al promedio \pm EEM ($n = 10$). Se aprecia que existen diferencias significativas ($P < 0,01$ entre “Creciente” y los otros dos protocolos y $P < 0,05$ entre “Constante” y “Decreciente”) tanto en el aporte relativo de grasas como en el de carbohidratos entre los tres protocolos.

VI. Percepción del esfuerzo realizado

Finalmente, en relación a la percepción del esfuerzo realizado al final de cada sesión de ejercicio se obtuvieron como resultados un promedio (\pm EEM) de $16,4 \pm 0,7$ (duro - muy duro) para el protocolo creciente; $14,1 \pm 0,4$ (algo duro - duro) para el protocolo constante; y $12,2 \pm 0,3$ (moderado - algo duro) para el protocolo decreciente, siendo todas estas diferencias significativas ($P < 0,01$) (figura 27).

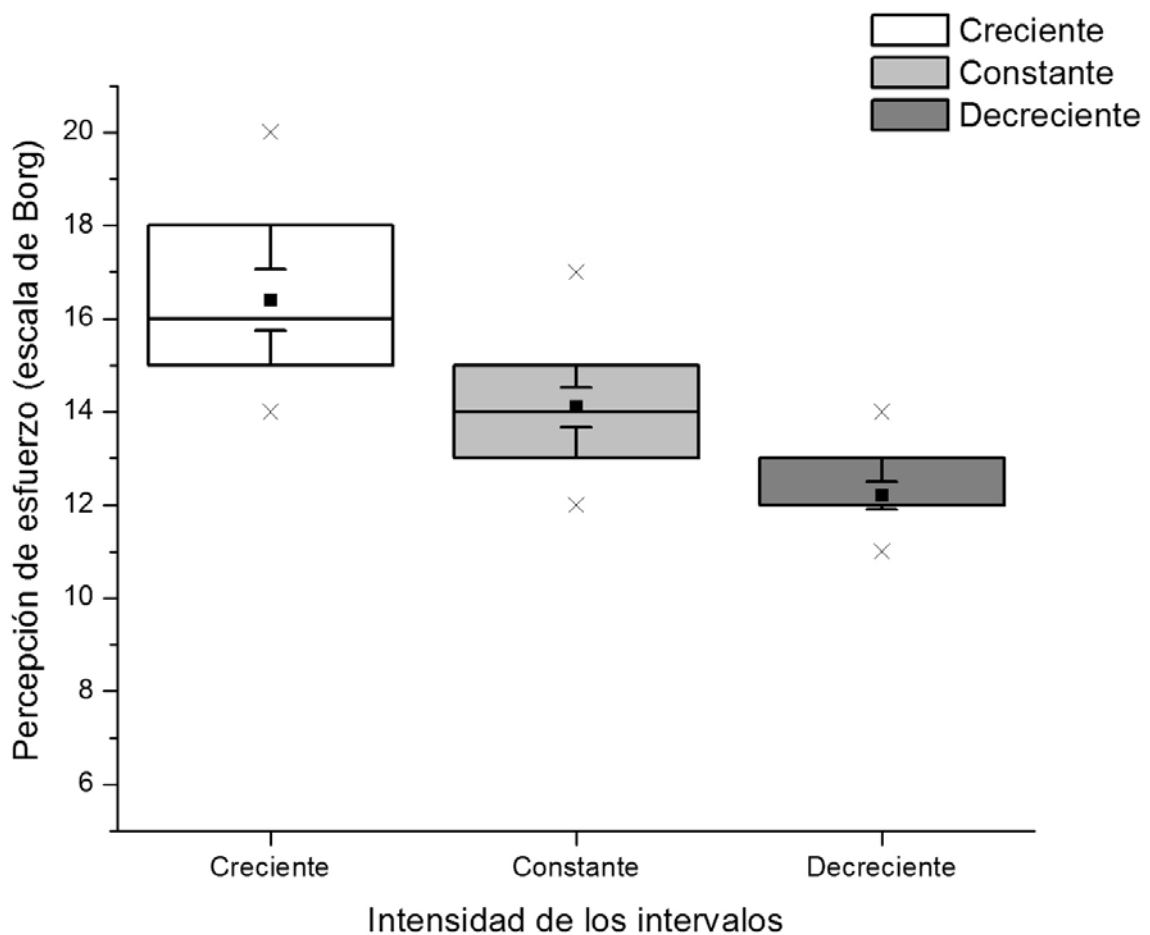


Figura 27: Percepción de esfuerzo en los distintos protocolos de ejercicio. Las cajas representan el rango 25-75%, la línea central indica la mediana, el símbolo "■" muestra la media, los bigotes indican el EEM y los símbolos "X" señalan los valores extremos. (n = 10).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos comprueban la hipótesis formulada en la presente tesis, vale decir que, a igual duración total e intensidad promedio, el ejercicio realizado en intervalos de intensidad decreciente es más efectivo en la oxidación de grasas que el realizado en intervalos de intensidad creciente o constante en individuos sanos, sedentarios y con índice de masa corporal elevado.

Si bien es cierto que los mecanismos que subyacentes al fenómeno observado no están esclarecidos del todo y su estudio se escapa de los objetivos del presente trabajo, es pertinente destacar que los antecedentes disponibles hacen plausible una explicación en la cual tienen cabida tanto mecanismos neuroendocrinológicos sistémicos como fenómenos bioquímicos a nivel de la célula muscular.

Al respecto, existen varias observaciones que demuestran una respuesta neuroendocrinológica potenciada (principalmente simpático-adrenérgica) en el ejercicio en intervalos, en comparación con el continuo, la que favorecería un estado lipolítico. Es así, como resulta pertinente mencionar que:

- a) Se ha demostrado en diferentes estudios que la liberación de catecolaminas es significativamente mayor en los segundos períodos de ejercicio en intervalos en comparación a los primeros, lo que promueve la lipólisis (13-17).
- b) Adicionalmente, es esperable que la liberación episódica de catecolaminas cause una menor desensibilización que la liberación continua, dada la gran *down regulation* que presentan los receptores adrenérgicos frente a la exposición

prolongada al agonista (30,31) Esto obviamente incrementaría la respuesta metabólica tanto en el músculo esquelético como en el tejido adiposo.

- c) También se han observado disminuciones significativamente mayores de insulina, un poderoso agente anti-lipolítico, en los intervalos posteriores al primero, lo que favorece la utilización de ácidos grasos libres (13-17). Parte o la totalidad de este efecto puede deberse a la mayor actividad adrenérgica, comentada en el párrafo precedente, ya que es sabido que la activación de receptores alfa-adrenérgicos en la célula beta del islote pancreático provocan una potente inhibición de la secreción de insulina (32)
- d) Además de las hormonas anteriores, la mayor secreción de cortisol (13) y de péptido natriurético auricular (33), así como un aumento en la producción de interleuquinas (IL), particularmente IL-6 (17), que se observan en estos protocolos de ejercicio a intervalos -en comparación con ejercicio continuo- contribuirían a una mayor utilización de grasas, puesto que todas estas sustancias también tienen una marcada acción lipolítica.

El resultado final de toda esta respuesta neuroendocrinológica potenciada, particularmente la mayor proporción epinefrina/insulina plasmáticas, asociada a la mayor disminución de la glicemia que se registra en el ejercicio en intervalos en comparación con el ejercicio continuo (14,15), crean un ambiente marcadamente lipolítico que sustenta la efectividad de este tipo de ejercicios en la oxidación de grasas.

Por otra parte, a nivel del metabolismo de la fibra muscular esquelética se ha demostrado que los niveles de glicógeno de la misma afectan la actividad de la AMP-quinasa (AMPK), una enzima cuya actividad promueve la captación y utilización de glucosa y ácidos

grasos libres plasmáticos por parte del músculo (34). Puesto que la AMPK es activada por AMP, un metabolito que aumenta en la medida que disminuye la carga energética de la célula, se considera que esta enzima juega un papel pivotal en la regulación de los flujos metabólicos dentro del músculo, actuando como un verdadero “sensor energético” y activando la oxidación de ácidos grasos y carbohidratos (35,36). La reciente demostración de que la enzima posee una subunidad que une glicógeno y que esta unión lleva a la inhibición de la misma (23), sustenta la idea de que el glicógeno, aparte de su condición de reserva energética, es un regulador activo de la oxidación de hidratos de carbono y, en mayor medida, de ácidos grasos. De esta manera, la disminución de glicógeno intramuscular (propia de un ejercicio de alta intensidad) provocaría la activación de la AMPK, favoreciendo el *switch* metabólico que conduce a una mayor oxidación de ácidos grasos (23,34-36). Es por ello que la realización de una sesión de ejercicio precedida por otra sesión, como ocurre en el ejercicio en intervalos, implica una situación donde el sujeto presenta una disminución de sus niveles de glicógeno en la segunda sesión respecto a la primera, siendo esta condición capaz de activar de manera importante a la AMP kinasa (AMPK) (23,35-36). Lógicamente, mientras mayor sea la intensidad del período de ejercicio precedente, más disminuidos se hallarán los niveles de glicógeno en el período de ejercicio subsecuente y más se incrementará el consumo de grasas, no sólo por la carencia del sustrato alternativo, sino por la estimulación del catabolismo lipídico debido a la activación de la AMPK.

Los mecanismos hormonales y metabólicos anteriormente descritos son potencialmente sinérgicos y, debido a una mayor disminución inicial del glicógeno, podrían dar cuenta de la mayor oxidación de grasas que se observó en este trabajo con el protocolo de ejercicio en intervalos de intensidad decreciente.

Otro factor que potencialmente podría favorecer una mayor lipólisis en el protocolo de intervalos de intensidad decreciente es la menor producción de lactato que se observó al final de dicho protocolo, puesto que existen recientes evidencias de que este metabolito actúa a nivel de tejido adiposo como una señal antilipolítica, actuando a nivel de receptores GPR81 asociados a la inhibición de la adenilil ciclase en adipocitos (37). De hecho, la relación inversa existente entre la concentración de lactato en el plasma y la oxidación de grasas se encuentra muy bien documentada desde hace un tiempo (20).

Más allá de los potenciales mecanismos fisiológicos y bioquímicos que pudieran estar dando cuenta de los efectos observados es relevante destacar que el presente trabajo es el primero que ensaya este tipo de protocolos de ejercicio en intervalos breves en sujetos con elevado índice de masa corporal. Cabe hacer notar, eso sí, que el grupo de individuos reclutados para el presente estudio no presentaba patologías metabólicas y es por ello que se debe ser muy cauto en lo que respecta a proyectar las conclusiones de este trabajo a la población general de individuos con elevado índice de masa corporal, en donde las patologías de carácter metabólico son frecuentes.

Los resultados obtenidos, sumados al hecho de que los protocolos de ejercicio empleados en este estudio son de corta duración y que el más efectivo en causar oxidación de grasas es también el que los sujetos experimentales perciben como menos agotador (intervalos decrecientes), resultan particularmente promisorios en la aplicación práctica de estos hallazgos .

Al respecto, es necesario destacar que el diseño de los protocolos empleados, en lo que dice relación con la duración total del ejercicio (55 min entre el comienzo del primer período y la finalización del último) e intensidad promedio del mismo (55 % de la PAM), fue

efectuado en base a consideraciones netamente prácticas, teniendo en consideración la factibilidad de implementarlo como una actividad rutinaria en la población del estudio (individuos de edad media, activos laboralmente y no acostumbrados a la realización periódica de ejercicio).

Puesto que en la adquisición y mantención de hábitos de ejercicio, la percepción de agotamiento al final del ejercicio y la efectividad del mismo (en términos de disminución del tejido graso) son factores de gran incidencia, es que estimamos que nuestro protocolo de ejercicio en intervalos de intensidad decreciente provee de una combinación valiosa para optimizar los efectos de la actividad física sobre la reducción de masa grasa en individuos con sobrepeso u obesidad, contribuyendo de paso a promover hábitos de ejercicio de sencilla realización, escaso riesgo y fácilmente compatibles con el estilo de vida actual.

CONCLUSIONES

- **En los sujetos estudiados, la oxidación de grasas en ejercicios realizados en intervalos de intensidad variable depende del orden de los períodos de ejercicio siendo mayor cuando éstos se practican de manera decreciente.**
- **En esta misma población, la percepción del esfuerzo realizado en ejercicios de intensidad variable y decreciente es menor que la de los ejercicios equivalentes de intensidad constante y creciente.**
- **El tiempo total de ejercicio, la oxidación de grasas alcanzada y el esfuerzo percibido hacen que el protocolo diseñado (intervalos decrecientes) en esta tesis sea de gran utilidad en sujetos sedentarios que exhiben un índice de masa corporal elevado.**

BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud (OMS), *Informe Macroeconomía y salud*. 2005. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/> [fecha de consulta: 17-08-2009]
2. Chopra M., Galbraith S., Darton-Hill I. A global response to a global problem: the epidemic of overnutrition. *Bull World Health Organ.* 80:952-8, 2002.
3. Yach, D., Hawkes C., Gould, C. L. & Hofman, K. J. The global burden of chronic diseases: overcoming impediments to prevention and control. *J. Am. Med. Assoc.* 291, 2616–22, 2004
4. WHO. Obesity. Preventing and management the global epidemic. Report of WHO Consultation on Obesity. Geneva: WHO, 1997.
5. Encuesta Nacional de Salud ENS 2009-2010. Ministerio de Salud, Gobierno de Chile; Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile; Observatorio Social, Universidad Alberto Hurtado, 2010.
6. World Health Organization. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: Diagnosis and classification of diabetes mellitus. Report Who Consultation 99.2 Geneva, Switzerland, 1999.
7. Valenzuela A. La Obesidad y sus comorbilidades. Primera edición 2002. Editorial Mediterráneo Ltda. Capítulo 23: 409-429, 2002.
8. Leitzmann M.F., Park Y., Blair A., Ballard-Barbash R., Mouw T., Hollenbeck A.R. Physical activity recommendations and decreased risk of mortality. *Arch. Intern. Med.* 167: 2453-60, 2007.

9. American College of Sports Medicine. Exercise prescription. In: ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (7th Ed.), Edited by Whaley MH. Baltimore, MD: Lippincott, Williams & Wilking, 2006.
10. Manetta J., Brun J.F., Perez-San Martin A., Callis A., Prefaut C., and Mercier J.. Fuel oxidation during exercise in middle-aged men: role of training and glucose disposal. *Med.Sci.Sports Exerc.* 34:423-429, 2002.
11. Stallknecht B., Lorentsen J., Enevoldsen L.H. Role of the sympathoadrenergic system in adipose tissue metabolism during exercise in humans. *J. Physiol.*, 536: 283-294, 2001.
12. Claude Bouchard. Physical Activity and Obesity. Editorial Human Kinetics. First Edition. Poirier P., and Eckel R. *Adipose Tissue Metabolism and Obesity*. Chapter 9: 181-200, 2000.
13. Stich V., De Glisezinski I., Berlan M., Bulow J., Galitzky J., Harant I., Suljkovicova H., Lafontan M., Riviere D., and Crampes F.. Adipose tissue lipolysis is increased during a repeated bout of aerobic exercise. *J. Appl. Physiol.* 88:1277-1283, 2000.
14. Goto K., Ishii N., Mizuno A., and Takamatsu K.. Enhancement of fat metabolism by repeated bouts of moderate endurance exercise. *J. Appl. Physiol.* 102: 2158 – 2164, 2007.
15. Goto K., Ishii N., Sugihara S., Yosshioka T. and Takamatsu K. Effects of resistance exercise on lipolysis during subsequent submaximal exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 39: 308-315, 2007.

16. Ronsén O., Haug E., Pedersen B. K., and Bahr R. Increased neuroendocrine responses to repeated bout of endurance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33: 568-575, 2001.
17. Ronsén O., Lea T., Bahr R., Pedersen B. K. Enhanced plasma IL-6 and IL-1 responses to repeated vs. Single bouts of prolonged cycling in elite athletes. *J. Appl. Physiol.* 92: 2547-2533, 2002.
18. Sedlock D.A., Fissinger J.A., Melby, C.L.. Effect of exercise intensity and duration on postexercise energy expenditure. *Med.Sci.Sports Exerc.* 21: 662-666, 1989.
19. Ahlborg G., Felig P., Hagenfeldt L., Hendler R., Wahren J.. Substrate turnover during prolonged exercise in man, splanchnic and leg metabolism of glucose, free fatty acids and amino acids. *J. Clin. Invest.* 53: 1080-1090, 1974.
20. Achten J., and Jeukendrup A.E.. Optimizing fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition* 20: 716-727, 2004.
21. Hardie D.G., Hawley S. A., and Scott J.W. AMP-activated protein kinase- development of the energy sensor concept. *J. Physiol.* 574: 7-15, 2006.
22. Megan E. O. and Zierath J.R. Minireview: Adenosine 5-Monophosphate-activated protein kinase regulation of fatty acid oxidation in skeletal muscle. *Endocrinology* 149(3): 935-941, 2007.
23. Steinberg G. and Bruce K. AMPK in Health and disease. *Physiol. Rev.* 89: 1025-1078, 2009.
24. International Physical Activity Questionnaire [homepage on the Internet]. Sweden: Karolinska Institutet [updated 2008 jul]. Guidelines for data

processing and analysis of the International Physical Activity Questionnaire: short and long form. <http://www.ipaq.ki.se/scoring.pdf> [fecha de consulta: 17-08-2009]

25. Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci Sports Exerc.* 14: 377-81, 2000.
26. Pagani M., Lombardi F., Guzzetti S.. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *Circ. Res.*, 59:178-193,1986.
27. Frayn K. N. Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. *J. Appl. Physiol.* 55:628-634, 1983.
28. Ferrannini E. The theoretical bases of indirect calorimetry. A review. *Metabolism* 37: 287-301,1988.
29. Romijn J.A.,Coyle E.F.,Sidossis S.,Rosenblat J.,and Wolfe R.R..Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance-trained women. *J. Appl. Physiol.* 88: 1707-1714, 2000.
30. Toews ML, Prinster SC and Schulte NA. Regulation of alpha-1B adrenergic receptor localization, trafficking, function, and stability. *Life Sci.*, 74:379-89, 2003.
31. Heck DA and Bylund DB. Differential down-regulation of alpha-2 adrenergic receptor subtypes. *Life Sci.* 62:1467-1472,1998.
32. Jarhult J and Holst J. The role of the adrenergic innervations to the pancreatic islets in the control of insulin release during exercise in man. *Plugers Arch.*, 383:41-45, 1979.

33. Moro C., Polak J., Hejnova J., Klimcakova E., Crampes F., Sich V., Lafontan M. and Berlan M. Atrial natriuretic peptide stimulates lipid mobilization during repeated bout of endurance exercise. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab* 290: E864-E869, 2006.
34. Bergeron R. and Previs S.F. Effects of AICAR infusion in vivo on glucose and lipid metabolism on lean and obese Zucker rats. *Diabetes* 50: 1076-1082, 2001.
35. Goodyear, L.J. AMPK: a critical signaling intermediary for exercise stimulated glucose transport. *Exercise Sport Sc. Rev.* 28: 113-116, 2000.
36. Winder W. W. Energy-sensing and signaling by AMPK in skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.* 91: 1017-1028, 2001.
37. Liu C, Wu J, Zhu J, Kuei C, Yu J, Shelton J, Sutton SW, Li X, Yun SJ, Mirzadegan T, Mazur C, Kamme F and Lovenberg TW. Lactate inhibits lipolysis in fat cells through activation of an orphan G-protein-coupled receptor, GPR81. *J. Biol. Chem.* 284: 2811-2822, 2009.

ANEXO 1: CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA (ÚLTIMOS 7 DÍAS)

Estamos interesados en saber acerca de la clase de actividad física que usted hace como parte de su vida diaria. Las preguntas se referirán acerca del tiempo que usted utilizó siendo físicamente activo(a) en los **últimos 7 días**. Por favor responda cada pregunta aún si usted no se considera una persona activa. Por favor piense en aquellas actividades que usted hace como parte del trabajo, en el jardín y en la casa, para ir de un sitio a otro, y en su tiempo libre de descanso, ejercicio o deporte.

Piense acerca de todas aquellas actividades **vigorosas** y **moderadas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Actividades **vigorosas** son las que requieren un esfuerzo físico fuerte y le hacen respirar mucho más fuerte que lo normal. Actividades **moderadas** son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado y le hace respirar algo más fuerte que lo normal.

PARTE 1: ACTIVIDAD FÍSICA RELACIONADA CON EL TRABAJO

La primera sección es relacionada con su trabajo. Esto incluye trabajos con salario, agrícola, trabajo voluntario, clases, y cualquier otra clase de trabajo no pago que usted hizo fuera de su casa. No incluya trabajo no pago que usted hizo en su casa, tal como limpiar la casa, trabajo en el jardín, mantenimiento general, y el cuidado de su familia. Estas actividades serán preguntadas en la parte 3.

1. ¿Tiene usted actualmente un trabajo o hace algún trabajo no pago fuera de su casa?

Sí

No ***Pase a la PARTE 2: TRANSPORTE***

Las siguientes preguntas se refieren a todas las actividades físicas que usted hizo en los **últimos 7 días** como parte de su trabajo pago o no pago. Esto no incluye ir y venir del trabajo.

2. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días realizó usted actividades físicas **vigorosas** como levantar objetos pesados, excavar, construcción pesada, o subir escaleras **como parte de su trabajo**? Piense solamente en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

_____ **días por semana**

Ninguna actividad física vigorosa relacionada con el trabajo - ***Pase a la pregunta 4***

No sabe/No está seguro(a)

3. ¿Cuánto tiempo en total usualmente le toma realizar actividades físicas **vigorosas** en uno de esos días que las realiza como parte de su trabajo?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

4. Nuevamente, piense solamente en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante **los últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo Usted actividades físicas **moderadas como** cargar cosas ligeras **como parte de su trabajo**? Por favor no incluya caminar.

_____ **días por semana**

No actividad física moderada relacionada con el trabajo-**Pase a la pregunta 6**

5. ¿Cuánto tiempo en total usualmente le toma realizar actividades físicas **moderadas** en uno de esos días que las realiza como parte de su trabajo?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

6. Durante **los últimos 7 días**, ¿Cuántos días **caminó** usted por lo menos 10 minutos continuos **como parte de su trabajo**? Por favor no incluya ninguna caminata que usted hizo para desplazarse de o a su trabajo.

_____ **días por semana**

Ninguna caminata relacionada con trabajo **Pase a la PARTE 2: TRANSPORTE**

7. ¿Cuánto tiempo en total pasó generalmente **caminado** en uno de esos días como parte de su trabajo?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

PARTE 2: ACTIVIDAD FÍSICA RELACIONADA CON TRANSPORTE

Estas preguntas se refieren a la forma como usted se desplazó de un lugar a otro, incluyendo lugares como el trabajo, las tiendas, el cine, entre otros.

8. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días **viajó usted en un vehículo de motor** como un tren, bus, automóvil, o tranvía?

_____ **días por semana**

No viajó en vehículo de motor ***Pase a la pregunta 10***

9. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días **viajando** en un tren, bus, automóvil, tranvía u otra clase de vehículo de motor?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

Ahora piense únicamente acerca de **montar en bicicleta** o **caminatas** que usted hizo para desplazarse a o del trabajo, haciendo mandados, o para ir de un lugar a otro.

10. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días **montó usted en bicicleta** por al menos 10 minutos continuos para **ir de un lugar a otro**?

_____ **días por semana**

No montó en bicicleta de un sitio a otro **Pase a la pregunta 12**

11. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días **montando en bicicleta** de un lugar a otro?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

12. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días caminó usted por al menos 10 minutos continuos para ir **de un sitio a otro**?

_____ **días por semana**

No caminatas de un sitio a otro **Pase a la PARTE 3: TRABAJO**

DE LA CASA, MANTENIMIENTO DE LA CASA, Y CUIDADO DE LA FAMILIA

13. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días **caminando** de un sitio a otro?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

**PARTE 3: TRABAJO DE LA CASA, MANTENIMIENTO DE LA CASA, Y
CUIDADO DE LA FAMILIA**

Esta sección se refiere a algunas actividades físicas que usted hizo en los **últimos 7 días** en y alrededor de su casa tal como arreglo de la casa, jardinería, trabajo en el césped, trabajo general de mantenimiento, y el cuidado de su familia.

14. Piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas **vigorosas** tal como levantar objetos pesados, cortar madera, palear nieve, o excavar **en el jardín o patio**?

_____ **días por semana**

Ninguna actividad física vigorosa en el jardín o patio **Pase a la pregunta 16**

15. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo

actividades físicas **vigorosas** en el jardín o patio?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

16. Nuevamente, piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas **moderadas** tal como cargar objetos livianos, barrer, lavar ventanas, y rastrillar **en el jardín o patio**?

_____ **días por semana**

Ninguna actividad física moderada en el jardín o patio ***Pase a la pregunta 18***

17. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas **moderadas** en el jardín o patio?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

18. Una vez más, piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas **moderadas** tal como cargar objetos livianos, lavar ventanas, estregar pisos y barrer **dentro de su casa**?

_____ **días por semana**

Ninguna actividad física moderada dentro de la casa **Pase a la PARTE 4:**

ACTIVIDADES FÍSICAS DE RECREACIÓN, DEPORTE Y TIEMPO LIBRE

19. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas **moderadas** dentro de su casa?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

PARTE 4: ACTIVIDADES FÍSICAS DE RECREACIÓN, DEPORTE Y TIEMPO LIBRE

Esta sección se refiere a todas aquellas actividades físicas que usted hizo en los **últimos 7 días** únicamente por recreación, deporte, ejercicio o placer. Por favor no incluya ninguna de las actividades que ya haya mencionado.

20. Sin contar cualquier caminata que ya haya usted mencionado, durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días **caminó** usted por lo menos 10 minutos continuos **en su tiempo libre**?

_____ **días por semana**

Ninguna caminata en tiempo libre **Pase a la pregunta 22**

21. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días **caminando** en su tiempo libre?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

22. Piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas **vigorosas** tal como aeróbicos, correr, pedalear rápido en bicicleta, o nadar rápido en su **tiempo libre**?

_____ **días por semana**

Ninguna actividad física vigorosa en tiempo libre **Pase a la pregunta 24**

23. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas **vigorosas** en su tiempo libre?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

24. Nuevamente, piense únicamente acerca de esas actividades físicas que hizo por lo menos 10 minutos continuos. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas **moderadas** tal como pedalear en bicicleta a paso

regular, nadar a paso regular, jugar dobles de tenis, **en su tiempo libre?**

_____ **días por semana**

Ninguna actividad física moderada en tiempo libre- ***Pase a la PARTE 5: TIEMPO DEDICADO***

A ESTAR SENTADO(A)

25. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas **moderadas** en su tiempo libre?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

PARTE 5: TIEMPO DEDICADO A ESTAR SENTADO(A)

Las últimas preguntas se refieren al tiempo que usted permanece sentado(a) en el trabajo, la casa, estudiando, y en su tiempo libre. Esto incluye tiempo sentado(a) en un escritorio, visitando amigos(as), leyendo o permanecer sentado(a) o acostado(a) mirando televisión. No incluya el tiempo que permanece sentado(a) en un vehículo de motor que ya haya mencionado anteriormente.

26. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuánto tiempo permaneció **sentado(a)** en un **día en la semana?**

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

27. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuánto tiempo permaneció **sentado(a)** en un **día del fin de semana**?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

Este es el final del cuestionario, gracias por su participación.

ANEXO 2: VALORES INDIVIDUALES DE LAS MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS, CONSUMO PEAK DE OXÍGENO Y DETERMINACIONES BIOQUÍMICAS DE LOS SUJETOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO

SUJETO	EDAD (años)	PESO (kg)	TALLA (cm)	IMC (kg/m ²)	VO ₂ peak (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	GLICEMIA (mg/dl)	INSULINEMIA (uUI/ml)	HOMA	COLESTEROL TOTAL (mg/dl)	HDL (mg/dl)	LDL (mg/dl)	VLDL (mg/dl)	TRIGLICERIDOS (mg/dl)
1	30	107,2	177	34,2	29,1	76,1	10,4	2,0	132	18,3	63,8	50,2	250,9
2	39	78,0	173	26,1	33,5	76,6	6,5	1,2	217	65,7	133,0	17,9	89,3
3	33	71,6	158	28,4	28,2	89,6	16,5	3,7	219	39,7	128,4	51,1	255,0
4	30	82,1	172	28,0	34,5	76,4	7,4	1,4	190	39,1	128,4	22,1	110,5
5	34	120,1	190	33,5	25,7	69,4	11,0	1,9	218	50,1	139,1	29,2	146,1
6	34	87,9	167	31,2	39,7	74,3	11,0	2,0	158	35,1	55,7	66,8	334,0
7	37	114,2	188	32,3	29,2	90,6	16,2	3,6	226	44,9	150,2	31,3	156,5
8	35	78,4	165	28,9	47,9	96,4	11,6	2,8	250	44,9	166,2	38,5	192,7
9	30	90,2	178	28,6	35,0	98,4	11,4	2,8	237	44,3	151,0	41,4	207,2
10	34	90,8	175	29,6	25,1	98,2	13,3	3,2	257	68,5	156,3	32,0	160,2

ANEXO 3: ESCALA DE BORG PARA LA PERCEPCIÓN DE ESFUERZO FÍSICO

PUNTUACION	VALORACIÓN DEL ESFUERZO
6	Muy, muy ligero
7	
8	
9	Muy ligero
10	
11	Moderado
12	
13	Algo duro
14	
15	Duro
16	
17	Muy duro
18	
19	Muy, muy duro
20	Máximo, extenuante

ANEXO 4: FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

“Efecto del ejercicio aeróbico a intervalos de intensidad variable sobre la movilización y oxidación de grasas

Nombre del Investigadores Principales: Astrid von Oetinger G. y Sergio Villanueva B.

Instituciones: Universidad Nacional Andrés bello y Universidad de las Américas (AvOG); y

Universidad de Chile (SVB). Teléfonos: 98945677.

Invitación a participar:

Le estamos invitando a participar en el proyecto de investigación

“Efecto del ejercicio aeróbico a intervalos de intensidad variable sobre la movilización y oxidación de grasas”

debido a la necesidad de aumentar el conocimiento sobre los efectos del ejercicio en la reducción del contenido de grasa corporal.

Objetivos: Esta investigación tiene por objetivos saber qué tipo de ejercicio es capaz de movilizar más grasas. El estudio incluirá a un número total de 6-9 sujetos voluntarios.

Procedimientos: Si Ud. acepta participar será sometido a los siguientes procedimientos:

Usted deberá visitar el laboratorio por seis veces, donde las tres primeras deberá realizarse exámenes para determinar su condición metabólica y su capacidad cardiorespiratoria. Los exámenes realizados serán:

- 1- Examen de sanguíneo y encuesta de nivel de actividad física IPAQ.
- 2- Test de esfuerzo
- 3- Consumo máximo de oxígeno

Éstos se realizaran en ese mismo orden y no implicaran más de 15 minutos por examen. Luego de finalizado los exámenes, Ud. se someterá a un total de tres sesiones de ejercicio, en diferentes días y con diferentes cargas de trabajo realizado en una bicicleta estática. Cada uno de estos tres protocolos tendrán una duración aproximada de 2 horas. En cada una de dichas oportunidades se le tomarán tres muestras de sangre de 15 ml cada una, las que se extraerán de la vena ánterocubital del brazo izquierdo.

Riesgos:

Los riesgos o complicaciones derivadas del test de esfuerzo y del test de consumo máximo de oxígeno son muy poco frecuentes. Cuando ocurren, éstas son: mareo, desmayo, irregularidad en el ritmo cardiaco y muy raramente infarto o muerte (menos de 1 por 10.000 casos). Las lesiones físicas (caídas) pueden presentarse muy ocasionalmente por falta de familiaridad con los equipos. Sin embargo, al realizarse estas pruebas en bicicleta estática esto es muy poco probable.

Antes de la prueba se realizará un ensayo y explicación de la naturaleza de los ejercicios que se realizarán.

Cualquier otro efecto que Ud. considera que puede derivarse debido a la realización de uno de los exámenes o los protocolos deberá comunicarlo al investigador a cargo en el teléfono 98945677 o 7451370.

Costos: Todos los exámenes del estudio y costos inherentes a la realización del mismo serán aportados por el equipo de investigadores y las instituciones patrocinantes, sin costo alguno para Ud. durante el desarrollo de este proyecto.

Beneficios: Además del beneficio que este estudio significará para el progreso del conocimiento y el mejor tratamiento de sujetos con peso mayor a lo aceptado como normal, su participación en este estudio le traerá los siguientes beneficios: conocer su condición física actual, evaluada con alta tecnología (test de esfuerzo, ergoespirómetro, examen sanguíneo) y recibir la información por parte de los profesionales del tipo de ejercicio que le provocará una mayor reducción de su contenido graso corporal.

Alternativas: Si Ud. decide no participar en esta investigación está en todo su derecho.

Compensación: Ud. no recibirá ninguna compensación económica por su participación en el estudio.

Confidencialidad: Toda la información derivada de su participación en este estudio será conservada en forma de estricta confidencialidad, lo que incluye el acceso de los

investigadores o instituciones involucradas en la investigación. Cualquier publicación o comunicación científica de los resultados de la investigación será completamente anónima.

Información adicional: Ud. o su médico tratante serán informados si durante el desarrollo de este estudio surgen nuevos conocimientos o complicaciones que puedan afectar su voluntad de continuar participando en la investigación.

Voluntariedad: Su participación en esta investigación es totalmente voluntaria y se puede retirar en cualquier momento comunicándolo al investigador. De igual manera, el investigador podrá determinar su retiro del estudio si considera que esa decisión va en su beneficio.

Complicaciones: En el improbable caso de que Ud. presente complicaciones directamente dependientes de los estudios realizados, recibirá el tratamiento médico completo de dicha complicación, financiado por el equipo de investigadores, y sin costo alguno para Ud. o su sistema previsional. Esto no incluye las complicaciones propias de su enfermedad y de su curso natural.

Derechos del participante: Si Ud. requiere cualquier otra información sobre su participación en este estudio puede llamar a:

Investigador a cargo: Klga. Astrid von Oetinger G. (Universidad Nacional Andrés Bello y Universidad de las Américas; Fono: 98945677)

- 0 -

Director de la investigación: Dr. Sergio Villanueva B. (Universidad de Chile; Fono: 9786039)

Conclusión:

Después de haber recibido y comprendido la información de este documento y de haber podido aclarar todas mis dudas, otorgo mi consentimiento para participar en el proyecto

“Efecto del ejercicio aeróbico a intervalos de intensidad variable sobre la movilización y oxidación de grasas”

Nombre del sujeto

Firma

Fecha

Nombre de informante

Firma

Fecha

Nombre del investigador

Firma

Fecha

Si se trata de un paciente incompetente, registrar nombre del paciente y de su apoderado.