

UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SALUD INTEGRAL Y MOVIMIENTO HUMANO
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA CIENCIAS DEL DEPORTE

**INFLUENCIA DE DOS DISTINTAS SESIONES DE
ENTRENAMIENTO DE CONTRA RESISTENCIA
(PESAS) SOBRE LA MAGNITUD Y DURACIÓN DEL
CONSUMO DEL OXÍGENO DESPUÉS DEL
EJERCICIO (CODE), EN HOMBRES ADULTOS
ACTIVOS E INACTIVOS**

**Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador de Tesis de Posgrado en
Salud Integral y Movimiento Humano con mención en Salud, para optar por el título
de Magíster Scientiae**

Karla Solís Fernández

Campus Presbítero Benjamín Núñez, Heredia, Costa Rica

2010

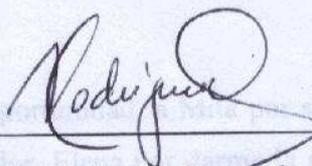
INFLUENCIA DE DOS DISTINTAS SESIONES DE
ENTRENAMIENTO DE CONTRA RESISTENCIA (PESAS)
SOBRE LA MAGNITUD Y DURACIÓN DEL CONSUMO
DE OXÍGENO DESPUÉS DEL EJERCICIO (CODE), EN
HOMBRES ADULTOS ACTIVOS E INACTIVOS

KARLA SOLÍS FERNÁNDEZ

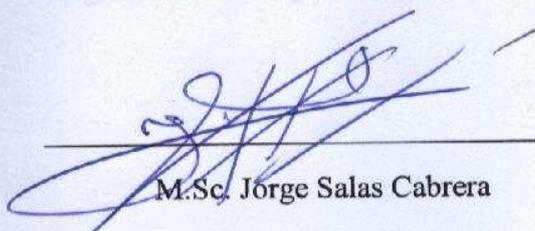
Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador de Tesis de Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano con mención en salud, para optar por el título de Magíster Scientiae. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional.

Heredia, Costa Rica

Miembros del Tribunal Examinador

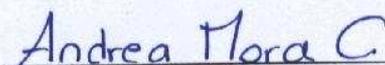


Presidente Consejo Central de Posgrado o representante



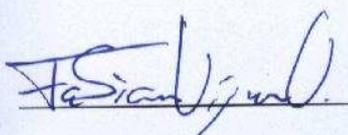
M.Sc. Jorge Salas Cabrera

Director de la Maestría en Salud Integral
y Movimiento Humano



M.Sc. Andrea María Mora Campos

Tutora



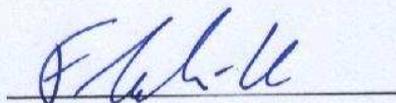
M.Sc. Fabián Víquez Ulate

Asesor



M.Sc. Mónica Umaña Alvarado

Asesora



Karla Solís Fernández

Sustentante

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador de Tesis de Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano con mención en salud, para optar por el título de Magíster Scientiae. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional.

Heredia, Costa Rica

Agradecimiento

Primero a Dios, por darme esta oportunidad, a Mita por su constante empuje, Eduardo mi gran compañero, apoyo y motivador, Elena por darme la ilusión y a la “niña Pochita”, por su gran dedicación y paciencia.

Dedicatoria

A Eduardo y Elena, mis dos grandes motivaciones e impulsores a seguir luchando.

Índice

Índice	6
Índice de tablas	8
Índice de gráficos.....	9
RESUMEN.....	10
Capítulo I	
INTRODUCCIÓN.....	12
Planteamiento y delimitación del problema:.....	12
Justificación.....	14
Objetivo General.....	17
Objetivos específicos.....	18
Capítulo II	
MARCO CONCEPTUAL.....	19
Entrenamiento contra resistencia.....	21
La Bioenergética del ejercicio.....	23
El metabolismo y el ejercicio.....	29
Sistema Cardiorrespiratorio.....	33
Consumo de oxígeno después del ejercicio (CODE).....	35
Capítulo III	
METODOLOGÍA.....	43
Sujetos:	43
Instrumentos y materiales	44
Medición de la tasa metabólica basal (TMB).....	47
Medición del consumo de oxígeno después del ejercicio (CODE):.....	48
Procedimiento.....	48

Análisis estadístico.....	50
Capítulo IV	
RESULTADOS	51
Capítulo V	
DISCUSIÓN.....	57
Capítulo VI	
CONCLUSIONES.....	62
Capítulo VII	
RECOMENDACIONES	63
Bibliografía.....	64
ANEXOS.....	73
Anexo 1: PAR-Q.....	73
Anexo2:IPAQ.....	75
Anexo 3: Programa de pesas.....	77

Índice de Tablas

Tabla 1. El tiempo de restauración de los diferentes sustratos energéticos, en función del tipo de ejercicio realizado	26
Tabla 2. Tiempo y porcentaje de restitución del PCr	27
Tabla 3. Las características principales de los sistemas energéticos	28
Tabla 4. La contribución en porcentajes de las fuentes de energía anaeróbicas y aeróbicas, durante los diferentes periodos de tiempo de trabajo máximo	29
Tabla 5. Datos del Cuestionario Internacional IPAQ	44
Tabla 6. Datos descriptivos de los sujetos activos (N:6) e inactivos (N:6), que participaron en el estudio.	51
Tabla 7. Promedios del tiempo necesario en regresar a la tasa metabólica basal, después de la aplicación de los tratamientos a los sujetos activos (n:6) e inactivos (n:6)	52
Tabla 8. Datos de ANOVA de la variable tiempo	52
Tabla 9. Datos de ANOVA de la variable Kcal totales	55
Tabla 10. Promedio de kcal totales gastadas por los sujetos, del estudio regresando a su respectiva tasa metabólica basal.	55

Índice de Gráficos

- Gráfico 1. Comparación de los sujetos activos e inactivos en la recuperación en segundos de la TM, aplicando el tratamiento en RC. Febrero 2009. 53
- Gráfico 2. Comparación de los sujetos activos e inactivos, en la recuperación en segundos de la TM, aplicando el tratamiento en RD. Febrero 2009. 54

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la influencia de dos sesiones del entrenamiento de contra resistencia (RD vrs RC), sobre el consumo de oxígeno después del ejercicio (CODE) en hombres adultos tanto inactivos, como activos. Sujetos: 6 participantes hombres físicamente activos y 6 inactivos, todos saludables. Instrumentos: IPAQ, para determinar el nivel de entrenamiento, PAR-Q, con el fin de determinar el riesgo de los factores coronarios, 6 RM para determinar la fuerza muscular, peso, talla, % de grasa, por medio de los pliegues subcutáneos e impedancia bioeléctrica; para determinar las variables del CODE, se utilizó un analizador de gases. Procedimientos: en estado de ayuno, se valoró la Tasa Metabólica Basal (TMB) seguidamente, se ejecutaron ocho ejercicios a un 70% del 6 RM, tres series de ocho repeticiones y posteriormente se determinó la magnitud y duración del CODE. Una sesión mantuvo descansos por un minuto entre cada serie y otra sesión en circuito, todos los participantes pasaron por las dos sesiones de forma aleatoria. Las variables analizadas fueron duración y gasto calórico del CODE. Resultados: Hubo diferencias estadísticamente significativas en duración del CODE ($F= 49,71$; $p=0,107 \times 10^{-4}$) por nivel del entrenamiento, activos físicamente ($338 \pm 250,99$ seg) e inactivos ($527 \pm 235,55$ seg) y entre los tipos de tratamiento ($F: 90,15$; $p=0,12 \times 10^{-5}$), la rutina con descanso (RD) ($305 \pm 198,35$ seg) y la rutina en circuito (RC) ($560 \pm 251,59$ seg). Por otro lado, no hubo diferencias en la magnitud ni para el nivel del entrenamiento, ni por tipo de tratamiento. Por lo tanto, se concluye que el RC y que los sujetos inactivos generan un mayor CODE, en términos duración.

Descriptores

Entrenamiento contra resistencia, la magnitud, la duración, el consumo del oxígeno después del ejercicio (CODE).

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

Planteamiento y delimitación del problema:

Investigaciones iniciales han llegado a la conclusión de que el consumo del oxígeno después del ejercicio (CODE), se refiere a la elevación del consumo del oxígeno en reposo, producido después del ejercicio, también conocida como la cantidad del oxígeno consumida durante la recuperación (Bowers y Fox, 1998; Wilmore y Costill, 2007), puede ser un excelente colaborador en el manejo del peso y la obesidad (Bahr, Inges, Vaage, Sejersted y Newsholme, 1987; Gore y Whithers, 1990; Quinn, Vroman y Kertzer, 1994; Sedlock, Fissinger y Melby, 1989).

Varios estudios han manipulado variables, como lo son la intensidad, la duración, la temperatura, el estado nutricional, orientados a observar los distintos comportamientos del CODE (Phelain, Reinke, Harris y Melby, 1997; Scott, 1998), sin embargo, esta variable también ha sido estudiada en distintas modalidades del ejercicio físico, aeróbico y anaeróbico (Bell, Snydermilller, Davies y Quinney, 1997); en esta última específicamente, en el entrenamiento de contra resistencia, de igual forma se han realizado estudios (Burlerson, et al, 1997; Gillette, Bullough y Melby, 1994; Binzen, Swan y Manore, 2001), no obstante ninguno ha realizado comparaciones con ocho ejercicios de grandes grupos musculares con y sin descanso entre ellos, ya que utilizar ocho ejercicios en la programación de un plan de

contra resistencia, es la recomendación del ACSM (2009), sugerida en términos de salud y por lo tanto, la más comúnmente utilizada en la población.

Problema de investigación

Por lo anterior, surge la siguiente interrogante: ¿cuál es el efecto de dos distintas sesiones de entrenamiento de contra resistencia, ya sea en circuito (RC) o con descansos (RD), sobre el CODE, en los hombres adultos activos e inactivos?

Sub-problemas de investigación

¿Cuál el efecto de dos distintas sesiones, RC y RD, del entrenamiento de contra resistencia sobre la magnitud del CODE, en los hombres adultos inactivos y activos?

¿Cuál es la influencia de dos distintas sesiones, del entrenamiento contra resistencia, sobre la duración del CODE en los hombres adultos inactivos y activos?

¿Cuál es el efecto de dos distintas sesiones, RC y RD, del entrenamiento de contra resistencia sobre la magnitud y duración del CODE, en los hombres adultos inactivos y activos?

Justificación

En los últimos años el ser humano se ha visto afectado por la culminación de los avances tecnológicos, estos han promovido estilos de vida pasivos, hábitos alimenticios inadecuados, condicionándolo a una mala calidad de vida y salud, aunado a un aumento acelerado de la obesidad (Wong y Murrillo-Cuzza, 2004).

La actividad o el ejercicio físico constituyen herramientas propuestas para combatir los inadecuados estilos de vida expuestos, la primera se refiere al movimiento corporal, producido por la contracción músculo esquelética, que incrementa el gasto de energía por encima del nivel basal, mientras que la segunda es una sub categoría de la actividad física, ya que es planeada, estructurada y repetitiva. Ambos elementos proveen innumerables beneficios, tales como (ACSM, 2009): mejora de la función cardiorrespiratoria, incremento del consumo máximo de oxígeno, debido a las adaptaciones centrales y periféricas, una disminución de la frecuencia cardiaca y de la tensión arterial, aumento del umbral del ejercicio, con respecto a la acumulación del lactato en la sangre además, de disminuir los primeros síntomas de una enfermedad cardiaca (por ejemplo, angina de pecho), diabetes mellitus, cáncer de colon, prevención de osteoporosis, incremento en la estabilidad funcional y emocional, reducción en factores de riesgo de enfermedades coronarias, incrementando las lipoproteínas de alta densidad (colesterol HDL) y disminuyendo los triglicéridos en sangre y la grasa corporal, a su vez, minimiza la necesidad de insulina y mejora la tolerancia a la glucosa. También, promueve una disminución de la mortalidad,

morbilidad, ansiedad, depresión y provoca un aumento de sensación de bienestar, rendimiento en el trabajo y de las actividades deportivas y recreativas.

Existen diversos tipos de ejercicio físico, tales como el aeróbico, el cual se define como la capacidad para realizar un ejercicio dinámico, que involucre a los principales grupos musculares, de intensidad moderada o alta, durante periodos de tiempo, por ejemplo, la natación, la bicicleta y la carrera continua. Por otro lado, se presenta el ejercicio anaeróbico, el cual se activa cuando la vía aeróbica no es suficiente, con el fin de cubrir las elevadas exigencias de la energía, o cuando se realiza un ejercicio de alta intensidad y corta duración, como por ejemplo: las pruebas de atletismo con alta velocidad, el esquí, el fútbol americano y el entrenamiento de contra resistencia, entre otros. Ambos tipos de ejercicio son necesarios, para mantener la salud integral del ser humano (ACSM, 2009).

Específicamente, el entrenamiento contra resistencia representa un tipo de ejercicio, el cual requiere que los músculos muevan o intenten mover una fuerza opuesta, para lo cual se pueden utilizar máquinas con peso o pesos libres (Wilmore y Costill, 2007) y el objetivo principal consiste en desarrollar la capacidad física muscular. En este entrenamiento, se pueden trabajar tres componentes: la fuerza, la resistencia muscular e hipertrofia. Este entrenamiento incide radicalmente, sobre la funcionabilidad del ser humano (ASCM, 2009).

De este tipo de entrenamiento se han estudiado distintas variables, como la composición corporal (Campbell, Crim, Young y Evans, 1994), la fuerza (Hickson, 1980; Mazzetti et al, 2001), la hipertrofia (Charette et al, 1991; Donnelly et al, 1993), la potencia (Newton et al, 2002), sin embargo, el presente estudio se enfoca en la influencia de este entrenamiento sobre el CODE.

Constan varios estudios que han observado el efecto del entrenamiento de contra resistencia sobre el CODE; un grupo de investigaciones se ha enfocado a comparar el entrenamiento contra resistencia y el ejercicio aeróbico como Drummond, Vehrs, Schaalije y Parcell (2006), quienes compararon tres tipos de sesiones, una de solo ejercicio contra resistencia, otro del ejercicio aeróbico y la última, una combinación de ambas. Otro estudio fue el de Gillette, Bullough y Melby (1994), los cuales compararon ejercicio contra resistencia versus ejercicio aeróbico, más una tercera sesión control.

Por otro lado, también están las investigaciones que han estudiado la influencia de las sesiones de contra resistencia con pesas, con descansos entre las series, como el de Binzen, Swan y Manore (2001) con mujeres; Mckay, Chilibeck y Daku (2007) en hombres.

Otros investigadores han estudiado el efecto del entrenamiento contra resistencia en circuito, como Haltom et al. (1999) con dos tipos de protocolos (ambos circuitos);

Burleson, et al., (1997), igual al anterior, que compara dos tipos de entrenamiento en circuito, aplicado a quince hombres y Schuenke, Mikat y McBride (2002), quienes comparan cuatro tipos de entrenamiento en circuito. Por último, cabe mencionar, que existen pocos estudios que involucren sujetos activos e inactivos, en el área del entrenamiento contra resistencia, pero aún así, se puede rescatar la investigación realizada por Dolezal, Potteiger, Jacobsen y Benedict (2000), quienes compararon un tipo de entrenamiento contra resistencia, en sujetos físicamente activos e inactivos.

Al investigar los estudios publicados, se puede observar, que no hay ningún estudio que compare las dos versiones de sesiones del entrenamiento contra resistencia (con descansos entre series y circuito), ni poblaciones físicamente activas, versus inactivas. De acuerdo con lo anterior, surge la necesidad de estudiar la influencia de dos sesiones del ejercicio de contra resistencia (Rutina con descanso –RD- y Rutina en circuito –RC-), sobre el CODE en los hombres adultos tanto inactivos, como activos. Al finalizar el estudio, se pretende poder recomendar la prescripción de un programa de ejercicio con pesas, de acuerdo al nivel de actividad física del sujeto y de sus objetivos de gasto calórico.

Objetivo General

Determinar la influencia de dos sesiones del ejercicio de contra resistencia (RD vs. RC), sobre el CODE en los hombres adultos tanto inactivos, como activos.

Objetivos específicos

Determinar el efecto de dos distintas sesiones, RC y RD, del entrenamiento de contra resistencia sobre la magnitud del CODE, en los hombres adultos inactivos y activos.

Comprobar la influencia de dos distintas sesiones, del entrenamiento contra resistencia, sobre la duración del CODE en los hombres adultos inactivos y activos.

Comparar el efecto de dos distintas sesiones, RC y RD, del entrenamiento de contra resistencia sobre la magnitud y duración del CODE, en los hombres adultos inactivos y activos.

Capítulo II

MARCO CONCEPTUAL

En los últimos años, el ser humano se ha visto afectado con la culminación de los avances tecnológicos y el espíritu consumista que lo rodea, promoviendo estilos de vida pasivos, hábitos alimenticios inapropiados. Esto lo ha llevado a una atrofia de las condiciones innatas de salud a un aumento acelerado de la obesidad (Wong, 2004).

Una de las herramientas propuestas para combatir los inadecuados estilos de vida expuestos anteriormente, se refiere a la actividad física y al ejercicio físico, los mismos se definen como el movimiento corporal producido por la contracción músculo esquelético, que incrementa el gasto de energía por encima del nivel basal; mientras que el ejercicio físico es una sub categoría de la actividad física, siendo este planeado, estructurado y repetitivo, además de tener como propósito mejorar y mantener uno o más de los componentes de la aptitud física, no obstante, ambos constituyen un recurso terapéutico efectivo, atractivo y con bajo costo, que puede contribuir a tratamientos de problemas de salud mental y físicos, considerados instrumentos para elevar el bienestar emocional y por consiguiente, significan una influencia positiva, sobre la salud y la calidad de vida (Wong, 2004).

De acuerdo al ACSM (2009), la actividad física y el ejercicio físico proveen innumerables beneficios, tales como: mejora de la función cardiorrespiratoria, incremento del consumo máximo del oxígeno, debido a las adaptaciones centrales y periféricas, disminución de la frecuencia cardíaca y de la tensión arterial, aumento del umbral de ejercicio, con respecto a la acumulación del lactato en la sangre, disminuye los primeros síntomas de una enfermedad cardíaca (por ejemplo, angina de pecho), diabetes mellitus, cáncer de colon, prevención de osteoporosis. Por otro lado, contribuye con el incremento, en la estabilidad funcional y emocional, aumenta las lipoproteínas con alta densidad (colesterol HDL), disminuye los triglicéridos en la sangre y la grasa corporal, a su vez, minimiza la necesidad de insulina y mejora la tolerancia a la glucosa. También, promueve una disminución de la mortalidad, morbilidad, ansiedad, depresión y provoca un aumento de sensación de bienestar, rendimiento en el trabajo y en las actividades deportivas y recreativas.

Existen diversos tipos del ejercicio físico, tales como el aeróbico, que de acuerdo al ACSM (2009), se refiere a la capacidad para realizar un ejercicio dinámico, que involucre grupos musculares principales, de intensidad moderada o alta, durante periodos largos de tiempo, por ejemplo: la natación, la bicicleta y la carrera continua. Por otro lado, se presenta el ejercicio anaeróbico, el cual se activa cuando la vía aeróbica no es suficiente, para cubrir las elevadas exigencias de energía o cuando se realiza un ejercicio de alta intensidad y corta duración, como por ejemplo las pruebas del atletismo de alta velocidad, el esquí, el fútbol americano y el entrenamiento de contra resistencia, entre otros.

Ambos tipos de ejercicio (aeróbico y anaeróbico) son necesarios, con el fin de mantener la salud integral del ser humano (ACSM, 2009). En este estudio, se hace hincapié sobre el ejercicio anaeróbico de contra resistencia.

Entrenamiento contra resistencia

El entrenamiento contra resistencia se refiere a un tipo de ejercicio, en el cual los músculos muevan o intenten mover una fuerza opuesta, utilizando distintos métodos e instrumentos, como por ejemplo: las máquinas de poleas con peso, ligas o equipo de peso libre (barras, discos, mancuernas u otros), peso corporal y equipos hidráulicos u otros. Además, el ejercicio debe integrar los principios del entrenamiento como la individualidad, la sobrecarga, la continuidad y la progresión, dirigidos a producir los cambios pertinentes y un continuo incremento de la fuerza y del tamaño muscular; asimismo, en este tipo de entrenamiento, se deben integrar y manipular distintas variables en la preparación física, principalmente: la cantidad y el orden de los ejercicios, las series, las repeticiones, la intensidad y los periodos de descanso (Wilmore y Costill, 2007).

Según el ACSM (2009), esta modalidad se define como el entrenamiento cuyo objetivo principal consiste en desarrollar la capacidad física muscular. En este adiestramiento, se pueden entrenar tres componentes principales: la fuerza, la resistencia muscular e hipertrofia.

La fuerza, se considera como la máxima capacidad de un músculo o grupo muscular en generar una tensión determinada o bien, la capacidad de vencer o soportar una resistencia, bajo unas condiciones específicas. La resistencia muscular es la habilidad del músculo, para contener contracciones repetidas o sostener una contracción fija, en un período largo de tiempo (Wilmore y Costill, 2007). Ahora bien, el incremento de la fuerza y la resistencia muscular suelen ir acompañados por un aumento, en el tamaño de las fibras musculares, denominado hipertrofia muscular (Bowers y Fox, 1998).

Refiriéndose a la fuerza, este es un componente esencial, para el rendimiento del ser humano, siendo importante, pues ayuda a sostener el propio peso corporal y a realizar las actividades cotidianas, por lo tanto, su desarrollo formal es trascendental, tanto en el plano de la salud como del rendimiento. La fuerza tiene derivaciones, una de ellas es la fuerza máxima, esta es la mayor fuerza que el sistema neuromuscular es capaz de desarrollar, mediante una contracción voluntaria. Otro semblante es el explosivo, el cual es el producto de la fuerza por la velocidad del movimiento, también llamada potencia, en donde se amplifica la funcionalidad de la fuerza y de la velocidad (Wilmore y Costill, 2007).

Por lo tanto, Bowers y Fox (1998), mencionan que un programa del entrenamiento con pesas, muestra como beneficios, el aumento de la fuerza, la potencia y la resistencia muscular. Además, la hipertrofia muscular puede generar cambios en la composición corporal, ya que puede haber pérdidas de masa grasa y ganancia de masa muscular.

Consecuentemente, para maximizar los beneficios antes mencionados, es importante complementar e implementar cargas de trabajo; éstas han de ser consideradas como un proceso pedagógico de estimulación, orientado hacia un objetivo y basado sobre el ritmo del desarrollo de la capacidad en el rendimiento, sin embargo, necesaria para perturbar el equilibrio funcional, provocando éste una restauración del estado de equilibrio en un nivel superior, lo que lleva a un proceso de adaptación (Heredia y Costa, 2004). Para definir la carga a utilizar, existen diferentes métodos orientados a obtener tanto el valor de una repetición máxima (1RM), como el porcentaje (%) que representa la misma (Heredia y Costa, 2004).

Del entrenamiento contra resistencia, se han estudiado distintas variables como la composición corporal (Campbell et al, 1994; Ballor, 1992), la fuerza (Hickson, 1980; Mazzetti et al, 2001), la hipertrofia (Charette et al, 1991; McCall, 1996; Donnelly et al, 1993), la potencia (Newton, 2002; Stowers, 1983), no obstante, el presente estudio, se enfoca en medir la influencia del entrenamiento contra resistencia sobre el CODE.

La bioenergética del ejercicio

El ATP (adenosín-trifosfato) es la única forma utilizable de energía para la contracción muscular, sin embargo los almacenes de ATP en el cuerpo son escasos ($5 \times 10^{-6} \text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$), alcanzando solo alrededor de 0.5 segundos de contracción muscular intensa por lo tanto, es imprescindible la existencia de diferentes sistemas energéticos los cuales se

encarguen de realizar la restitución del ATP, tendientes a prolongar la actividad muscular. Estos tres sistemas energéticos son: a) Sistema Anaeróbico Aláctico, b) Sistema Anaeróbico Láctico y c) Sistema Aeróbico (Tórtora y Grabowski, 1998).

Estos sistemas trabajan como un ciclo continuo de energía, son la capacidad que posee el organismo para mantener simultáneamente activos a los tres sistemas energéticos, en todo momento, no obstante confiriendo una supremacía a uno de ellos sobre el resto, de acuerdo a: la duración del ejercicio, la intensidad de la contracción muscular y la cantidad de substratos almacenados (Wilmore y Costill, 2007).

El sistema anaeróbico aláctico posee una característica predominante, que es la fácil disponibilidad, permitida por su combustible: la fosfocreatina (PCr), esta se encuentra dentro de las fibras musculares. Esto significa que él mismo se estimula, con el trabajo particular de cada músculo además, la mejoría de este no induce a cambios en otros músculos no involucrados, en el proceso de la contracción muscular (Fleck y Kraemer, 2004).

La PCr está constituida por un aminoácido, la cual es la creatina unida por un enlace con alta energía de diez kcal a un fósforo. Este se ingiere normalmente, en la dieta en pequeñas cantidades, a través de fuentes nutricionales como son las carnes y los pescados, o puede sintetizarse endógenamente, a través de diferentes aminoácidos, tales como lo son

la arginina, la glicina y la metionina. Por otra parte, la concentración de PCr en la fibra muscular esquelética, es de tres a cinco veces superior a la concentración de ATP (Kreider, 1998).

Cuando se efectúan ejercicios con alta intensidad, el sistema del fosfágeno (PC-ATP) es el que más rápido produce la fosforilación del ATP, esto se debe a que la PCr se almacena muy próxima a los sitios de la utilización de la energía, y porque la hidrólisis de la PCr producida por la creatinquinasa es rápidamente activada por la acumulación de ADP (adenosín difosfato) de ese modo, es necesario realizar varias reacciones enzimáticas, antes que la energía se transfiera con el fin de abastecer la restitución del ATP (Bowers, 1998).

Williams (2002), indica que tanto el sistema PC-ATP como el del ácido láctico son capaces de producir ATP rápidamente; y se utilizan durante los ejercicios categorizados como de alta intensidad y en periodos cortos de tiempo, pues la capacidad para la producción de ATP es limitada. De la misma manera, se muestra que el sistema PC-ATP predomina en las actividades físicas con potencia máxima, que tengan una duración de uno a diez segundos, predominando el sistema del ácido láctico en los ejercicios con una duración entre los treinta y ciento veinte segundos, además, ambos sistemas pueden funcionar sin oxígeno, por ello son llamados sistemas anaeróbicos (ver tablas 1 y 2) (Fleck y Kraemer, 2004).

Asimismo, se ha estudiado que el ácido láctico como fuente de energía es el mejor proveedor de ATP, en las últimas series de ejercicios aproximadamente de uno a tres minutos. Tales series de ejercicios pueden incluir series con alta intensidad de 10 a 12 RM, con descansos de treinta a sesenta segundos (Fleck y Kraemer, 2004).

Tabla 1.

El tiempo de restauración de los diferentes sustratos energéticos, en función del tipo de ejercicio realizado.

Proceso de recuperación	Tiempo mínimo de recuperación	Tiempo máximo de recuperación
Restauración de las reservas intramusculares (ATP+CP)	2 minutos	5 minutos
Restauración del glucógeno intramuscular	10 horas (después de un ejercicio continuo concéntrico)	46 horas
	5 horas después de un ejercicio intermitente	24 horas
	48 horas después de un ejercicio, con un régimen de contracción muscular excéntrica	72 horas
Restauración de las reservas del glucógeno hepático	desconocido	12-24 horas
Disminución de la concentración sanguínea y muscular del ácido láctico	Para la concentración sanguínea: 30 minutos con un ejercicio de recuperación activa al 50-60% del VO ₂ máx	1 hora
	Para la concentración intramuscular: 1 hora con recuperación pasiva	2 horas
Restauración de las reservas del oxígeno	10-15 segundos	1 minuto

Nota. Adaptado de "Fisiología y metodología del entrenamiento" por V. Billat, 2002, p. 39. Copyright 2002 por Editorial Paidotribo.

Tabla 2.

Tiempo y porcentaje de restitución del PCr

Tiempo	% de restitución
30 Segundos	50%
60 Segundos	75%
90 Segundos	87%
120 Segundos	83%
150 Segundos	97%
180 Segundos	98%

Nota. Adaptado de "Fisiología del ejercicio" por Lopez y Fernández, 2006, p. 80. Copyright 2006, por Editorial Paidotribo

Por lo tanto, se demuestra que el sistema PC-ATP solo utiliza el ATP y la PCr, siendo estas fuentes de energía a corto plazo; el sistema del ácido láctico solo utiliza hidratos de carbono principalmente, las reservas de glucógeno del músculo. A su vez, el sistema aeróbico puede emplear diferentes tipos de energía, como lo son: las proteínas, los hidratos de carbono y las grasas, las dos primeras son las fuentes de preferencia (Williams, 2002; Bowers, 1998).

Consecuentemente, se establece una relación existente entre la intensidad del ejercicio y la utilización de los sustratos energéticos, ya que cuando se trabaja con intensidades moderadas del 50% del consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$), se utilizan menos hidratos de carbono y más grasas, pues el glucógeno muscular y los triglicéridos musculares, como la glucosa liberada por el hígado y los ácidos grasos libres procedentes del tejido adiposo, constituyen las fuentes principales. Asimismo, cuando se trabaja a

niveles del 70 al 80% del $VO_{2m\acute{a}x}$ los hidratos de carbono contribuyen al 80% de los recursos energéticos totales (Wilmore y Costill, 2007; Williams, 2002) (ver tabla 3).

Tabla 3.

Las características principales de los sistemas energéticos

	ATP-PC	Ácido láctico	Oxígeno	Oxígeno
Fuente de energía principal	ATP, Fosfocreatina	Hidratos de carbono	Hidratos de carbono	Grasa
Nivel de intensidad	Máximo	Alto	Inferior	Mínimo
Ritmo de producción ATP	Máximo	Alto	Inferior	Mínimo
Producción de potencia	Máximo	Alto	Inferior	Mínimo
Capacidad de producción de ATP total	Mínima	Baja	Alta	Máxima
Capacidad de Resistencia	Mínima	Baja	Alta	Máxima
Necesidad del oxígeno	No	No	Sí	Sí
Anaeróbico / Aeróbico	Anaeróbico	Anaeróbico	Aeróbico	Aeróbico
Factor tiempo	1-10 Segundos	10-120 Segundos	5 Minutos o más	Horas

Nota. Adaptado de "Nutrición para la salud, la condición física y el deporte" por M, Williams, 2002, p. 88. Copyright 2002 por Editorial Paidotribo

Consecuentemente, se establece que el sistema oxidativo o aeróbico produce gran cantidad de energía, a partir de la degradación de los hidratos de carbono y las grasas en presencia de oxígeno, siendo este el método principal de producción de energía, en las pruebas de resistencia. (Bean, 2005; Wilmore y Costill, 2009) (ver tabla 4).

Tabla 4.

La contribución en porcentajes de las fuentes de energía anaeróbicas y aeróbicas, durante los diferentes periodos de tiempo de trabajo máximo.

Tiempo	10 s	1 min	2 min	4 min	10 min	30 min	60 min	130 min
Anaeróbico	85 %	70%	50%	30%	15%	5%	2%	1%
Aeróbico	15 %	30%	50%	70%	85%	95%	98%	99%

Nota. Adaptado de "Nutrición para la salud, la condición física y el deporte" por M, Williams, 2002, p. 88. Copyright 2002 por Editorial Paidotribo

El metabolismo y el ejercicio

El ser humano posee un gasto de energía compuesto del siguiente modo: el gasto metabólico durante el reposo o Tasa Metabólica Basal (TMB), el efecto térmico de los alimentos, el gasto energético durante la actividad física, dando como resultado, el llamado metabolismo (Martínez, 1998).

El metabolismo se define como la suma total de todos los cambios físicos y químicos, producidos en el organismo, en él se llevan a cabo dos procesos fundamentales: a) el anabolismo, que es el proceso de formación o metabolismo constructivo, en este se construyen los componentes complejos del organismo y se sintetizan a partir de los nutrientes básicos, por ese motivo el anabolismo necesita la energía; y b) el catabolismo es el proceso destructivo, específicamente, provoca la desintegración de los componentes más simples (Williams, 2002).

En relación con el efecto térmico de los alimentos, este representa la energía que se necesita, para realizar el proceso de la digestión de los alimentos, y puede significar pocas calorías perdidas (Davis et al, 1983). Por otra parte, no se han demostrado diferencias significativas en el efecto térmico de los alimentos, aplicado tanto a los sujetos físicamente activos como a los no activos, sin embargo, representa una pequeña porción del gasto energético, durante las veinticuatro horas del día (Burke et al, 1993; LeBlanc et al, 1984).

En cuanto a la TMB o índice metabólico basal (IMB), este representa parte de las necesidades energéticas en la mayoría de los procesos celulares y en los tejidos requeridos para la continuación de las actividades fisiológicas durante el reposo además, se estima que la TMB representa entre el 60 y el 75% del gasto energético total, diariamente (Heredia et al, 2007; Wilmore y Costill, 2007; Melanson et al, 2002).

Por lo tanto, la TMB puede ser alterada por factores como: la edad y la etapa del crecimiento, ya que los niños cuentan con un elevado metabolismo, por causa de la gran intensidad de las reacciones celulares y la rápida síntesis del material celular. Por otro lado, la talla, la temperatura corporal, el estrés, los agentes hormonales y ambientales, el embarazo, el movimiento humano (ejercicio o actividad física) y la constitución mórfica de cada sujeto, pueden alterar la TMB siendo mayor en individuos con una constitución física mesofórmica y menor en sujetos obesos, ya que los músculos constituyen tejidos activos en

comparación con el tejido adiposo, el cual es de escasa actividad metabólica (Heredia et al, 2007; Wilmore y Costill, 2007).

De esta manera, en la etapa adulta, ocurren cambios en el MB, al presentarse una disminución en la masa celular activa y en muchos casos, aumenta la grasa corporal total; consecuentemente, la variable sexo interviene directamente, pues el hombre presenta una mayor activación del MB, debido a que la mujer cuenta con menos cantidad del tejido muscular y más tejido adiposo (Jiménez, 2006; Binzen, 2001).

Por otro lado, el MB también puede ser alterado por el sistema endocrino, debido a la segregación de hormonas, en algunas glándulas endocrinas, como la adrenalina, la cual aumenta el MB, seguido por la tiroxina (hormona producida por la tiroides), la misma puede aumentar el metabolismo como a su vez, si esta disminuye (hipotiroidismo), el MB se ve igualmente perturbado (Jiménez, 2006).

Otro elemento que puede alterar el MB es el efecto térmico de los alimentos, por ser sustancias que elevan temporalmente el MB, causado principalmente, por las distintas reacciones químicas asociadas con el sistema digestivo, principalmente, la absorción y el almacenamiento de estos en el organismo (Williams, 2002).

En cuanto a la actividad física, esta puede inducir un incremento en el costo energético total, de un modo crónico y agudo, manifestando las adaptaciones del MB, en cada sujeto de forma independiente y depende en gran parte, de los hábitos saludables que tenga el mismo (Heredia et al, 2007). Por último, el MB también se ve afectado por los elementos constituyentes del sistema cardiorrespiratorio, como lo son la frecuencia cardiaca y respiratoria (Camps, 2007).

Por último, la cuantificación de las calorías que se gasta por unidad de tiempo, se ha realizado comúnmente, midiendo el Consumo Máximo de Oxígeno ó $VO_{2máx}$, el cual se analiza seguidamente (Melanson et al, 2002).

El $VO_{2máx}$ (representa la cantidad máxima de oxígeno (O_2) que puede aprovechar el cuerpo, realizando una actividad física de exigencia, durante un tiempo determinado), entre otros; estos se entrelazan en la realización de la actividad física, causando numerosos cambios, con la finalidad de permitir al sistema cardiorrespiratorio, satisfacer las demandas impuestas con la máxima eficiencia (Wilmore y Costill, 2007).

Hay varios elementos que se pueden evaluar, dirigidos a determinar la correcta funcionalidad de este sistema, uno de ellos es el $VO_{2máx}$, el cual se define como el valor máximo de la capacidad aeróbica; y se considera como el mejor control de la resistencia

cardiorrespiratoria y la capacidad aeróbica (ASCM, 2009; Wilmore y Costill, 2007; Bowers y Fox, 1998; Furtado, 2004).

Asimismo, el $VO_{2\text{máx}}$. ha sido empleado para cuantificar las calorías que se gastan por tiempo, pues varios estudios han estimado que por cada litro de oxígeno, se deben utilizar 5kcal, por esa razón, esta constituye un modo para expresar el gasto energético. Por lo tanto, cualquier actividad física, ya sea aeróbica o anaeróbica, se mide por el O_2 consumido, en el ejercicio físico o después (CODE) (Melanson et al, 2002).

Específicamente, este estudio se enfoca propiamente a la magnitud y duración del Consumo de Oxígeno Después del Ejercicio (CODE), o como lo que se entiende en inglés, como Excess Post Exercise Oxygen Consumption (EPOC).

Sistema Cardiorrespiratorio

El sistema cardiorrespiratorio se compone del corazón, los vasos sanguíneos, la sangre, la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la ventilación pulmonar, la disfunción pulmonar, el intercambio capilar de los gases y el transporte del oxígeno y dióxido de carbono, por la sangre (Wilmore y Costill, 2007).

Este sistema induce que la sangre circule a través de una red cerrada de vasos sanguíneos, los cuales se infiltran en todos los tejidos corporales además, todos los componentes de este sistema trabajan de forma integral, con la finalidad de ejecutar los procesos más eficazmente en presencia de las alteraciones fisiológicas, desempeñando un papel crítico en las respuestas fisiológicas al ejercicio (ACSM, 2009).

El sistema cardiorrespiratorio sufre ciertas adaptaciones durante la práctica del ejercicio físico, como lo son: el aumento del tamaño del corazón del ventrículo izquierdo, la frecuencia cardiaca, el volumen sistólico, el gasto cardiaco, el flujo de la sangre, la tensión arterial, el flujo y el volumen sanguíneo, el consumo máximo de oxígeno ó $VO_{2máx}$, (representa la cantidad máxima de oxígeno $-O_2-$), la cual puede aprovechar el cuerpo, realizando una actividad física de exigencia durante un tiempo determinado), entre otros; estos se entrelazan en la realización de la actividad física, causando numerosos cambios, con la finalidad de permitir que el sistema cardiorrespiratorio satisfaga las demandas impuestas, con la máxima eficiencia (Wilmore y Costill, 2007).

Hay varios elementos que se pueden evaluar, tendientes a determinar la correcta funcionalidad de este sistema, uno de ellos es el $VO_{2máx}$, el cual se define como el valor máximo de la capacidad aeróbica y se considera, como el mejor control de la resistencia cardiorrespiratoria y la capacidad aeróbica (ACSM, 2009; Wilmore, 2007; Bowers, 1998; Furtado, 2004).

Investigadores como Laforgia, Whitters y Gore (2006), en sus investigaciones que han evaluado el $VO_{2\text{máx}}$, antes, durante y después de realizar la actividad física, por lo tanto, el presente estudio se enfoca propiamente, en la magnitud y la duración del consumo de oxígeno después del ejercicio (CODE) o como lo que se entiende en inglés, como Excess Post Exercise Oxygen Consumption (EPOC).

Consumo de oxígeno después del ejercicio (CODE)

El término CODE, se refiere a la elevación del consumo del oxígeno en reposo producido después del ejercicio, también, se le conoce como la cantidad del oxígeno consumida durante la recuperación, la misma puede exceder lo que podría haberse consumido habitualmente, en una situación de reposo durante el mismo periodo (Bowers, 1998; Wilmore y Costill, 2007).

Entre las razones por las cuales se puede producir este fenómeno descrito anteriormente, están el aumento de la temperatura corporal y el intercambio del oxígeno y dióxido de carbono; aunque es claro, que la medida del $VO_{2\text{máx}}$ no es siempre proporcional a la producción del calor corporal, sin embargo, sí es un elemento a considerar a la hora de cuantificar el gasto calórico total de cualquier actividad física lo anterior, debido a que una forma para medir el CODE, es por medio del gasto calórico. A este proceso también se le puede asociar, la cantidad del oxígeno utilizados por el organismo en la resíntesis intramuscular del fosfato y glucógeno, como consecuencia del ejercicio físico con alta

intensidad. Además, se enlaza al aumento de la utilización de los ácidos grasos, por esa razón entrelazados todos estos elementos ayudan a mantener elevada la tasa metabólica, durante horas después de cesada la actividad física, representando el CODE, como el mecanismo utilizado por el cuerpo, para regresar a su estado basal (Camps, 2007; Scott et al, 2006; Robert et al, 2007; Bizen, 2001).

Existen factores que influyen sobre el CODE, como lo son: el tipo de ejercicio, la intensidad y la duración de este, el nivel de entrenamiento del sujeto, la masa libre de grasa, horas de sueño antes de la actividad física, la ingesta de los alimentos y las condiciones ambientales presentes; todos estos elementos provocan tanto un aumento en los procesos metabólicos, como en la circulación sanguínea, la frecuencia respiratoria, la temperatura corporal, entre otros (Brehm y Gutin, 1985; Furtado, 2004; García, 2000; Williams 2002).

El elemento CODE ha resultado de fundamental importancia en el control y el manejo del peso, debido a que cuando se realiza una sesión continua de ejercicio físico se provoca un CODE, mientras si se fragmenta la sesión del ejercicio, se pueden provocar varios CODE, que aunque ambas sesiones duren la misma cantidad de tiempo y el mismo gasto calórico total durante la actividad, la adición de cada CODE es mayor que obtenido después de una sola sesión y además, presenta menor riesgo de lesión articular por sobrecarga (Camps, 2007; Almuzaini, 1998; Kaminsky et al, 1990).

La variable CODE se ha estudiado tanto en el ejercicio aeróbico como en el anaeróbico, con distintas intensidades, tipos, duraciones y otras variables.

En cuanto al ejercicio aeróbico, por ejemplo, los trabajos con intensidades supra máximas (105% del $VO_{2máx}$) inclinándose que causan un CODE de mayor duración que los trabajos con intensidades moderadas (70-75% $VO_{2máx}$), en sujetos moderadamente entrenados, ya que en atletas no representan mayor significancia; como el trabajo de Bell et al. (1997), quienes sometieron a dieciséis ciclistas masculinos, con edad promedio de veintitrés años, todos atletas, ejecutando tres sets de bicicleta estacionaria, realizando un minuto a una intensidad del 125% de su $VO_{2máx}$, seguido de cinco minutos de descanso, sin encontrar diferencias en las variables, para la recuperación del lactato después de trabajos de alta intensidad y el CODE, en esta población.

Consecuentemente, estudios realizados como el de Almuzaini, Potteiger y Green (1998), quienes investigaron la influencia de dos sesiones de treinta minutos de ciclo ergómetro sobre el CODE, ejecutando una sesión completa de treinta minutos a un 70% de su $VO_{2máx}$, seguido de una medición de cuarenta minutos de CODE y en la segunda sesión, la dividieron en dos trectos de quince minutos, seguido de una medición de veinte minutos de CODE cada tracto, encontrando mayor CODE en la sesión dividida.

Por otro lado, se presentan estudios como el de LeCheminant et al. (2008), en donde investigaron un grupo de veinticinco mujeres obesas y dieciséis hombres obesos, por dieciséis meses, ejecutando por veintiséis semanas ejercicio aeróbico en banda caminadora, cinco días a la semana, sin excederse del 75% de su frecuencia cardiaca y con una duración de cuarenta y cinco minutos; se realizaron mediciones del CODE por tres horas continuas al mes número 9 y 16, por medio de una calorimetría indirecta como respuesta de una sesión de entrenamiento, el gasto calórico fue estimado por las diez sesiones ejecutadas previamente, al día de control del CODE; encontrando mejoras en el gasto energético y el CODE en las dos mediciones efectuadas a la población masculina, no así a la femenina, concluyendo que el cambio en el volumen del ejercicio benefició al gasto calórico y CODE en los hombres.

Entre tanto, Lyons et al., (2006), observaron dos tipos de entrenamiento con ergómetro de brazos, empleando una intensidad del 60 % del $VO_{2m\acute{a}x}$, aplicando dos tipos de sesiones, una ejecutando treinta minutos continuos y la otra segmentada aplicando tres bloques de diez minutos. En ambas sesiones, reportaron un descanso de doce horas post ejercicio, concluyendo que el entrenamiento de intervalos generó mayor CODE, que el entrenamiento continuo.

Consecuentemente, Lyons et al. (2007) analizaron a diez hombres sedentarios, a quienes les aplicaron ejercicio con una intensidad del 60% del $VO_{2m\acute{a}x}$, en la modalidad de ergómetro de brazos y en bicicleta estacionaria, cada sesión tenía un protocolo de treinta

minutos y evaluando el CODE, hasta volver a la base de línea establecida, determinando que el ejercicio en bicicleta estacionaria provocó mayor CODE, comparado con el ejercicio en ergómetro de brazos.

En cuanto a CODE y el ejercicio contra resistencia, Binzen, Swan y Manore (2001), realizaron un estudio, dirigido a observar el efecto agudo de cuarenta y cinco minutos de entrenamiento de contra resistencia (tres series de ocho repeticiones de un 10 RM, con un minuto de descanso, entre cada serie) sobre el CODE y la oxidación de sustratos 120 minutos posteriores al tratamiento, en diez mujeres moderadamente entrenadas, y encontraron que este tipo de ejercicio produce un incremento moderado en el $VO_{2m\acute{a}x}$ post ejercicio o CODE y aumento en la oxidación de las grasas, durante un periodo de dos horas de recuperación.

Por otra parte, se encuentran estudios como el de McKay, Chilibeck y Daku (2007), quienes estudiaron a diez hombres con una edad promedio de treinta años, sometidos a un entrenamiento de contra resistencia, con una duración de treinta minutos, ejecutando una serie de diez repeticiones a un 50% de 1RM, seguido por cinco sets de ocho repeticiones a un 75% de su 1RM, en los ejercicios de prensa de pierna y extensión de rodilla, con un minuto de descanso entre cada set, controlando el $VO_{2m\acute{a}x}$ por calorimetría indirecta y el músculo recto femoral, con un meca miógrafo, desde el inicio de la sesión y hasta cinco horas después de concluida, reportando que el músculo en reposo es mecánicamente más activo, después del ejercicio contra resistencia y podría contribuir a elevar el $VO_{2m\acute{a}x}$.

Igualmente, Haltom et al. (1999), investigaron a siete hombres, con una edad promedio de veintisiete años, todos saludables, quienes realizaron un circuito de entrenamiento contra resistencia, el cual constaba de ocho ejercicios, ejecutando veinte repeticiones al 75% del 20 RM, aplicando en el primer circuito, veinte segundos de descanso y en el segundo circuito, sesenta segundos de descanso, se dictó un mayor CODE con el protocolo de los veinte segundos de descanso.

Otro estudio en esta área es el de Burleson, et al. (1997), quienes aplicaron en quince hombres, con edad promedio de veintidós años, comparando el efecto del entrenamiento en banda sin fin (caminadora) y el entrenamiento contra resistencia. En donde primeramente, se aplicó el entrenamiento con pesas a una intensidad del 60% de 1RM, realizando dos circuitos con ocho ejercicios, con descansos de cuarenta y cinco a sesenta segundos, entre cada circuito y dos semanas después, se realizó la sesión de carrera, a un 45% de su $VO_{2máx}$, cumpliendo el mismo tiempo de duración de las sesiones de pesas, obteniendo mayor CODE a los treinta y noventa minutos, después del ejercicio contra resistencia comparado con las sesiones de carrera.

Consecuentemente Schuenke, Mikat y McBride (2002), indagaron a siete hombres, con edad promedio de veintidós años, ejecutando cuatro circuitos de contra resistencia, cada circuito consistió en los ejercicios de prensa de pecho, barra fija y sentadillas, con una intensidad de percepción del 10 RM, con una duración total de treinta y un minutos la sesión reportando un CODE de hasta dieciséis horas.

Por otro lado, se encuentra el estudio de Gillette, Bullough y Melby (1994), quienes realizaron una investigación en diez hombres activos, con edades entre los veintidós a treinta y cinco años, aplicando tres tratamientos: el primero un entrenamiento contra resistencia, empleando cinco sets en diez ejercicios a un 70% de 1RM, el segundo tratamiento en bicicleta estacionaria, a un 50% de su $VO_{2m\acute{a}x}$ y el tercer, una sesión control, al permanecer sentados en un reposo controlado, determinando que el entrenamiento con pesas, fue el que produjo un mayor CODE.

Otro estudio corresponde al de Drummond et al. (2006), quienes estudiaron una muestra de diez hombres, aplicando tres protocolos distintos: primero, solo ejercicio contra resistencia (siete ejercicios), segundo carrera en banda caminadora (veinticinco minutos) y tercero, una combinación de ambas, se comprobó que a los diez minutos de finalizado la carrera, se genera mayor CODE que en cualquier otra combinación, pasados los treinta minutos, la combinación de contra resistencia-carrera estimuló un mayor CODE, por ese motivo, se recomendó, realizar primeramente la carrera, pues posee más dificultad fisiológica, seguido del entrenamiento contra resistencia en una sola sesión.

En la mayoría de estudios consultados, se puede observar que la investigación sobre el efecto del entrenamiento contra resistencia en el CODE, se ha centrado principalmente, en los hombres, lo anterior se debe según Thornton y Potteiger (2001); Borsheim y Bahr (2003); Sedlock, (1991); Binzen et al, (2001), a que las mujeres tienen menos masa muscular y pueden levantar menos volumen de peso durante los entrenamientos que los

hombres, de este modo, sus respuestas metabólicas son diferentes y no pueden compararse y por otro lado, que en las mujeres, existen muchas variables a tomar en consideración, tanto durante el ejercicio, como en el periodo de recuperación, provocado por el ciclo menstrual y el cual no siempre es contemplado, aunque se debe.

Por último, cabe mencionar, que existen pocos estudios que involucren sujetos activos e inactivos, en el área del entrenamiento contra resistencia, se localizó la investigación realizada por Dolezal y cols (2000), en donde se utilizó la máquina de prensa de pierna, ejecutando ocho sets a una intensidad del 6 RM, para determinar cuál grupo de sujetos tendría mayor gasto en el metabolismo basal y daño muscular, después del ejercicio. Se llegó a determinar que el grupo de inactivos, presentó mayor daño muscular y el grupo de activos, manifestó mayor gasto en el MB, veinticuatro horas después de finalizado el ejercicio.

Por consiguiente, mencionando las investigaciones anteriormente descritas, se muestra la gran importancia surgida en los investigadores, sobre el tema del CODE y sus múltiples aplicaciones. Revelando cada vez más, la existencia de múltiples incertidumbres por descubrir, por eso, surge la importancia de analizar con profundidad, la influencia de dos sesiones distintas del entrenamiento contra resistencia, tanto en hombres adultos activos como en los inactivos, con la finalidad de medir la magnitud y la duración del CODE.

Capítulo III

METODOLOGÍA

Sujetos:

Participaron doce hombres activos e inactivos (N=6 activos, N= 6 inactivos), con un rango de edad que oscila entre los veintisiete y los treinta y dos años además, fueron seleccionados de forma pareada, es decir, cada participante del grupo de activos e inactivos poseen su contraparte más próxima en edad, peso y estatura, procurando tener en ambos conjuntos, las características más parecidas posibles, esto con la finalidad de que la diferencia se deba principalmente, a su nivel de entrenamiento.

Dejando excluidas a las mujeres, ya que estas presentan la dificultad y la limitación de poder controlar el ciclo menstrual además, presentan menor fuerza y masa muscular, por lo tanto, su respuesta metabólica es desigual (Thornton y Potteiger, 2001; Borsheim y Bahr, 2003).

A su vez se presentaron los siguientes criterios de inclusión: todos varones saludables, de ese modo, no manifiestan ninguna enfermedad como: afección cardiaca, diabetes, hipertensión, el síndrome metabólico u cualquier otra enfermedad degenerativa, esto con la finalidad de obtener una población homogénea y no ostentar variables, las cuales puedan ser contaminantes en el estudio.

De este modo, se descartó cualquier riesgo a nivel coronario, aplicando el cuestionario PAR-Q (Thomas, 1992) (Ver: Anexo1) conjuntamente, el nivel del entrenamiento se valoró por medio del cuestionario internacional IPAQ (Booth, 2002) (Ver: Anexo2), con la finalidad de tipificar a los sujetos, en activos e inactivos además, cada participante firmó un consentimiento con conocimiento de causa.

Tabla 5.

Datos del cuestionario internacional IPAQ

Nivel de Actividad Física	Alto	Medio	Bajo
Activos	6		
Inactivos			6
Total	6		6

Instrumentos y materiales:

Talla:

Para la evaluación de la talla, se utilizó un estadímetro fijo de marca TANITA HR-100 Height Rod, este protocolo consistió en medir la distancia máxima, entre la región plantar y el vértex, en un plano sagital, para eso, se utilizó un protocolo, en donde es de suma importancia la posición adoptada por el sujeto, debe cumplir con los siguientes procedimientos: descalzo con la menor ropa posible, la superficie sobre la cual se coloca al sujeto debe ser plana y debe estar de forma perpendicular con respecto al estadímetro, los

talones unidos tocando la superficie vertical donde está colocado el aparato, el peso del cuerpo debe estar distribuido uniformemente sobre los dos pies, las escápulas, glúteos, talones y parte posterior del cráneo deben estar proyectados, en el mismo plano vertical y en contacto con la pared, después de adoptada y mantenida la posición descrita, se baja el cursor del estadímetro, se coloca firme sobre el vértex y se realiza la lectura, esta se realizó hasta el 0,5 cm. más cercano.

Peso:

Después, se estableció la valoración del peso, este se describe como la acción de la gravedad, sobre la masa corporal y se puede utilizar el término peso de una manera generalizada, para este fin, se utilizó una balanza de plataforma electrónica de marca TANITA IRONMAN Inner Scan BC-554, la apreciación mínima corresponde a medio kilogramo, el protocolo del mismo se describe a continuación: el sujeto debe colocarse de pie descalzos, en el centro de la plataforma, se utiliza la menor cantidad de ropa, además el sujeto no debe tener ningún contacto con los objetos aledaños, una vez adoptada la posición, se efectúa la lectura y se anota en la hoja de referencia individual, este dato se leyó en kilogramos.

Pliegues Cutáneos:

Con el fin de identificar claramente a los sujetos con grados de obesidad, sobrepeso o saludables, se seleccionó el método de evaluación de pliegues cutáneos de Jackson y

Pollock (Krause, 1995), en donde se utilizó un calibrador con el objetivo de medir el grosor de la grasa, por medio de las mediciones de los siguientes tres pliegues cutáneos y con un 98% de exactitud (ACSM, 2009; Howley y Frank, 1995):

Sub escapular, este cuantificó el tejido adiposo localizado inmediatamente debajo del ángulo inferior de la escápula, para su medición, el sujeto se coloca de pie, adoptando una postura relajada, con los brazos colgados a los lados del cuerpo, el evaluador situado detrás del participante, palpa la escápula por debajo del ángulo inferior de ésta, en dirección diagonal e inclinada infero-lateralmente, unos 45 grados, siguiendo las líneas del clivaje de la piel.

Abdominal, es el pliegue adiposo ubicado en la región mesogástrica derecha, adyacente al ombligo y separado de éste aproximadamente en 5,0 cm., para su medición, el participante se situó de pie en posición erecta, adoptando una postura natural, el evaluador se colocó de frente al sujeto, realizó la medición, tomando el panículo en sentido vertical.

Por último, el pliegue del muslo, se define como el grosor del panículo, localizado en la parte anterior del muslo, en el punto medio de la distancia entre el pliegue inguinal y el borde proximal de la rótula, para su medición, el sujeto se sentó de manera tal, que la rodilla quede flexionada en ángulo recto.

1RM:

Seguidamente, se valoró la fuerza muscular, en este apartado se utilizó un equipo de la marca CYBEX, en la modalidad de equipo contra resistencia con polea. En esta evaluación, se aplicó el método de valoración del 1RM (una repetición máxima) (Fleck y Kreamer, 2004), siendo esta una evaluación máxima, para la medición de la fuerza muscular, y de acuerdo a Rodrigues y Chagas (2003), esta prueba ha sido reportada con una confiabilidad entre 0.79 hasta 0.99. Previo a la valoración, se aplicó un calentamiento de cinco minutos de ejercicio moderado en la bicicleta estacionaria seguidamente, se colocó un peso que podía manejar con comodidad, si la técnica se mantenía, el peso se aumentaría hasta que no logrará ejecutar la técnica correcta y se anotó el último peso máximo, ejecutado correctamente.

Medición de la tasa metabólica basal (TMB):

Cada sesión de entrenamiento se precedió por una medición de la TMB, utilizando la máquina del intercambio respiratorio marca Medgraphics, modelo VO₂₀₀₀, con una precisión del $\pm 0.1\%$ (Medgraphics, 2010), consecuentemente, se procedió a su medida a las 6:30 horas de la mañana, antecedida de ocho horas de sueño, sin realizar los sujetos actividad física, veinticuatro horas antes, no se consumieron ningún alimento sólido ni ingirieron alguna bebida con cafeína o alcohol, lo anterior de acuerdo a lo sugerido por Barh et al. (1987).

El laboratorio permaneció a una temperatura de 24 °C, el participante se mantuvo en una posición supina, por un lapso de quince minutos según protocolo, respirando e inhalando a través de la mascaró correspondiente, la aproximación obtenida fue el promedio de los últimos diez minutos valorados.

Medición del consumo de oxígeno después del ejercicio (CODE):

El consumo máximo del oxígeno después del ejercicio (CODE), se evaluó en litros por minuto ($L \cdot \text{min}^{-1}$). Esta medición empezó a regir, al finalizar la sesión del entrenamiento contra resistencia, hasta que se lograron obtener los mismos valores del consumo del oxígeno basal (las unidades fueron las kcal), previamente determinados.

En este estudio, tanto la medición de la TMB, como el consumo de oxígeno después del ejercicio, se mostró en una máquina de intercambio respiratorio marca VO₂₀₀₀, en donde esta misma utiliza el aire ambiental y por último, procedió a mostrar los datos previamente programados y solicitados. Este equipo se auto calibra.

Procedimientos:

Se procedió a realizar una visita al laboratorio con los participantes, esto con la finalidad del reconocimiento del mismo, además, se dirigió una charla, con el propósito de explicar y solventar cualquier duda en cuanto a los procedimientos a seguir.

Aclarado este punto y firmados los consentimientos, les aplicaron los cuestionarios anteriormente citados y se procedió a tomar las siguientes mediciones previas a la ejecución de los tratamientos:

La talla, el peso, pliegues cutáneos con calibrador y la evaluación del 1 RM en cada uno de los ejercicios a utilizar en el estudio (prensa de pecho, jalón dorsal por delante, prensa de pierna, extensión de rodilla, flexión de rodilla, máquina militar de hombro, máquina de flexión y extensión de brazo) además, se aleatorizaron los tratamientos con el objetivo de que el orden de los mismos no influenciará ni contaminara el estudio.

Posteriormente, siete días después de las evaluaciones antes mencionadas, se preparó la ejecución de los tratamientos de dicho estudio. El día de la aplicación del tratamiento se inició a las 6:30 am, citando solo a un sujeto de estudio a la vez, luego se procedió a realizar la medición de la TMB, seguido se ofreció un jugo de naranja y un paquete de galletas, a todos por igual, llevando a estandarizar la elevación del gasto energético en reposo y su efecto térmico en los alimentos (Williams, 2002). A continuación, se efectuó un calentamiento de cinco minutos en bicicleta estacionaria sugerido por Lyons et al. (2006), precedido de la sesión de entrenamiento de contra resistencia (Ver: Anexo3).

Las sesiones de entrenamiento contra resistencia se desarrollaron a una intensidad del 70% del 1RM evaluado previamente, a su vez, se continuó con la ejecución de tres series, de ocho repeticiones en ocho ejercicios de pesas.

Cada tratamiento, fuera en modalidad de circuito (RC) o con descansos (RD), se ejecutaron con siete días de diferencia entre una sesión y otra, realizando la misma secuencia de diferentes áreas musculares y cumpliendo con el orden de las máquinas antes mencionadas.

Inmediatamente después de finalizada cada sesión, se trasladó al sujeto al laboratorio y se procedió a realizar la medición de la TMB además, al ser sesiones de corta duración (no mayor a los treinta minutos), no requirieron de bebidas hidratantes.

Análisis estadístico:

En el presente estudio, se aplicó un análisis estadístico de variancia (ANOVA) de dos vías, tipo de ejercicio (RC y RD) y nivel de entrenamiento (activos e inactivos físicamente) a dos niveles cada uno, con un arreglo factorial de tratamiento en un modelo Cross Over, el orden mediante el cual, los sujetos del estudio realizaron los tratamientos de ejercicios de contra resistencia (RC Y RD), fue de carácter aleatorio. Toda la información se procesó a través del paquete estadístico, para las Ciencias Sociales SPSS versión 17.0 para Windows. Los datos se sometieron a prueba, a un nivel de significancia del 5%.

Capítulo IV

RESULTADOS

A continuación, se desglosan las características descriptivas del presente estudio:

Tabla 6.

Datos descriptivos de los sujetos activos (n=6) e inactivos (n=6), quienes participaron en el estudio.

	Talla (cm)	Peso (kg)	Edad	% de grasa método de pliegues cutáneos	% de grasa método de bioimpedancia
Activos	1,75 ± 0.02	78,5 ± 5.39	29±1.47	18,6 ± 3.61	19 ± 1.94
Inactivos	1,65 ± 0.06	66 ± 10.75	29±2.06	16 ± 4.92	19 ± 6.46

En la tabla 6, se muestran las características descriptivas de ambos grupos, como lo son: la talla, el peso, la edad y el porcentaje de grasa. Tal como se observa, los sujetos activos poseen particularidades promedios de talla con 1,75 cm, peso corporal de 78,5 kg, edad de veintinueve años, porcentaje de grasa corporal utilizando el método de pliegues cutáneos con 18,6%; bajo el protocolo de bioimpedancia es de 19%. Por otro lado, los participantes inactivos presentan promedios de talla de 1,65 cm, peso corporal de 66 kg, edad de veintinueve años, grasa corporal con método de pliegues cutáneos del 16% y por bioimpedancia del 19%. Se debe destacar la similitud de las características de los sujetos, con excepción del peso y estatura, eso se logró mediante un control individuo-individuo, es decir por pareo, un individuo entrenado versus uno inactivo, los más similar posible en cuanto a las variables, lo anterior es la base de la metodología utilizada.

Tabla 7.

Promedios del tiempo necesario en regresar a la tasa metabólica basal, después de la aplicación de los tratamientos a los sujetos activos (n=6) e inactivos (n=6)

Sujetos/ tratamiento	RD (seg.)	RC (seg.)	Total (seg.)
Activos	199 ± 99,74	477 ± 286,63	338 ± 250,99
Inactivos	412 ± 222,33	642 ± 201,89	527 ± 235,55
Total	305 ± 198,35	560 ± 251,59	

Nota: RD denota tratamiento de rutina con descanso, RC apunta al tratamiento de rutina en circuito

Tabla 8.

Datos de ANOVA de la variable tiempo necesario en regresar a la tasa metabólica basal, después de la aplicación de los tratamientos a los sujetos activos (n=6) e inactivos (n=6)

Fuente de variación	F	p
Nivel de entrenamiento	49,71	0,000107*
Tipo ejercicio	90,15	0,000012*
Interacción	0,80	0,398

Nota: F significa fuente de variación: p denota la significancia, * p<0.05.

Gráfico 1. Comparación de los sujetos activos e inactivos, en la recuperación en segundos de la TMB, aplicando el tratamiento en RC. Febrero 2009.

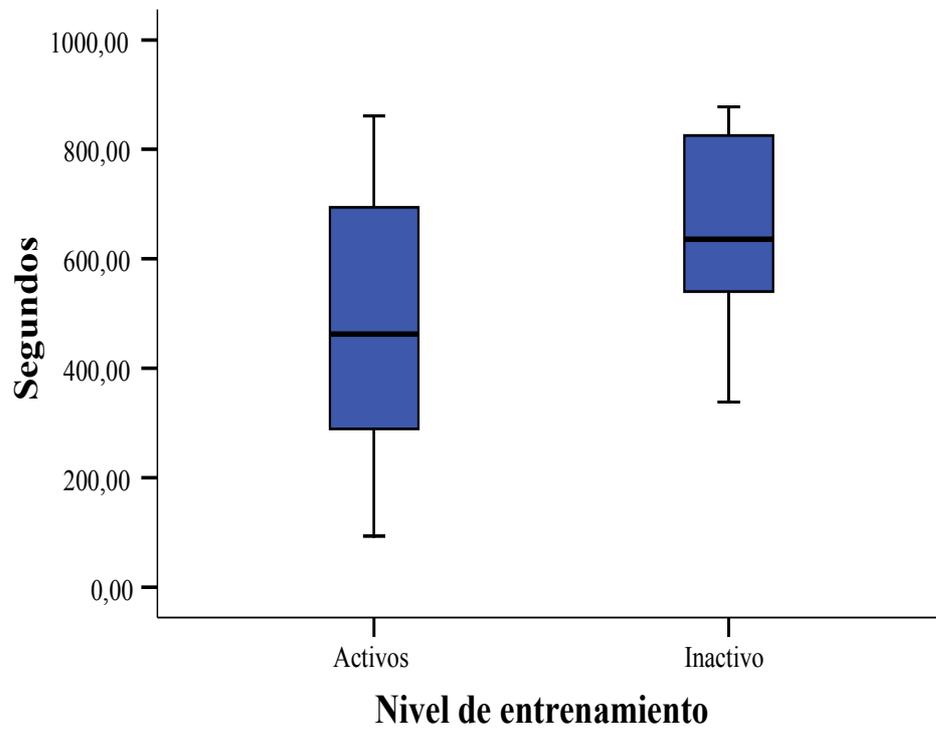
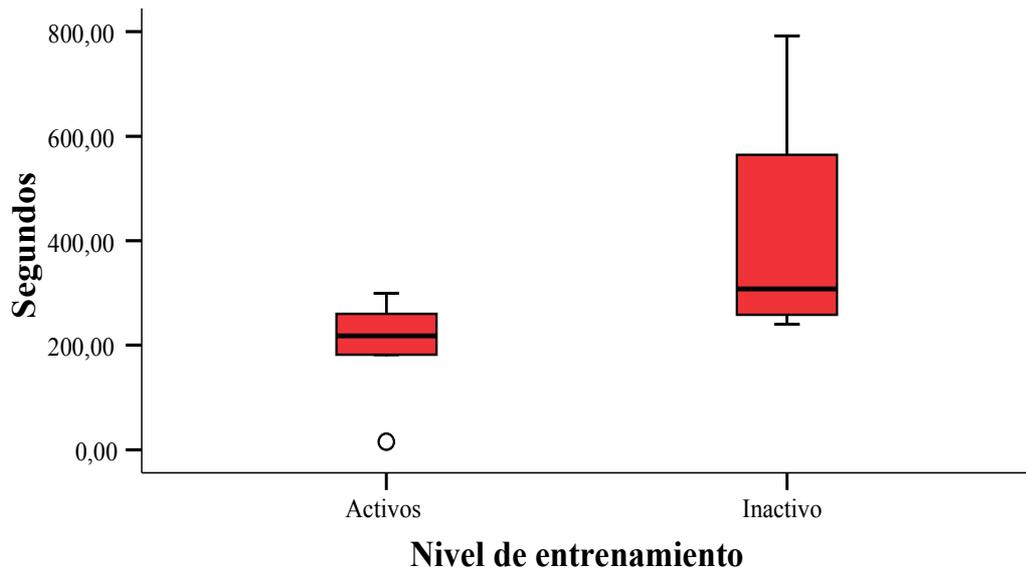


Gráfico 2. Comparación de los sujetos activos e inactivos, en la recuperación en segundos de la TMB, aplicando el tratamiento en RD. Febrero 2009.



Según los gráficos 1 y 2 y las tablas 7 y 8, se puede observar que hubo diferencias estadísticamente significativas, en la variable duración del CODE ($F=90,15$; $p= 0,000012$) entre los tipos de ejercicio- RC ($\bar{X} : 560 \pm 251,59$ seg) y RD ($\bar{X} : 305 \pm 198,35$ seg). Es decir, que en el RC, los sujetos tardaron más segundos en recuperarse, hasta alcanzar la TMB confrontado al tratamiento RD. Por otro lado, se puede observar que también hubo diferencias estadísticamente significativas, en la variable tiempo de acuerdo con el nivel de entrenamiento ($F= 49,71$; $p: 0,000107$), inactivos ($\bar{X} : 527 \pm 235,55$ seg) y activos ($\bar{X} : 338 \pm 250,99$ seg).

Es decir, los sujetos inactivos duraron un período más prolongado en recuperar que los sujetos activos.

Tabla 9. Datos de ANOVA de la variable Kcal totales gastadas por los sujetos del estudio

Fuente de variación	F	p
Nivel de entrenamiento	1,13	0,319
Tipo ejercicio	3,54	0,0967
Interacción	0,35	0,569

Nota: F significa fuente de variación y p denota la significancia

Tabla 10.

Promedio de Kcal, totales gastadas por los sujetos del estudio, regresando a su respectiva TMB, activos (n: 6) e inactivos (n:6)

Tratamiento	RD	RC	Total
Sujetos	(Kcal)	(Kcal)	(Kcal)
Activos	99 ± 12,85	118 ± 23,90	109 ± 20,82
Inactivos	75 ± 16,47	111 ± 56,01	93±45,76
Total	87 ± 19,03	115 ± 41,22	101 ± 34,46

Nota: RD denota tratamiento de rutina con descanso, RC significa tratamiento de rutina en circuito.

Según las tablas 9 y 10, se puede observar que no hubo diferencias estadísticamente significativas en la variable kcal totales ($F=3,54$), entre los tipos de ejercicio- RC ($\bar{X} 115\pm 41,22$ Kcal) y RD ($\bar{X} 87\pm 19,03$ Kcal). Por lo tanto, hay una tendencia no significativa estadísticamente ($p: 0,0967$), a que el RC genere un mayor gasto calórico que el RD. A su vez, se detalla que tampoco hay diferencias estadísticamente significativa, entre el nivel del entrenamiento ($F= 1,13$; $p: 0,319$), inactivos ($\bar{X} 93\pm 45,76$) y activos ($\bar{X} 109\pm 20,82$), es decir, ambos sujetos físicamente activos e inactivos generan un gasto calórico similar.

Capítulo V

DISCUSIÓN

En el presente estudio, el objetivo general consiste en determinar la influencia de dos sesiones distintas de ejercicio de contra resistencia (RD vs. RC), sobre el CODE, en los hombres adultos inactivos y activos.

En cuanto al protocolo de RC, este generó una mayor duración del CODE que la sesión del RD, lo anterior pudo compararse con el estudio de Haltom, et al. (1999), quienes confrontaron dos tipos de protocolos en circuito, uno que utilizó veinte segundos de descanso entre circuitos y el otro, sesenta segundos de descanso entre circuito, demostrando que el protocolo, con el descanso más corto obtuvo un mayor CODE.

En similitud con el presente estudio, el comportamiento del protocolo de Haltom, et al. (1999), con menos descanso incitó un comportamiento equivalente, al protocolo utilizado en esta investigación sin descanso, que fue el que provocó a nivel de tiempo, mayor CODE. Ambos estudios reflejan su mayor CODE en los primeros cinco minutos.

Lo anterior se puede explicar debido a que en el tratamiento RD, con el CODE de menor tiempo, con un período de duración en el descanso entre cada serie (sesenta segundos de descanso entre cada serie); pudo haber utilizado principalmente el sistema

energético de fosfágenos (Fleck y Kraemer, 2004), de tal modo, el sistema ATP-PC pudo haberse restituido en su mayoría (de un 75% a 93%), en un periodo que oscila de entre treinta segundos a dos minutos de descanso, tiempo que abarca el lapso utilizado en este estudio, lo cual no sucedió con el RC, pues no hubo tiempo de descanso entre series, entonces, toda la restitución en este último tratamiento mencionado, tuvo que llevarse a cabo hasta finalizar el ejercicio.

Además, se muestra que el tratamiento de RC tardó un tiempo total por sesión, aproximadamente treinta minutos, presentando características del ejercicio aeróbico. Según Williams, (2002), Brehm, (1985) y Burleson, (1997) las reservas de energía que se pudieron haber utilizado (glucógenos y grasas), debieron haber tenido una restitución con una mayor duración, como lo afirma Bahr et al, (1987), Hermansen et al, (1984), y Maehlum et al (1986) quienes tardaran hasta diez horas después del ejercicio, según la intensidad, esto se confirmó en el presente estudio, pues la sesión RC fue la que tuvo mayor duración de CODE.

No se debe olvidar, que la restitución de las reservas energéticas solo constituye uno de los factores que provocan el CODE, de acuerdo con lo citado por Ballor y Poehlman, (1992) y Burleson et al (1997), indican que algunos factores que contribuyen a elevar la TM post ejercicio, son la re síntesis del glucógeno a partir del lactato, la elevación de la temperatura, la restauración de la sangre venosa y mioglobina, la re síntesis del

fosfágeno (ATP y PCr), efectos residuales de las hormonas y la redistribución de iones, en los tejidos titulares (Fleck y Kraemer, 2004).

No obstante, esta diferencia significativa en la duración, no se reflejó en la magnitud del CODE, medido en calorías consumidas post sesión del ejercicio, lo anterior pudo haber sido, que el tamaño de la muestra utilizada fue pequeña.

También se detectó que los sujetos inactivos tardaron mayor tiempo en el CODE que los activos, lo anterior se puede explicar, debido que al tener una persona un entrenamiento previo, generó adaptaciones las cuales pudieron contribuir a que el CODE fuera menor, en comparación con las personas inactivas, como lo reportó Dolezal (2000), en un estudio, donde las personas inactivas obtuvieron 12% a 8.5% mayor en la TMB. Entre los ajustes que pudieron haber contribuido a que tanto la TMB como el CODE, fueran menores en activos. Fielding, Meredith, O'Reilly, et al (1991), mencionaron la reducción en el daño muscular, el descenso del dolor muscular, la disminución del CK (Creatina kinasa, sustancia que regula la velocidad del transporte de fosfato con alta energía (Sergeyevich y Dmitriyevich, 1995) además, otras adaptaciones reportadas fueron: la mejora en el reclutamiento de las unidades motoras y las adaptaciones estructurales en el músculo, como en la membrana, la matriz extracelular, el citoesqueleto y las miofibrillas más resistentes al daño (Nosaka y Clarkson, 1995).

Lo anterior lo respaldaron estudios como el de Dolezal (2000), los cuales indicaron que todos los anteriores cambios descritos contribuyeron, a que los activos tuvieran un menor grado de daño muscular y consecuentemente, esto pudo haberse reflejado en una menor elevación de la TMB, es decir menor tiempo de CODE, porque como se observó en la teoría de la explicación del CODE, pudo ser la restitución del músculo dañado, uno de los factores que provocaron el CODE. De tal modo, los sujetos inactivos sin adaptaciones, el organismo pudo provocar un CODE más largo (López, 2006; Wilmore y Costill, 2007).

Aún así, se coincidió con estos autores en cuanto a que las razones para explicar estos resultados no se comprendieron completamente, siendo necesario efectuar medidas más invasivas. Los eventos anteriormente descritos, mediante los cuales se trataron de explicar la diferencia en el tiempo del CODE, entre los sujetos activos e inactivos, parecieron agregar un apoyo adicional.

Por último, no hubo diferencias en las calorías gastadas en el CODE, entre los activos e inactivos, esto pudo deberse a que el tamaño de la muestra fue muy pequeño, aunque sí se pudo observar una tendencia a que los activos gastaron más calorías. Eventualmente, una diferencia de este tipo podría explicarse, debido a que según López (2006), Fleck y Kraemer (2004), el entrenamiento de forma crónica provoca hipertrofia en las fibras musculares, un aumento en el número de los vasos capilares. Es decir, que los sujetos activos poseen mayor cantidad de masa muscular, por eso, consumen más calorías, esto es respaldado por estudios, como los realizados por Thornton et al. (2001), Burleson et al. (1997) y Shuenke et al. (2002), quienes manifiestan que los sujetos activos acrecientan

el gasto energético indirectamente, por la utilización de mayor volumen de masa muscular , provocando suficiente disturbio a la homeóstasis y maximizando el CODE, en sujetos físicamente activos, por ese motivo, estos se proyectan a maximizar sus sistemas energéticos, hormonales y musculares más eficientemente que los inactivos, por esa situación, pudieron haber durado menos tiempo.

Capítulo VI

CONCLUSIONES

Con base en la investigación realizada se concluye que:

- De acuerdo a la investigación, de determinar la influencia de dos distintas sesiones de entrenamiento de contra resistencia (pesas) sobre la magnitud y duración del consumo de oxígeno después del ejercicio (CODE), en hombres adultos activos e inactivos, se encontró que no hubo diferencias en la magnitud del CODE, entre los hombres inactivos y los activos físicamente, medido en kilocalorías, es decir que los hombres activos e inactivos, tienen un comportamiento similar del CODE en ambos tipos de tratamientos, en términos de magnitud.
- De acuerdo a las mediciones realizadas e influencia de los dos tratamientos, los sujetos inactivos fueron quienes obtuvieron un CODE con mayor duración, que los hombres activos, medido en segundos, es decir que los sujetos inactivos duraron más tiempo recuperando su TMB, en comparación con los sujetos activos.
- La sesión RC generó mayor CODE en términos de duración (tiempo medido en segundos), sin embargo, no en magnitud (kilocalorías), lo que indica que la sesión sin descanso entre series provoca una mayor duración del CODE que una rutina con descanso entre las series de ejercicios en ambas poblaciones: activos e inactivos.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

De acuerdo con los hallazgos de la presente investigación, se recomienda que:

- Como se indica en estudios anteriormente mencionados, se recomienda utilizar el protocolo de medición del CODE en la modalidad prolongado, esto con el fin de observar los dos comportamientos de la variable estudiada, lo cual podría mostrar otro tipo de comportamientos, a la hora de realizar el estudio.
- Asimismo, una de las limitaciones que pudo haber afectado los resultados del presente estudio, fue la muestra elegida, como anteriormente se comentó en la discusión, por esta razón, se sugiere aumentar la cantidad de individuos, en los próximos estudios a realizar.
- Son pocos los estudios mencionados en los cuales se han utilizado a las mujeres, por tal motivo se recomienda que en eventuales y futuros estudios, se pueda incluir al sexo femenino, para determinar los comportamientos de las variables estudiadas, en la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- American College of Sport Medicine, (2009). *Manual de Consulta y Prescripción del Ejercicio Físico*. (3ª ed.). España: Editorial Paidotribo.
- Almuzaini, K.S., Potteiger, J.A. & Green, S.B. (1998). Effects of Split Exercise Sessions on Excess Post exercise Oxygen Consumption and Resting Metabolic Rate. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 23(5): 433-443.
- Ballor, D L. & Poehlman, E T. (1992). Resting metabolic rate and coronary-heart-disease risk factors in aerobically and resistance-trained women. *American Journal of Clinical Nutrition*. 56(6): 968-974.
- Barh, R. Ingnes, I. Vaage, O M. Sejersted, E.& Newsholme, A. (1987). Effect of duration of exercise on excess post exercise O2 consumption. *Journal of Applied Physiology*. 62(2): 485-490.
- Bean, A. (2005). *La Guía Completa de la Nutrición del Deportista*. (3ª ed.). España: Editorial Paidotribo.
- Bell, G., Snyder, G., Davies, D. & Quinney, H. (1997). Relationship Between Aerobic Fitness and Metabolic Recovery From Intermittent Exercise in Endurance Athletes. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 22(1): 75-85.
- Binzen, C., Swan, P, & Manore, M. (2001). Consumo de oxígeno post ejercicio y su substrato después del ejercicio contraresistencia en mujeres. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 33(6): 932-938.
- Billat, V. (2002). *Fisiología y Metodología del Entrenamiento*. (1ª ed). España. Editorial Paidotribo.

- Bowers, R.W. & Fox, E.L. (1998). *Fisiología del Deporte* (3ª ed.). Mexico: Editorial Médica Panamericana.
- Borsheim, E. & Bahr R. (2003). Effects of exercise Intensity, Duration and Mode on Post-Exercise Oxygen Consumption. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 33(14): 1037-1060.
- Booth, M.L. (2002). Assessment of Physical Activity: An International Pespective. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 71(2): 114-120.
- Brehm, B. A., & Gutin, B. (1985). Recovery energy expenditure for steady state exercise in runners and no exercisers. *Medicine & Science in Sport & Exersice*. 18(2): 205-210.
- Burke, C.M., Bullough, R.C, & Melby, C.L. (1993). Resting metabolic rate and postprandial thermogenesis by level of aerobic fitness in young women. *European Journal Of Clinical Nutrition*. 47(8): 575-585.
- Burleson, M.A., Harolds, J.R., O Bryant, S., Michael, H., Stone, Mitchell, A., Collins, &Triplett-McBride, T. (1997). Effects of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 30(4): 518-522.
- Camps, A. (2007). Importancia del consumo de oxígeno durante la recuperación en la cuantificación del consumo calórico en ejercicio. *Revista Digital, Buenos Aires*. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com>
- Campbell, W.W., Crim, M.C., Young, V.R., & Evans, W.J. (1994). Increased energy requierments and change in body composition with resistance training in older adults. *American Journal of Clinical Nutrition*. 60: 167-175.
- Charette, S., Mcevoy, L., Pyka, G., Snow-Harter, C., Guido, D., Wiswell, R., & Marcus, R. (1991). Muscle Hypertrophy Response to Resistance Training in Older Women. *Journal of Applied Physiology*. 70(5): 1912-1916.

- Drummond, M.J., Vehrs, P.R., Schaalije, G.B., & Parcell, A.C. (2006). Aerobic and resistance exercise sequence affects excess postexercise oxygen consumption. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(2): 332-337.
- Dolezal, B. Potteiger, J. Jacobsen, D. & Benedict, S. (2000). Muscular damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with and eccentric overload. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 32 (7): 202-1207.
- Donnelly, J.E. Sharp, T. Hourmard, J. Carlson, M.G. Hill, J.O. Whatley, J.E. & Israel, R.G. (1993). Muscle hypertrophy with large – scale weight loss and resistance training. *American Journal of Clinical Nutrition*. 58: 561-565.
- Fielding, R.A. Meredith, C.N. O'Reilly, K.P. Frontera, W.R. Cannon, J.G. & Evans, W.J. (1991). Enhanced protein breakdown after eccentric exercise in young and older men. *Journal of applied Physiology*. 71 (2): 674-679.
- Fleck, S. & Kraemer, W. (2004). *Designing Resistance Training Programs*. (3^a ed.). United States of America. Human Kinetics.
- Furtado, E Simao, R. & Lemos, A. (2004). Analisis of the oxygen intake, cardiac frequency and energetic expenditure during Jump Fit lessons. *Revista Brasileña de Medicina y Deporte*. 10(5): 1517-1590.
- García, R. (2000). Mitos del ejercicio en el control del peso corporal. *Sport Science Exchange*. 76, Volumen 13(1).
- Gillette, C. Bullough, R., & Melby, C. (1994). Postexercise Energy Expenditure in Response to Acute Aerobic or Resistive Exercise. *International Journal of Sport Nutrition*. 4(4): 347-360.
- Gore, C. & Whithers, R. (1990). Effect of exercise intensity and duration on post – excersice metabolism. *Journal. Applied and Physiology*. 68(6): 2362-2365.

- Haltom, R.W., Kraemer, R.R., Sloan, R.A., Herbert, E.P., Frank, K. & Tryniecki, J. (1999). Circuit weight training and its effects on excess post exercise oxygen consumption. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 31(11): 1613-1618.
- Heredia, J., Chului, I., Isidro, F., & Costa, M. (2007). Fitness y Composición Corporal: Programas de Disminución del Porcentaje Graso y Aumento de Masa Muscular., *Revista Digital, Buenos Aires*. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com>
- Heredia, J. & Costa, M. (2004). Propuesta para diseño de Programas de Entrenamiento en Fitness. *Revista Digital, Buenos Aires*. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com>
- Hermansen, L. Grandmontagne, M. Maehlum, S. & Igenes, I. (1984). Postexercise elevation of resting oxygen uptake: possible mechanisms and physiological significance. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 17: 119-129.
- Hickson, R. (1980). Interference of Strength Development by Simultaneously Training for Strength and Endurance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 45(2-3): 255-263.
- Howley, E. & Franks, B. (1995) *Manual del técnico en salud y fitness*. España: Editorial Paidotribo.
- Jiménez, A. (2006). Entrenamiento de Fuerza y Salud: Efectos positivos de los cambios producidos por el entrenamiento de Fuerza sobre la Salud. *PubliCE Standard*. 11/12/2006. *Pid*: 746.
- Kaminsky, L.A. Padjen, S. & La-Ham-Saeger, J. (1990). Effect of split exercise sessions on excess post-exercise oxygen consumption. *British Journal of Sport Medicine*. 24(2): 95-98.
- Krause, M. & Kathleen, L. (1995). *Nutrición y dietoterapia*. México. Editorial. Mc Grawhill.

- Kreider R. (1998). Creatine supplementation: analysis of ergogenic value, medical safety, and concerns. *Journal of Exercise Physiology online*, Vol 1, Nro 1: 73-82.
- LaForgia, J., Withers, RT. & Gore, J. (2006). Effects of exercise intensity and duration on the excess post-exercise oxygen consumption. *Journal of Sports Science*. 24(12): 1247-1264.
- LeBlanc, J., Diamond P.L., JCôté, & Labrie A.(1984). Hormonal factors in reduced postprandial heat production of exercise trained subjects. *Journal of Applied Physiology*. 56(3): 772-776.
- LeCheminant, J.D., Jacobsen, D.J., Bailey, B.W., Mayo, M.S., Hill, J.O., Smith, B.K., & Donnelly, J.E. (2008). Effects of long term aerobic exercise on EPOC. *International Journal of Sports Medicine*. 29(1): 53-58.
- López, J & Fernández, A. (2006). *Fisiología del Ejercicio*. (3^a ed.). Barcelona, España.
- Lyons, S., Richardson, M., Bishop, P., Smith, J., Heath, H., & Giesen, J. (2006). Excess post-exercise oxygen consumption in untrained males: effects of intermittent durations of arm ergometry. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 31(3): 196-201.
- Lyons, S., Richardson, M., Bishop, P., Smith, J., Heath, H., & Giesen, J. (2007). Excess post-exercise oxygen consumption in untrained men following exercise of equal energy expenditure: comparisons of upper and lower body exercise. *Diabetes, Obesity and Metabolism*. 9(6): 889-894.
- Newton, R., Hakkinen, K., Hakkinen, A., McCormick, M., Volek, J., & Kraemer, W. (2002). Mixed-Methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Medicine and Science in Sport and Exercise*. 34(8): 1367-1375.

- Maehlum, S., Grandmontagne, M., Newsholme, E.A., & Sejersted, O. M. (1986). Magnitude and duration of excess postexercise oxygen consumption in healthy young subjects. *Metabolism*. 35(5): 425-429.
- Martínez, J.A. (1998). *Fundamentos teórico-prácticos de nutrición y dietética*. McGraw-Hill Interamericana. España.
- Mazzetti, A., Kraemer, J., Volek, S., Duncan, D., Ratamess, A., Gómez, A., Newton, U., Hakkinen, K., & Fleco, J. (2000). The influence of direct supervision of resistance training on strength performance. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 32(6): 1175-1184.
- Melanson, E., Sharp, T., Seagle, H., Horton, T., Donahoo, W., Grunland, G., Hamilton, J., & Hill, J. (2002). Effects of exercise intensity on 24 hs energy expenditure and nutrient oxidation. *Journal Applied of Physiology*. 92: 1045-1052.
- Melby, C., Scholl, C., Eduards, G., & Bullough, R. (1993). Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate. *Journal Applied and Physiology*. 75: 1847-1853.
- Melby, C., & Hickey, M. (2005). Energy Balance and body weigh regulation. *Sports Science Exchange*. 99(18): 1-6.
- Mccall, G.E., Byrnes, W.C., Dickinson, A., Pattany, P.M., & Fleck, S.J. (1996). Muscle fiber hipertrophy, hyperplasia, and capillary density in College men after resistance training. *Journal of Applied Physiology*. 81(5): 2004-2012.
- Medgraphics. (2010). *Analizador de gases modelo VO₂₀₀₀*. En: http://www.medgraphics.com/products_cpx.html#VO2000. Accesado: 07 de setiembre, 2010.

- Mckay, W.P., Chilibeck, P.D., & Daku, B.L. (2007). Resiting mechanomyography before and after resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 102(1): 107-117.
- Phelain, J., Reinke, E., Harris, A., & Melby, L. (1997). Post exercise energy expenditure and substrate oxidation in young women resulting from exercise bouts of intensity. *Journal of American College of Nutrition*. 16(2): 140-146.
- Quinn, T., Vroman, N., & Kertzer, R. (1994). Post exercise oxygen consumption in trained females: effect of exercise duration. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 26(7): 908-913.
- Robert, M., Taylor, L., Wismann, J., Wilborn, C., Kreider, R., & Willoughby. (2007). Effects of ingesting JavaFit Energy Extreme functional coffee on aerobic fitness markers in recreationally-active coffee consumers. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 4(25): 1186-1550.
- Rodrigues, M., & Chagas, P. (2003). Muscular strength and endurance tests: reliability and prediction of one repetition maximum – Review and new evidences. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 9(5): 336-346.
- Scott, C. (1998). Re-interpreting anaerobic metabolism: an argument for the application of both anaerobic glycolysis and excess post-exercise oxygen consumption as independent sources of energy expenditure. *European Journal of Applied Physiology*. 77(3): 200-205.
- Scott, C., Richardson, M., Bishop, P., Smith, J., Heath, H., & Giesen, J. (2006). Excess post-exercise oxygen consumption in untrained males: effects of intermittent durations of arm ergometry. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 31:196-201.
- Suárez, S. (2001). Nutrición y Ejercicio después de los 30. Recuperado de: <http://www.gssiweb-sp.com>

- Sedlock, D. (1991). Effects of exercise intensity on post exercise energy expenditure in women. *British Journal of Sports Medicine*. 25(1): 38-40.
- Sedlock, D., Fissinger, J., & Melby, C. (1989). Effect of exercise intensity and duration on post exercise energy expenditure. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 21(6): 662-666.
- Sergeyevich, V. & Dmitriyevich, V. (1995). *Fisiología del Deporte*. (1ª ed.). Barcelona, España.
- Schuenke, M., Mikat, R., & McBride, J. (2002). Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-oxygen consumption: implications for body mass management. *European Journal of Applied Physiology* 86: 411-417.
- Stowers, T., Mcmillan, J., Scala, D., Davis, V., Wilson, D., & Stone, M. (1983). The short term effects of three different strenght power training methods. *Strenght & Conditioning Journal*. 5(3): 24-27.
- Thornton, K. & Potteiger, J. (2001). Efects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 34(4): 715-722.
- Thomas, S., Reading, J., & Shephard, R. (1992). Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). *Canadian Journal of Sports Science*. 17: 338-345.
- Tortora, G., & Grabowski, S. (1998). *Principios de Anatomía y Fisiología*. 7ª Edición. España
- Wilmore, J., & Costill, D. (2007). *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. (5ª ed.). Barcelona, España.

Williams, M. (2002). *Nutrición para la Salud, la Condición Física y el Deporte*. (5ª ed.)
Barcelona, España.

Wong, M., & Murillo-Cuzza, G. (2004). Fundamentos fisiopatológicos de la obesidad y su
relación con el ejercicio. *Acta Médica Costarricense*. 46 (1): 15-24.

Anexo 1

Cuestionario Para Práctica de Actividad Física

La actividad física regular es divertida y saludable, y más personas cada día llegan a ser más activas. Ser más activo es seguro para la mayoría de las personas. Sin embargo, algunas personas deben consultar con su médico antes de empezar un programa físico de la actividad.

Si usted planea tomar parte en más actividades físicas de lo que está ahora, conteste las siguientes preguntas notadas abajo. Si usted tiene entre 15 a 69 años de edad, con el PAR-Q cuestionario le dirá si necesita recibir consejo con su médico antes de empezar un programa físico. Si usted tiene más de 69 años de edad, y no está acostumbrado a estar activo, entonces averigüe con su médico.

Sentido común es la mejor guía para responder a estas preguntas. Por favor de leer las preguntas con cuidado y responder cada una honestamente: marque SI o NO.

Sí	No	PREGUNTAS
		1. ¿Alguna vez el médico le ha dicho si usted tiene un problema en el corazón, y solo debería hacer actividad física recomendado por un medico?
		2. ¿Usted siente dolor en el pecho cuando hace actividad física?
		3. ¿Le ha dolido el pecho en el último mes, cuando no esta haciendo ejercicio?
		4. Usted pierde el balance a causa que se marea, y alguna vez ha perdido el conocimiento?
		5. ¿Tiene algún problema en las articulaciones (por ejemplo, espalda, rodillas, o cadera) que pueda empeorar por las actividades físicas propuestas?
		6. ¿El médico actualmente le ha indicado tomar medicinas para la presión arterial o el corazón?
		7. ¿Sabe usted, de <u>cualquier otra razón</u> por la cual usted no debería hacer actividad física?

**Si Usted
Respondio:**

SI contesto Sí, a una o mas preguntas

Hable con su médico por teléfono o en persona ANTES de que usted empiece a ser mucho más físicamente activo ó ANTES que usted tenga una evaluación de salud. Informe a su médico sobre el cuestionario PAR-Q y las preguntas que respondió con un SÍ.

- Usted podría hacer cualquier actividad que usted quiera – pero comenzando lentamente y aumentando gradualmente. O, tal vez necesitara restringir sus actividades a ésas que son más seguras para usted. Hable con su médico acerca de las actividades que a usted le gustaría participar y siga **SU CONSEJO**.
- Averigüe cuáles programas de la comunidad son seguras y útiles para usted.

Si Usted Responde:

NO, A TODAS LAS PREGUNTAS,

SI USTED CONTESTA NO HONESTAMENTE A TODAS LAS PREGUNTAS, SEA RAZONABLE Y ESTÉ SEGURO DE QUE USTED PUEDE:

- **Comenzar a ser más activo:** Comience lentamente y aumente gradualmente. Esta es la forma más segura y fácil.
- **Realizar una prueba de ejercicio:** Esta es una forma excelente para determinar su condición física y poder planear el mejor plan para aumentar su actividad física. Es altamente recomendable que sea evaluada la presión de su sangre. Si su lectura es más de 144/94, hable con su médico antes de empezar a hacer más actividad física

Posponga el comenzar su actividad:

- Si no se siente bien debido a una enfermedad temporal tal como resfrío, gripe, o fiebre. Espere a sentirse mejor; o
- Si está o puede estar embarazada. Hable con su médico antes de comenzar.

Nota: Si su salud cambia, y alguna de las preguntas se convierte en SÍ, debe informarle a su instructor o a su médico: Pregunte si debe cambiar su plan de actividad física.

Información del uso del PAR-Q: La Sociedad Canadiense de Fisiología de ejercicios, Health Canadá y sus agentes no, asumen responsabilidad sobre las personas que inicien una actividad física a pesar de tener dudas sobre las respuestas del cuestionario, consulte a su médico antes de empezar hacer actividad física.

Nota: Si el cuestionario PAR-Q se entrega a una persona antes de participar en un programa de actividad física o una evaluación de actividad física, esta sección podría usarse para fines legales o propósitos administrativos

Nota: Esta autorización para actividad física es válida por el máximo de 12 meses, empezando el día que se complete, y se convierte en inválido si su condición cambia a cualquiera de las siete preguntas que contesto Sí.

“Yo he leído, entendido y completado este cuestionario. Todas las preguntas han sido contestadas con mi completa satisfacción.”

NOMBRE: _____

FIRMA: _____

FECHA: _____

Origen: PAR-Q was developed by the British Columbia Ministry of Health/Canadian Society for Exercise Physiology, 202-185 Somerset St. West Ottawa, ON K2P 012 www.csep.ca

Adoptado por: Región LA County PH Nutrition Program/Network for a Healthy California.
www.lapublichealth.gov/nutrition

Anexo 2

CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FISICA

Estamos interesados en averiguar acerca de los tipos de actividad física que hace la gente en su vida cotidiana. Las preguntas se referirán al tiempo que usted destinó a estar físicamente activo en los **últimos 7 días**. Por favor responda a cada pregunta aún si no se considera una persona activa. Por favor, piense acerca de las actividades que realiza en su trabajo, como parte de sus tareas en el hogar o en el jardín, moviéndose de un lugar a otro, o en su tiempo libre para la recreación, el ejercicio o el deporte. Piense en todas las actividades **intensas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Las actividades físicas **intensas** se refieren a aquellas que implican un esfuerzo físico intenso y que lo hacen respirar mucho más intensamente que lo normal. Piense *solo* en aquellas actividades físicas que realizó durante por lo menos **10 minutos** seguidos.

1. Durante los **últimos 7 días**, ¿en cuantos realizó actividades físicas **intensas** tales como levantar pesos pesados, cavar, hacer ejercicios aeróbicos o andar rápido en bicicleta?

_____ **días por semana**

Ninguna actividad física intensa *Vaya a la pregunta 3*

2. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física **intensa** en uno de esos días?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro

Piense en todas las actividades **moderadas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Las actividades **moderadas** son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado que lo hace respirar algo más intensamente que lo normal. Piense *solo* en aquellas actividades físicas que realizó durante por lo menos **10 minutos** seguidos.

3. Durante los **últimos 7 días**, ¿en cuántos días hizo actividades físicas **moderadas** como transportar pesos livianos, andar en bicicleta a velocidad regular o jugar dobles de tenis? **No** incluya caminar.

_____ **días por semana**

Ninguna actividad física moderada *Vaya a la pregunta 5*

4. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física **moderada** en uno de esos días?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro

Piense en el tiempo que usted dedicó a **caminar** en los **últimos 7 días**. Esto incluye caminar en el trabajo o en la casa, para trasladarse de un lugar a otro, o cualquier otra caminata que usted podría hacer solamente para la recreación, el deporte, el ejercicio o el ocio.

5. Durante los **últimos 7 días**, ¿En cuántos **caminó** por lo menos **10 minutos** seguidos?

_____ **días por semana**

Ninguna caminata *Vaya a la pregunta 7*

6. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a caminar en uno de esos días?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro

La última pregunta es acerca del tiempo que pasó usted **sentado** durante los días hábiles de los **últimos 7 días**. Esto incluye el tiempo dedicado al trabajo, en la casa, en una clase, y durante el tiempo libre. Puede incluir el tiempo que pasó sentado ante un escritorio, visitando amigos, leyendo, viajando en ómnibus, o sentado o recostado mirando la televisión.

7. Durante los **últimos 7 días** ¿cuánto tiempo pasó **sentado** durante un **día hábil**?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

No sabe/No está seguro.

Información más detallada sobre el proceso de IPAQ y los métodos de investigación utilizados para desarrollar los instrumentos de IPAQ se encuentran disponibles en **www.ipaq.ki.se** y en Booth, M.L (2000). *Assessment of Physical Activity: An International Perspective. Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71(2):s114-20. Otras presentaciones y publicaciones científicas sobre el uso de IPAQ se resumen en el sitio Web, **www.ipaq.ki.se**

Anexo 3

Tesis Programa de Pesas Sujeto 1

Talla	Peso	Edad	Pliegues	Bioimpedancia
1,65	73,9	31	20%	27%

EJERCICIOS	PESO/ lbs	SERIES	REPETICIONES
Pecho máq	100	3	8
Jalón X Delante	60		
Biceps máq	40		
Triceps máq	30		
Máq Militar hombro	40		
Press pierna máq	200		
Extensión de pierna	100		
Flexión de pierna	50		