



Universidad de Baja California

TESIS DOCTORAL

**RESPUESTA DE LA TASA METABÓLICA DE REPOSO
Y EL COCIENTE RESPIRATORIO A UN EJERCICIO
SUB-MÁXIMO EN MUJERES JÓVENES.**

QUE PRESENTA

GRACIELA RODRÍGUEZ ARAUJO

**PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTORA EN EDUCACIÓN Y CIENCIAS DEL DEPORTE**

DIRECTOR DE TESIS DOCTORAL

DR. JUAN JAIME ARROYO TOLEDO

TEPIC, NAYARIT; JULIO DE 2012.

“No consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad de penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”.

Albert Einstein

“Quien es auténtico, asume la responsabilidad por ser lo que es y se reconoce libre de ser lo que es”.

Jean Paul Sartre

ÍNDICE.

AGRADECIMIENTOS.....	10
ABREVIATURAS.....	9
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
RESÚMEN.....	13
ABSTRAC.....	14
1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. ANTECEDENTES	
2.1 EL METABOLISMO ENERGÉTICO	
2.2 LA CALORIMETRÍA.	
2.3 LA TASA METABÓLICA DE REPOSO	
2.4 EL COCIENTE RESPIRATORIO	
2.5 FACTORES QUE AFECTAN AL GASTO ENERGÉTICO BASAL	
2.6 EL CONSUMO DE OXÍGENO	
2.7 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
OBJETIVOS DE ESTUDIO.....	28
HIPÓTESIS DE ESTUDIO.....	29
3. METODOLOGÍA.....	29

3.1 SUJETOS.....	29
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.3 VARIABLES DE ESTUDIO.....	31
3.3.1 VARIABLES DEPENDIENTES.....	31
3.3.2 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	32
3.4 RECURSOS.....	32
3.4.1 TECNOLÓGICOS.....	32
3.4.2 HUMANOS.....	33
3.4.3 INSTALACIONES.....	33
3.5 TEST EMPLEADOS.....	34
3.5.1 TEST DEL ANÁLISIS DE LA DIETA.....	34
3.5.2 TEST PARA LA DETERMINACIÓN DEL IMC.....	35
3.5.3 TEST PARA LA DETERMINACIÓN DEL % DE GRASA Y LA MLG.....	36
3.5.4 TEST DE ESFUERZO PARA LA DETERMINACIÓN DEL VO ₂ max.....	37
3.5.5 TEST PARA LA MEDICIÓN DE LA TMR Y RQ PRE-EJERCICIO.....	43
3.5.6 TEST PARA EL EJERCICIO SUBMÁXIMO -50% DEL VO ₂ max-	44

3.5.7 TEST PARA LA MEDICIÓN DE LA TMR Y RQ POST- EJERCICIO.....	46
3.5.8 TEST PARA EL MONITOREO DE LA TMR Y EL RQ A LAS 6, 12, 24, 30 Y 36 HORAS.....	46
3.6 PROCEDIMIENTOS.....	46
3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	50
4. RESULTADOS.....	50
4.1 DATOS DESCRIPTIVOS DE LA MUESTRA.....	51
4.2 FACTORES DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL –PLIEGUES CUTÁNEOS, % DE GRASA, MLG E IMC-.....	52
4.3 INGESTA –kcal/día- Y EQUILIBRIO CALÓRICO -%- DE LOS DÍAS DE ESTUDIO -3 REGISTROS ALIMENTARIOS-.....	53
4.4 CONSUMO DE OXÍGENO AL 100%, AL 50% CALCULADO Y AL 50% MEDIDO.....	54
4.5 LA TMR EN KILOCALORÍAS POR DÍA: PRE-EJERCICIO, POST-EJERCICIO Y A LAS 6, 12, 24, 30 Y 36 HORAS.....	55
4.6 EL RQ PRE-EJERCICIO, POST-EJERCICIO Y A LAS 6, 12, 24, 30 Y 36 HORAS.....	57
5. DISCUSIÓN.....	59
5.1 DATOS DESCRIPTIVOS Y COMPOSICIÓN CORPORAL.....	60
5.2 ANÁLISIS DE LA INGESTA CALÓRICA.....	60

5.3 PRUEBA DE ESFUERZO MÁXIMO.....	61
5.4 CINÉTICA DE LA TMR ANTES Y DESPUÉS DE UN EJERCICIO SUB-MÁXIMO.....	62
5.5 CINÉTICA DEL RQ ANTES Y DEPUÉS DE UN EJERCICIO SUB-MÁXIMO.....	63
6. CONCLUSIONES.....	65
7. IMPLICACIONES PRÁCTICAS.....	66
8. LIMITACIONES.....	67
9. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	68
10. REFERENCIAS.....	69

AGRADECIMIENTOS.

A la Facultad de Educación Física y Ciencias del Deporte de la Universidad Autónoma de Chihuahua por facilitarme las Instalaciones y Equipo del Laboratorio de Fisiología del Ejercicio.

A la Dra. Guillermina de León Fierro quién fue mi guía en el inicio a la investigación y en la conducción práctica de este trabajo.

Al Dr. Juan Jaime Arroyo Toledo por el conocimiento que me brindó y por su apoyo como director de este trabajo de tesis.

Al Dr. Jorge Alfonso Jiménez Castro por su apoyo para el procesamiento estadístico de los resultados.

Al Doctor Ulises Martínez Venegas por su valiosa cooperación y apoyo en la realización de los exámenes médicos requeridos por el estudio.

A las Personas que participaron como Sujetos de Estudio, ya que sin ustedes no habría podido llevarlo a cabo. Gracias.

A mi Padre

Quien hace mucho que ya no está conmigo, pero que sé que desde donde este está orgulloso de todo lo que he logrado.

A mi Madre

Quien siempre me ha brindado su apoyo incondicional, su gran amor y ha sido mi ejemplo, mi orgullo y un motor importante en mi vida.

A Nycol mi Hija

Lo más importante de mi vida y por quien sigo esforzándome cada día para que sea una persona de bien, no le falte nada y un día llegue a superarme.

A Marta

Una gran e incondicional amiga y segunda madre para mi hija, quien con su apoyo aportó un granito de arena para que yo llegara a la culminación de estos estudios.

A Dios

Por permitirme la vida, darme unos excelentes padres, una hermosa hija y haberme dejado llegar hasta aquí salvando todos los obstáculos que se me han presentado en el camino.

ABREVIATURAS.

ATP- Adenosín Trifosfato

ETA- Efecto Termogénico de los Alimentos

ECG- Electrocardiograma

EE- Estado Estable

FC- Frecuencia Cardíaca

FCM- Frecuencia Cardíaca Máxima

FCMT- Frecuencia Cardíaca Máxima Teórica

FEO₂- Fracciones de Oxígeno

FECO₂- Fracciones de Bióxido de Carbono

FR- Frecuencia Respiratoria

GAF- Gasto de la Actividad Física

GEB- Gasto Energético Basal

GER- Gasto Energético de Reposo

GETD- Gasto Energético Total Diario

GA- Grupo Activo

GE- Grupo Sedentario

HC- Hidratos de Carbono

IMC- índice de Masa Corporal

IQ- Índice de Quetelet

Kcal/días- Kilocalorías por Día

KSK- Suma de 5 pliegues (tricipital, subescapular, abdominal I,
suprailiaco anterior y muslo frontal)

MB- Metabolismo Basal

MLG- Masa Libre de Grasa

mph- Millas por hora

PE- Post-Ejercicio

RER- Tasa de Intercambio Respiratorio

RQ- Cociente Respiratorio

T/A- Tensión Arterial

TMB- Tasa Metabólica Basal

TMR- Tasa Metabólica de Reposo

TMS- Tasa Metabólica del Sueño

VCO₂- Producción de Dióxido de Carbono

VO₂- Consumo de Oxígeno

VO₂max- Consumo Máximo de Oxígeno

VE- Ventilación por minuto

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 2.1 Datos Descriptivos de la Muestra.....	30
Tabla 2.2 Protocolo de Bruce para Banda Sinfín.....	42
Tabla 3.1 Datos Descriptivos de la muestra –edad, peso, talla-.....	51
Tabla 3.2 Promedio de los factores de la Composición Corporal Σ de pliegues, % de grasa, MLG e IMC.....	52
Tabla 3.3 Promedio de la ingesta –kcal/día- y el equilibrio calórico -%- de los 9 días de estudio -3 registros alimentarios.....	53
Tabla 3.4 Promedio del Consumo de Oxígeno al 100% y al 50% calculado y al 50% medido.....	54
Tabla 3.5 Promedio de la TMR en kcal/día: pre-ejercicio, post- ejercicio y a las 6, 12, 24, 30 y 36 horas.....	55
Tabla 3.6 Promedio del RQ en kcal/día: pre-ejercicio, post- ejercicio y a las 6, 12, 24, 30 y 36 horas.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 2.1 Valores de referencia para población femenina media de 20 a 29 años: 35-43 ml/kg/min	
Figura 2.2 Valores de referencia para población masculina media de 20 a 29 años: 45-51 ml/kg/min	
Figura 3.1 Plicómetro de Plástico y Cinta Antropométrica.....	37
Figura 3.2 Imagen de un paciente conectado a los 10 electrodos necesarios para un ECG de 12 derivaciones.....	40
Figura 3.3 Colocación de 10 electrodos para realizar un ECG Estándar de 12 Derivaciones.....	40
Figura 3.4 Lugares para las colocaciones precordiales.....	41
Figura 3.5 Pulsómetro Polar CS 300.....	41
Figura 4.1 Cinética de la TMR antes y después del ejercicio sub-máximo en ambos grupos.....	56
Figura 4.2 Cinética del RQ antes y después del ejercicio sub-máximo en ambos grupos.....	58

RESUMEN.

Con el propósito de analizar el comportamiento de la TMR –Tasa Metabólica de Reposo- y el RQ –Cociente Respiratorio- en respuesta a un ejercicio sub-máximo se reclutaron 16 mujeres entre 20 y 35 años de edad. La muestra se estructuró en dos grupos en función al nivel de actividad física: GS –Grupo Sedentario- y GA –Grupo Activo-. Todas ejecutaron un ejercicio de caminata de 30 minutos en la banda sinfín al 50% del VO₂max. Previo al ejercicio y al término del mismo, se midió la TMR y posteriormente durante un período de 36 horas para determinar su cinética.

La TMR pre-ejercicio, post ejercicio y a las 6 horas fue similar para ambos grupos. Se observó un incremento significativo a las 12 horas en el GA. A las 24 horas fue similar en ambos. A las 30 horas se incrementa nuevamente en el GA y por último a las 36 horas se ve incrementado en el GS.

El RQ pre y post ejercicio fue significativamente mayor en el GS. A las 6 horas se incrementa en el GA. A las 12 horas se manifiesta igual en ambos grupos. A las 24 horas se incrementa en el GA y a las 30 y 36 horas es similar para ambos grupos.

En base a estos resultados se puede concluir que el ejercicio sub-máximo incrementa la TMR en proporción a su valor inicial en ambos grupos; que la cinética es ligeramente mayor para el GA y que la recuperación no se complementa a las 36 horas para ninguno de los grupos. Y que el RQ pre y post es significativamente mayor en el GS. Su cinética es similar denotando la predisposición del uso de grasas como sustrato metabólico por el GA y probablemente de una dieta mixta por el GS, lo que sugiere importantes repercusiones en el control del peso corporal.

Palabras claves: Tasa Metabólica de Reposo, Cociente Respiratorio, Ejercicio Sub-máximo.

ABSTRAC.

In order to analyze the behavior of the TMR-Resting Metabolic Rate, and Respiratory Quotient-RQ-in response to submaximal exercise were recruited 16 women between 20 and 35 years old. The sample was divided into two groups according to physical activity level: Sedentary GS-Group-and GA-Active Group. All carried a walking exercise for 30 minutes on the treadmill at 50% VO₂max. Before exercise and at the end of it, TMR was measured and subsequently during a period of 36 hours to determine their kinetics.

The TMR pre-exercise, post exercise and 6 hours was similar for both groups. There was a significant increase at 12 hours in the GA. At 24 hours was similar in both. At 30 hours increases again in the GA and finally at 36 hours is increased in GS.

The pre and post exercise RQ was significantly higher in the GS. At 6 hours, increased in GA. At 12 hours occurs equally in both groups. At 24 hours is increased in the GA and 30 and 36 hours is similar for both groups.

Based on these results we conclude that submaximal exercise TMR increases in proportion to its initial value in both groups, that the kinetics are slightly higher for the GA and that recovery is not achieved at 36 hours for any of groups. And the pre-and post-RQ is significantly higher in the GS. Its kinetics is similar predisposition denoting the use of fat as a metabolic substrate for the GA and probably of a mixed diet, protein and carbohydrates, by the GS, suggesting important implications for weight control.

Keywords: Resting metabolic rate, respiratory quotient, Sub-maximal exercise

1. INTRODUCCIÓN.

El tema del metabolismo, la nutrición, la composición corporal, el peso ideal, el sobrepeso y la obesidad, han sido y siguen siendo temas de interés entre los entrenadores, atletas y personas que practican algún tipo de actividad física, desean incorporarse a la misma o mantener un estado de salud óptimo.

La medición de los requerimientos calóricos en el ser humano ha sido un tema de gran interés en los últimos 70 años, por lo que se han intensificado los estudios sobre el metabolismo; sus cambios, su comportamiento y alteraciones como consecuencia de su alimentación, de la realización de diversas actividades físicas y los diferentes estilos de vida.

Harris y Benedict (1919) describieron una ecuación para el cálculo de los requerimientos calóricos en sujetos sanos. Esta fórmula se utilizó ampliamente en la nutrición artificial como uno de los avances más importantes de la medicina al cual solamente le antecedía en tiempo el descubrimiento de los antibióticos. También se utilizó el cálculo calórico en la determinación de los requerimientos energéticos para cirugía y, para la estimación del gasto energético basal mediante la medición del VO₂max –Consumo de Oxígeno-, la producción de VCO₂ –Dióxido de Carbono- y el nitrógeno de urea en orina.

Se consideraron como buenos los resultados del empleo y la introducción de la fórmula que constituyó el único medio con que se contaba en la práctica clínica para el cálculo de los requerimientos energéticos en aquel tiempo (1919).

A continuación se muestra la fórmula para ambos sexos:

Mujeres: $655 + 9.6 (\text{peso}) + 1.8 (\text{talla}) - 4.7 (\text{edad})$

Hombres: $66 + 13.7 (\text{peso}) + 5 (\text{talla}) - 6.8 (\text{edad})$

En los siguientes diez años se informaron de otras ecuaciones muy similares y con resultados parecidos. En 1930 se utiliza por primera vez la calorimetría directa comunicando resultados distintos a los obtenidos con las diferentes fórmulas, sin embargo este hecho no fue considerado como hallazgo relevante y las fórmulas de cálculo siguieron utilizándose ampliamente en clínica.

Los estudios de nutrición y metabolismo reavivaron el interés en la medición del gasto de energía. El procedimiento de medición del gasto de energía es conocido como calorimetría y puede ser directa o indirecta.

Branson (1990) menciona que la calorimetría directa es la medición de la producción de calor de un individuo. Esta consiste en la medición del calor disipado por el cuerpo por medio de radiación, convección, conducción y evaporación, bajo condiciones de equilibrio térmico en un sujeto en condiciones de reposo y en estado de post-absorción.

Esta técnica requiere que el sujeto sea confinado a un cuarto pequeño por un largo período de tiempo para la obtención de los datos. La persona debe permanecer en descanso, habiendo sido eliminadas todas las posibles fuentes externas de calor.

La calorimetría indirecta ha sido de gran utilidad en la investigación agrícola y ganadera donde el estudio de la nutrición y metabolismo en animales ha propiciado incremento en la producción de carne y leche a menores costos. En humanos en cambio, la calorimetría directa no es un método de empleo popular debido a los altos costos del equipo requerido.

Se ha demostrado que el metabolismo basal está directamente relacionado con el peso corporal magro. Mientras mayor es el tejido magro, mayor es el índice metabólico. Como resultado de una vida sedentaria y actividad física disminuida, los componentes magros disminuyen y los tejidos grasos se

incrementan. Además la grasa es considerada metabólicamente inerte desde el punto de vista de uso calórico y el tejido magro utiliza más oxígeno aún en reposo. “..Consecuentemente cuando los músculos y las funciones orgánicas disminuyen, los requerimientos de energía en reposo también disminuyen...” (Hoeger, 1988).

Berg (1991) menciona que de acuerdo a reportes científicos recientes, el incremento del gasto de energía en las horas después del ejercicio es un factor importante en el control de peso. Pero la contribución del componente de gasto de energía asociado con el ejercicio no ha sido suficientemente estudiado y los resultados han variado grandemente.

Algunos estudios previos han reportado con resultados muy variables que el metabolismo en reposo se eleva significativamente después de haber realizado ejercicio. En este sentido Brehm y Gutin (1986); Kaminsky, et. al. (1987); Maresh, et. al. (1992); Sedlock et. al (1989); Shot and Sedlock (1997) citados por Schuenke., Mikat ., y McBride (2002) opinan que el gasto energético en reposo se mantiene elevado por un período menor a una hora después de la actividad física.

Contrariamente otros estudios afirman que la TMR continua elevada de 7.5 a 12 horas (Bhar, et. al. (1987); Chad and Wenger (1988); Gore and Withers (1990); Laforgia et. Al. (1997); Maehlum, et. Al (1986) citados por Schuenke y et. Al. (2002).

Otros estudios reportaron que el gasto energético en reposo se mantiene elevado hasta 12 horas posteriores al ejercicio (Bar, Igenes, Vaage, Sjersted y Nowsholme (1987); Bielinski, Schutz y Jequier (1985); De Vries y Gary (1963); Passmore y Johnson (1960), citados por Heyward; 2001).

Edwards., Thorndike., y Dill (1935) encontraron que la TMR se mantiene elevada hasta 24 o 48 horas.

Algunos de estos estudios no han controlado el ETA, la variación diurna o la ansiedad en el pre-ejercicio. Otros han utilizado intensidades del 70% del VO₂max en 1970, 1973 y 1980, y algunos otros intensidades menores como el estudio al 40% de Berg (1991) que concluye afirmando que el ejercicio ligero tiene solamente efectos pequeños en el gasto de energía durante una hora de recuperación, y que además el gasto de energía en reposo en hombres y mujeres no es diferente cuando los datos se ajustan al peso corporal, al VO₂max y al % de grasa corporal y, que la recuperación después del ejercicio es más rápida en hombres que en mujeres controlando las diferencias en el VO₂max en ml.kg⁻¹.min⁻¹.

Otros estudios han mostrado que el ejercicio incrementa la TMR mientras que otros han encontrado que no es afectada por el entrenamiento. Broeder, Burrhus, Svanevik y Wilmore (1992) afirman que después de un entrenamiento de resistencia, la TMR no muestra cambios significativos, aunque se presenta una pequeña disminución en el consumo de energía con un incremento en el gasto energético. Se piensa que la razón posible para esta discrepancia puede ser las diferencias de tiempo en que fue determinada después del ejercicio.

Cuando la TMR se determina a las 24 horas después del ejercicio, ha mostrado una elevación por el mismo entrenamiento aproximadamente de la misma magnitud que un ejercicio de duración e intensidad suficiente.

Algunos investigadores opinan que la TMR aumenta en los atletas altamente entrenados en resistencia, como efecto inducido de las catecolaminas después del ejercicio.

Herring, Molé, Meredith y Stern (1992) sugieren que la elevación de la TMR con el entrenamiento representa una respuesta extrema al ejercicio y no un incremento adaptativo en el gasto de energía intrínseco.

Así mismo Herring y et. al. (1992) afirman que las catecolaminas han mostrado una aguda alteración en el índice metabólico, el cual es elevado en los siguientes días de un ejercicio intenso y prolongado. El entrenamiento ha mostrado además que disminuye la tiroxina u “olvida” su intercambio.

Piers, Diggavis, Rijskamp, Van Raaij, Shetty, Hautvast (1995) mencionan que se ha encontrado también que la TMR se eleva en la fase pre-ovulatoria del ciclo menstrual reportando un incremento en la TMR, en la TMS y en el gasto total de energía durante la fase pre-ovulatoria del ciclo menstrual.

Johnson (2001) afirma que la tasa metabólica de las mujeres adultas fluctúa con el ciclo menstrual estimándose un promedio de 359 kcal/día de diferencia en la TMB entre su punto más bajo, más o menos una semana antes de la ovulación en el día 14, y su punto más alto, justo antes de que comience la menstruación. El aumento medio en el consumo de energía es de 150 kcal/día durante la segunda mitad del ciclo menstrual.

Además del ejercicio, el entrenamiento de resistencia, las catecolaminas y el ciclo menstrual, se considera a la ansiedad como un factor importante en el incremento de la TMR, aunque todos estos factores no han sido claramente demostrados.

Algunos experimentos de los años treinta muestran evidencia de que la ventilación y el metabolismo en reposo son influenciados por factores psicológicos. Estos reportaron que la ansiedad inducida hipnóticamente eleva el metabolismo de reposo en un 22%.

Schmidt, O'Connor, Cochrane y Cantwell (1996) hacen referencia de que más recientemente otra literatura muestra el grado por el cual factores psicogénicos pueden influenciar el metabolismo en reposo y ejercicio, concluyendo que, "Factores psicológicos que representan lo cognitivo, afectivo y dominio perceptual, pueden influenciar significativamente el metabolismo en reposo y ejercicio".

Ainsworth, Haskell, Leon, Jacobs., Montoye y Sallis (1993) publicaron y luego actualizaron (2000) un sistema muy completo y reconocido para estimar el gasto calórico de diversas actividades físicas clasificadas de acuerdo al objetivo del trabajo, al tipo de actividad y a la intensidad de esfuerzo realizado. Estas tablas permiten establecer el gasto calórico de actividades comunes en kilocalorías, utilizando múltiplos de MET'S –unidades de equivalentes metabólicos-, basados en la medición por calorimetría indirecta y puede utilizarse para comparar los resultados de otros cuestionarios [Ceballos., Serrano y Zaragoza (2005); Harrel., Me Murray., Baggett., Pennell., Pearce., Bangdiwala. (2005); Hernández., de Haene., Barguera., Monterrubio., Rivera., Shamah (2003)].

Algunas investigaciones han establecido que una TMR disminuida, para un peso y composición corporal dados, parece ser un elemento importante en la predisposición al aumento de peso corporal y obesidad en el individuo (Astrup, Gotzsche, Van der Werken, Rannerics, Toubro y Raben (1999).

Butte, Puyau, Vohra, Adolph, Mehta y Zakeri (2007) reportaron valores absolutos más altos de GETD –Gasto Energético Total Diario, GER –Gasto Energético en Reposo- y GAF –Gasto por Actividad Física- en niños y adolescentes hispanos –México-Americanos- que presentaban obesidad, pero al ser ajustados por las diferencias en peso y composición corporal, fueron similares a los valores encontrados en los niños no obesos.

Sin embargo, otros estudios realizados en poblaciones similares indican que el GETD es menor en niñas México-Americanas comparadas con Europeo-Americanas debido a que las primeras realizan menos actividad física, por lo que el GAF se encuentra disminuido; sin embargo, no encontraron diferencias en la TMR entre ambos grupos. Dugas, Ebersole, Schoeller, Yanousky, Barquera., Rivera. et. al. (2008) afirman que es probable que la disminución del GAF sea la explicación a la mayor prevalencia de obesidad en mujeres México-Americanas, comparadas con las de origen europeo.

En México el estudio de la TMR y su relación con el incremento de peso corporal no ha sido abundantemente estudiado o al menos son pocos los reportes encontrados en la literatura científica.

Balas-Nakash., Villanueva-Quintana., Vadillo-Ortega., Perichart-Perera (2008) estudiaron la TMR en escolares mexicanos con el propósito de evaluar la validéz de las ecuaciones para su estimación. Encontrando que la TMR de los niños obesos es más alta debido a las diferencias en peso corporal y MLG.

La evidencia científica es consistente al informar que los bajos niveles de TMR y de GAF disminuyen el GETD y con ello favorecen la ganancia de peso.

El presente estudio tiene como propósito principal analizar los resultados de la cinética de la TMR y el RQ antes y después de la aplicación de un ejercicio sub-máximo midiéndolo durante 36 horas continuas, con la finalidad de ver como se manifiesta en mujeres sedentarias y en mujeres físicamente activas.

Se evaluará la composición corporal -%grasa, MLG, IMC- y el Consumo Máximo de Oxígeno y como variables dependientes se analizarán la TMR y el RQ pre-ejercicio, post-ejercicio y a las 6, 12, 24, 30 y 36 horas. Y como variable dependiente el ejercicio sub-máximo al 50% del VO₂max.

2. ANTECEDENTES.

La energía no puede ser creada ni destruida y la cuantía de ella presente en cualquier sistema solo puede aumentar o disminuir en la misma cantidad que

se añade o se sustrae. La energía que necesita el organismo para su desarrollo y el mantenimiento de sus funciones vitales procede de los alimentos.

2.1 EL METABOLISMO ENERGÉTICO.

Para poder analizar la definición de este concepto, es necesario primero referir que el metabolismo es el conjunto de reacciones bioquímicas que se suceden en los organismos vivos, y metabolismo energético es el proceso mediante el cual el organismo logra transformar la energía química en energía mecánica.

El metabolismo energético esta determinado por tres componentes:

- Metabolismo de reposo que abarca un 70%
- Metabolismo de actividad física que abarca un 20% y,
- Metabolismo termogénico de los alimentos que abarca un 10%

Al unificarse estos tres componentes se da como resultante el GETD –Gasto Energético Total Diario-, que es la cantidad total de energía utilizada por el ser humano en un día y es expresada en kilocalorías.

Los componentes del Gasto energético Total Diario en sujetos normales son: *La TMB –La Tasa Metabólica Basal-, que es el nivel de energía requerido para mantener las funciones vitales del organismo en el estado de vigilia* (McArdle,1991); el gasto calórico voluntario por medio de la actividad física en sus diversas modalidades, duración o intensidad y el ETA –Efecto Termogénesis de los Alimentos-, que es el proceso por medio del cual se gasta energía en el organismo por medio de los procesos de digestión, absorción y asimilación de los nutrimentos después de 10 o 15 minutos de haber sido ingeridos.

El proceso de la transformación de los alimentos en ATP y de la liberación equilibrada de la energía en el organismo se denomina metabolismo. Se entiende por ingesta calórica total, la cantidad de calorías consumidas por una persona en el transcurso de un día, siendo necesaria la energía proporcionada por los alimentos para reponer la energía gastada en las actividades cotidianas del ser humano, y es a partir del GETD –Gasto Energético Total Diario-, se ha calculado la cantidad de calorías que un individuo debe consumir diariamente. Martínez (1998) citado por López (2003) sostiene que el MB –metabolismo basal- constituye el 60-75% del gasto energético total diario. La TMB es la fracción del gasto energético consumida por un sujeto que está acostado, en reposo físico y mental, tras 12 horas de ayuno y en condiciones de neutralidad térmica.

2.2 LA CALORIMETRÍA.

La calorimetría forma parte de la Termología y es un proceso mediante el cual se puede medir la cantidad de calor producida por un organismo y puede ser directa o indirecta.

La calorimetría directa es la medición del grado de calor generado directamente por una reacción de oxidación, especialmente cuando interviene un organismo vivo. Su determinación es muy costosa y requiere de equipo especializado.

La calorimetría indirecta es el cálculo de la producción de calor a partir de la medición del intercambio de gases pulmonares, específicamente la medición del VO₂ –Consumo de Oxígeno- y la producción de VCO₂ –Dióxido de Carbono- (Branson, 1990).

Las mediciones de VO₂ y VCO₂ son convertidas a gasto energético –kcal/día- utilizando la ecuación de Weir:

Gasto Energético de Reposo = $(VO_2) (3.941) - (VCO_2) (1.11) \quad 1440$

Donde VO_2 y VCO_2 están expresados en l/min y 1440 es igual al número de minutos en un día.

Branson (1990) menciona que la calorimetría indirecta puede realizarse por el método de circuito abierto o circuito cerrado. En el primero el consumo de oxígeno se determina por la medición de la diferencia entre las concentraciones de gas inspirado y expirado y la VE –ventilación por minuto-. En el segundo, el consumo de oxígeno se determina por la medición del intercambio volumétrico de una reserva de oxígeno sobre el tiempo y se utilizan las técnicas de pérdida o recuperación volumétrica.

Las técnicas utilizadas por la calorimetría Indirecta de Circuito Abierto son las siguientes:

- 1- La técnica de respiración por respiración –breath by breath-, que es la medición de las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono durante cada inspiración y/o espiración por minuto. Se utiliza un sensor de flujo con boquilla o una máscara.
- 2- La técnica de cámara mezcladora que utiliza una máscara para mediciones cortas. Aquí el gas espirado por el sujeto va directamente a un depósito donde se mezcla todo el aire espirado y después se extrae una muestra para ser analizada a intervalos. Por medio de ellas también se puede medir la concentración del gas inspirado para la determinación de las diferencias entre la inspiración y la espiración y, finalmente medir la ventilación por minuto.

- 3- La técnica de dilución, que es muy similar a la anterior, solo que en este caso el aire espirado por el sujeto pasa a una cámara mezcladora y se diluye con el aire ambiental de tal manera que el flujo total a través del sistema es constante y se encuentra generalmente alrededor de 40 l/min. A partir de este volumen se determinan las FEO₂ –Fracciones de Oxígeno- y las FECO₂ –Fracciones de Dióxido de Carbono- de la mezcla de espiración.

La calorimetría indirecta es el método más comúnmente utilizado y actualmente es considerado el estándar para la determinación del gasto energético en reposo.

2.3 LA TASA METABÓLICA DE REPOSO.

La TMB es el nivel de energía requerido para mantener las funciones vitales en el estado de vigilia. Se mide después de 12 a 18 horas de ayuno a primera hora de la mañana, en reposo absoluto, en un ambiente de quietud y termoneutral y, después de alcanzar un estado estable de 5 minutos del tiempo total de medición en donde los valores del VO₂max y de producción de VCO₂ deberán presentar un coeficiente de variación menor o igual al 5% y una desviación estándar igual o menor al 5% de su media respectiva para ambos. De esta manera la determinación de la TMR excluye la medición de la TMS – Tasa Metabólica durante el sueño-, el ETA –Gasto Energético por la Termogénesis de los alimentos- y el costo por la Actividad Física Espontánea.

El término de TMR es utilizado intercambiamente por el de TMB que aunque prácticamente son iguales no son considerados como sinónimos. La TMR

representa una alternativa más fácil de realizar y se prefiere en clínica, ya que esta se determina a cualquier hora del día con un ayuno mínimo de 2 horas, siendo el resto de las condiciones iguales a las de la medición en estado basal.

Johnson, R. (2001) afirma que las necesidades energéticas debidas ala TMB se explican por la necesidad del mantenimiento de procesos vitales como la respiración, la circulación sanguínea, la síntesis de constituyentes orgánicos, el bombeo de iones a través de las membranas, el mantenimiento de la temperatura, etcétera.

La energía del metabolismo en reposo es proporcional a la superficie del área del cuerpo; es 5% más baja en mujeres que en hombres de talla similar debido esto a que las mujeres poseen más grasa corporal que los hombres y la grasa es metabólicamente menos activa que el músculo. Tanto en hombres como en mujeres, la TMR disminuye en un 2 o 3 % por cada década de edad (McArdle, 1991).

Otros factores que afectan el gasto de energía en reposo son la actividad física, la termogénesis inducida por los alimentos, el clima, el embarazo y el estado de lactancia entre otros.

Varios factores influyen en el metabolismo basal como el tamaño corporal, la distribución de la masa grasa y grasa, la edad, el sexo, situaciones especiales como el embarazo, fiebre, algunas enfermedades, factores genéticos, actividades del sistema nervioso simpático y la función tiroidea (Mataix, 2002).

Powers y Howley (1985) mencionan que es importante el balance de energía porque representa en promedio la energía total gastada por una persona sedentaria, y ello no puede ser cambiado voluntariamente.

La TMR es importante en la elaboración de programas sanos de control de peso, de ejercicio o de la combinación adecuada de ambos. La grasa corporal

acumulada en la región subcutánea se puede disminuir a través de la selección adecuada de comida, ejercicio de tipo aerobio y/o restricción de calorías. Generalmente la pérdida de peso es buscada por medio de dieta de restricción por sí misma, lo cual trae como consecuencia una disminución de la masa corporal magra (Hoeger, 1988).

En dietas rápidas y estables un 50% de la pérdida de peso puede ser de masa corporal magra y el otro 50% puede ser de grasa acumulada. Cuando las dietas son combinadas con ejercicio, el 98% de la pérdida de peso puede ser en forma de grasa y hay un incremento en el tejido magro. La pérdida de masa corporal magra no es deseable porque los órganos y los músculos se debilitan y lentamente baja el metabolismo.

2.4 FACTORES QUE AFECTAN AL GEB –GASTO ENERGÉTICO BASAL-

García-Manso (2008) en su curso Terminología Básica en Nutrición hace mención de que los factores que afectan al gasto energético basal se clasifican en:

- Factores primarios: Sexo, Edad, Fases del Crecimiento, Superficie corporal Composición corporal, Síntesis de tejidos y Embarazo.
- Factores secundarios: Temperatura ambiente, Enfermedad o estrés, Fiebre y Estado Nutricional

PRIMARIOS

El sexo: Las diferencias en la composición corporal de niños y niñas ocurren en los primeros meses de vida, siendo esta diferencia relativamente pequeña hasta aproximadamente los 10 años de edad y llegando a ser grande en la adolescencia. Y en la edad adulta los hombres tienen mayor cantidad de

músculo que las mujeres, quienes tienen mayor proporción de grasa y por lo tanto, su GEB es menor.

La edad: el GEB varía con la cantidad y composición de tejido metabólicamente activo, el cual cambia con la edad. La masa magra de los infantes y niños contiene una gran proporción de órganos metabólicamente activos en comparación con los adultos. Además de que los patrones de actividad se modifican con la edad.

Fases del Crecimiento: El metabolismo es mayor en los períodos de crecimiento aumentando rápidamente después del nacimiento, alcanzando su máximo durante el segundo año para decrecer de manera notable hasta el segundo brote de crecimiento, la pubertad y se reduce paulatinamente hasta la muerte.

Superficie corporal: La superficie corporal está asociada con la pérdida de calor hacia la atmósfera por evaporación a través de la piel, a mayor superficie corporal, mayor evaporación y por tanto mayor gasto de energía. Una persona alta y delgada tiene un GEB mayor que una que es pequeña y corpulenta del mismo peso.

Composición corporal: La composición corporal –porcentaje de masa magra, porcentaje de masa grasa- modifica el GEB, aumentando cuando una proporción metabólicamente activa de masa es mayoritaria –masa magra, en especial masa muscular-). Ejemplo: los atletas con masa muscular desarrollada aumentan su GEB en 5%. En los obesos el GEB debe ser calculado en función de la masa magra y no de la superficie corporal.

Síntesis de tejidos: Durante el crecimiento el gasto energético en reposo es alto, principalmente en los periodos de crecimiento rápido como es el primer año de vida -1er brote de crecimiento- y pubertad -2º brote de crecimiento-.

Durante el crecimiento, embarazo, lactancia y cualquier depósito de tejido muscular o adiposo se requiere energía adicional para la síntesis y depósito de dichos tejidos, aproximadamente 5 Kilocalorías/ gramo de tejido ganado.

Embarazo: Durante el embarazo la mujer aumenta su GEB por el desarrollo muscular del útero, placenta y feto, la respiración y el trabajo cardiaco. Este aumento es de aproximadamente un 13%.

SECUNDARIOS

Temperatura ambiente: El GEB aumenta con el fin de mantener la temperatura corporal en condiciones ambientales extremas, se incrementa aproximadamente un 5% en temperaturas ambientales menores a 14 °C - termogénesis inducida por frío-, y también el GEB se aumenta cuando se realiza un trabajo físico a más de 37°C, la energía es usada para mantener la temperatura corporal.

Enfermedad o estrés: Enfermedades como cáncer, por la gran actividad celular, el hiper o hipotiroidismo también modifican el GEB. El estrés aumenta la actividad por la liberación de adrenalina.

Fiebre: La fiebre incrementa aproximadamente un 13% el GEB grado centígrado por encima de 37°C.

Estado nutricional: La desnutrición o ayuno disminuyen el GEB. Esta disminución puede ser de hasta un 50%.

Durante el ciclo menstrual: aumenta el GEB antes de la menstruación y disminuye antes de la ovulación, la hormona de crecimiento puede aumentar el GEB en un 15 a 20%.

2.5 EL COCIENTE RESPIRATORIO.

Fox, Bowers y Foss (1988) determinan *un aspecto importante de la calorimetría indirecta como es el RQ –Cociente Respiratorio- que es la tasa de producción del VCO₂ por el VO₂ consumido, dependiendo del tipo de sustrato que está siendo metabolizado.*

El RQ puede servir como indicador de control de calidad y para determinar la preferencia metabólica en la utilización de carbohidratos, grasas y proteínas. Corresponde un RQ de 1.0 para los carbohidratos; RQ de 0.70 para las grasas y RQ de 0.82 para las proteínas. En el caso de una dieta mixta, se considera un RQ promedio alrededor de 0.80.

El RQ en actividades como el reposo agradable, la realización de actividades cotidianas y la práctica de ejercicio aerobio como la caminata o el trote lento, refleja rara vez la oxidación solo de carbohidratos o solo de grasas. Por lo general se utiliza una mezcla de estos nutrimentos y el RQ se encuentra intermedio entre valores de 0.70 y 1.0, en promedio de 0.82, que corresponde a una combinación de 40% de carbohidratos y 60% de grasas (Hoeger 1988).

2.6 EL CONSUMO DE OXÍGENO.

El Consumo de Oxígeno -VO₂- se refiere a la cantidad de oxígeno que el organismo necesita para realizar todas sus funciones y es expresado en ml.kg.min⁻¹, mientras que el Consumo Máximo de Oxígeno -VO₂max- se refiere a la cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo determinado, es decir, el máximo volumen de oxígeno en la sangre que nuestro organismo puede transportar y metabolizar.

Muchas de las veces lo encontramos referido como capacidad aeróbica, aspecto determinante en disciplinas deportivas como el atletismo -carreras de media y larga duración-, en el ciclismo, el remo, entre otras.

Según García-Manso (1996), *el consumo de oxígeno representa el volumen de oxígeno consumido durante cualquier tipo de esfuerzo e indica la capacidad que tiene el organismo de utilización del mismo. Todo aumento en la intensidad de un ejercicio determina un aumento paralelo en el VO₂ (consumo de oxígeno) pero a partir de un determinado nivel, el consumo de oxígeno no aumenta más aunque la intensidad del esfuerzo lo haga. Es en ese momento cuando se dice que el sujeto ha alcanzado su consumo máximo de oxígeno - VO₂max- y representa un índice fundamental para medir las posibilidades del sujeto ante esfuerzos prolongados de baja intensidad.*

En el ámbito deportivo medir el VO₂max dice que es la manera más eficaz de medir la capacidad aeróbica de un individuo, a que cuanto mayor sea el VO₂ max, mayor será la capacidad cardiovascular de este.

Para su medición y/o determinación existen dos formas: una llevada a cabo en el laboratorio por medio de la espirometría -Medición Directa- y otra de campo realizada a través de test prácticos en donde se utilizan tablas comparativas -Medición Indirecta-. Se mide en ml/kg/min, pero si lo multiplicamos por nuestro peso corporal, el resultado se expresará en litros.

La medición directa por medio de pruebas de laboratorio es muy precisa, pero es necesario hacer una prueba de esfuerzo con analizador de gases mediante una mascarilla que mida el O₂ -oxígeno- y el CO₂ -dióxido de carbono- que respiramos.

La medición indirecta consta de formas simples pero menos precisas de determinarlo, siendo el Test de Cooper el mayormente utilizado por los

Respuesta de la Tasa Metabólica de Reposo y el Cociente Respiratorio a un Ejercicio Sub-máximo en Mujeres Jóvenes

entrenadores, ya que es muy fácil de realizar y no requiere de equipo especial. Pero actualmente existen también otras pruebas como la Shuttle Run Test o prueba de los 20 metros.

Figura 2.1 Valores de referencia para población femenina media de 20 a 29 años: 35-43 ml/kg/min

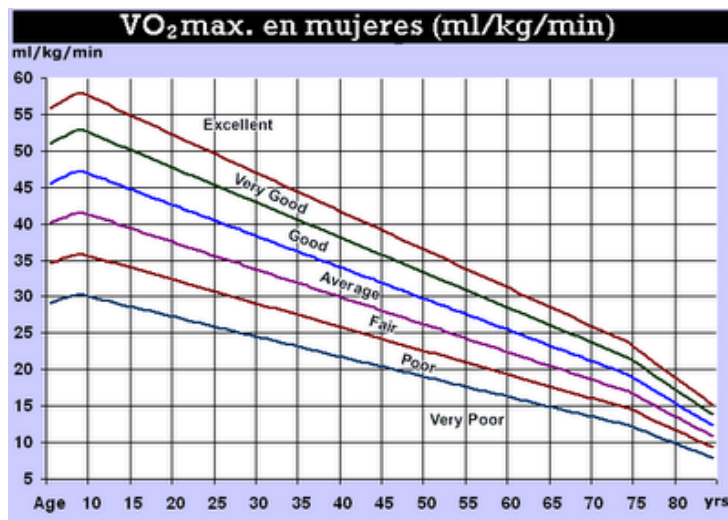
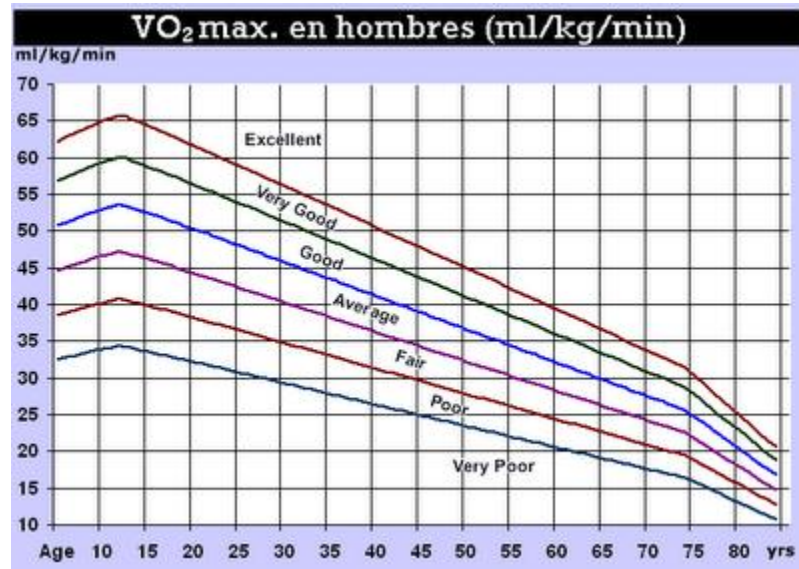


Figura 2.2 Valores de referencia para población masculina media de 20 a 29 años: 45-51 ml/kg/min

Respuesta de la Tasa Metabólica de Reposo y el Cociente Respiratorio a un Ejercicio Sub-máximo en Mujeres Jóvenes



En base a todo lo expuesto anteriormente se hace necesario que se establezcan las modificaciones y cambios que ocurren en la TMR como efecto de diversos patrones de actividad física, de tal manera que se pueda determinar claramente su comportamiento ante diferentes cargas de trabajo físico y a partir de ello establecer programas de ejercicio más científicamente elaborados, los cuales realmente incidan sobre el gasto energético del individuo, permitiendo con ello un mejor y adecuado control del peso corporal y de su salud en general.

2.7 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Como queda evidenciado en esta revisión bibliográfica de los diferentes estudios realizados en cuanto a la TMR, algunos han aplicado cargas de trabajo físico al 40% del VO₂max y otros al 70%. Se ha monitoreado la misma a diferentes tiempos y en diferentes tipo de ejercicio, así como su relación con factores psicológicos como lo cognitivo, lo afectivo y el dominio perceptual, con el ciclo menstrual y con factores como la ansiedad y las catecolaminas entre otros.

En base a ello el presente estudio plantea que es necesario conocer como influye el ejercicio aerobio sub-máximo en la cinética de la TMR y del RQ en mujeres jóvenes.

El presente estudio considera importante que determinar las modificaciones de la TMR y el RQ en respuesta a un ejercicio sub-máximo bajo diferentes características de ingesta calórica y de actividad física, será de ayuda para la posible prevención o solución de alteraciones metabólicas no solo para personas que realizan algún tipo de ejercicio programado, sino también para la población en general, permitiendo con esto mejorar los hábitos alimenticios y determinar las intensidades de trabajo físico necesarias para el mantenimiento de un peso corporal adecuado y un buen estado de salud.

El comparar las diferencias en la TMR en mujeres sedentarias y mujeres que realizan ejercicio de tipo aerobio, nos permitirá establecer si realmente el practicar ejercicio a cierta intensidad de trabajo, trae beneficios sobre el gasto energético y consecuentemente sobre el control del peso corporal.

Así mismo, establecer los cambios y la cinética de la TMR y el RQ inducidos por una sola carga de trabajo sub-máximo, nos ayudará a determinar la

cantidad de ejercicio mínimo necesario que cualquier individuo deba realizar y resulte efectivo en el mejoramiento de la capacidad cardiorespiratoria, la utilización adecuada de sustratos metabólicos y el mantenimiento del peso corporal.

2.6 OBJETIVOS DE ESTUDIO

Con fundamento en lo anterior se planteó el presente trabajo de investigación, teniendo por objetivo general:

Determinar y Comparar las Modificaciones y la Cinética de la TMR y el RQ en respuesta a un Ejercicio Sub-máximo, en Mujeres Jóvenes Sedentarias y en Mujeres Jóvenes que realizan Actividad Física Aerobia.

Los objetivos específicos que en este trabajo se pretende responder son:

1. Determinar la composición corporal específicamente en % de grasa, IMC -Índice de Masa Corporal- y peso en MLG -Masa Libre de Grasa-.
2. Establecer la cantidad y calidad de la ingesta calórica.
3. Establecer la capacidad aerobia máxima a través de la determinación del Vo2max en una prueba de esfuerzo ergométrica.
4. Determinar y comparar la TMR antes y durante las 36 horas posteriores a un ejercicio de 30 minutos al 50% del Vo2max en ambos grupos.
5. Determinar y comparar el RQ antes y durante las 36 horas posteriores a un ejercicio de 30 minutos al 50% del Vo2max en ambos grupos.

2.7 HIPÓTESIS DE ESTUDIO

La Hipótesis de éste estudio infiere que:

“El nivel basal de la TMR y el incremento de la misma después de un ejercicio sub-máximo es mayor en mujeres que realizan ejercicio aerobio que en aquellas cuyo estilo de vida es sedentario recuperándose más rápido en las sedentarias que en las activas, mientras que el RQ será menor antes y después en las físicamente activas”.

3. METODOLOGÍA

En el presente Apartado se detalla la descripción metodológica empleada para el desarrollo de ésta investigación doctoral.

3.1 Sujetos.

Participaron de manera voluntaria en éste estudio 16 mujeres de la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, clínicamente sanas, no embarazadas, no lactando, no obesas, y no bajo dieta de restricción de peso con un mínimo de 2 meses o más antes del estudio, quienes se comprometieron por escrito para formar parte del estudio.

Se formó un grupo con 8 de ellas quienes llevaban un estilo de vida sedentario con un mínimo de 5 meses sin realizar actividad física de manera programada y frecuente -29 ± 3.7 años, 61 ± 9.9 kg, 161 ± 7.9 cm- y otro grupo de 8 que practicaban actividad física en forma regular –aerobics- con un mínimo de 6 meses, cinco veces a la semana, una hora diaria -28 ± 2.8 años, 61 ± 5.1 kg, 162 ± 3.2 cm- y cuyas características son presentadas en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Datos Descriptivos de la muestra (edad, peso y talla)

n = 16	Grupo sedentario (n=8)	Grupo Activo (n=8)
Edad (años)	29 ± 3.7	28 ± 2.8
Peso (kg)	61 ± 9.9	61 ± 5.1
Talla (cm)	161 ± 7.9	162 ± 3.2

n = Número de la muestra, \pm = DE

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se basa en el paradigma de investigación con enfoque cuantitativo y es de tipo comparativa, descriptiva y correlacional con un diseño de tipo cuasi-experimental, con dos grupos (sedentario y activo) que realizaron el mismo tratamiento metodológico y a los cuales se les comparó la respuesta y la cinética de:

- La Tasa Metabólica de Reposo
- El Cociente Respiratorio

3.3 VARIABLES DE ESTUDIO

3.3.1 VARIABLES DEPENDIENTES

En este estudio se evaluaron las siguientes variables dependientes:

TMR-pre = Tasa Metabólica pre-ejercicio

TMR-post= Tasa Metabólica post-ejercicio

TMR-6 = Tasa Metabólica a las 6 horas

TMR-12 = Tasa Metabólica a las 12 horas

TMR-24 = Tasa Metabólica a las 24 horas

TMR-30 = Tasa Metabólica a las 30 horas

TMR-36 = Tasa Metabólica a las 36 horas

RQ-pre = Cociente Respiratorio Pre-ejercicio

RQ-post = Cociente Respiratorio Post-ejercicio

- RQ-6 = Cociente Respiratorio a las 6 horas
- RQ-12 = Cociente Respiratorio a las 12 horas
- RQ-24 = Cociente Respiratorio a las 24 horas
- RQ-30 = Cociente respiratorio a las 30 horas
- RQ-36 = Cociente Respiratorio a las 36 horas

3.3.2. VARIABLES INDEPENDIENTES.

La variable independiente está compuesta por:

El Ejercicio Sub-máximo de 30 minutos en banda sinfín al 50% del VO₂max.

3.4. RECURSOS.

Para la realización de esta investigación se contó con el material y colaboración de personal que a continuación se describen:

3.4.1. TECNOLÓGICOS.

Carro Metabólico -Analizador de Gases- "SensorMedics Vmax 29 series"

Electrocardiógrafo marca "Hewlett Packard" -de 12 derivaciones con 10 electrodos-

Pulsómetro marca "Polar CS300"

Esfigmomanómetro Mercurial "Adex Tipo Integral MI-300"

Báscula de metal “Bame” -con resorte en la plataforma-

Estadímetro de madera adicionado a la pared con cinta metálica Lufkin.

Plicómetro de Plástico “Faga”

Cinta Antropométrica

Banda Sinfín “Body Guard de Landice Modelo 8600”

3.4..2 HUMANOS.

Además del Dr. Responsable de este estudio se contó con el apoyo de:

Un médico responsable de aplicar la Historia Clínica y la exploración física.

Dos auxiliares para la medición del peso y la estatura

Dos auxiliares en la aplicación de la Prueba de Esfuerzo por medio del Protocolo de Bruce.

3.4.3. INSTALACIONES.

Todo el proceso práctico se llevó a cabo en el Laboratorio de Fisiología de la Facultad de Educación Física y Ciencias del Deporte de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

3.5. TEST EMPLEADOS.

En la primera de las tomas de datos se realizó previo al programa de intervención, la medición descriptiva de cada uno de los participantes en cuanto

a edad, talla y peso, % de grasa, MLG e IMC. Posterior a ello en este estudio se aplicó una batería de pruebas integrada por 6 distintos test que siguieron el orden y aplicación que a continuación se describe:

3.5.1. TEST DE ANÁLISIS DE LA DIETA.

Para esta evaluación se pide un registro de la ingesta alimentaria durante tres días consecutivos, en el que se solicita que se anote detalladamente los alimentos, bebidas, bocadillos, frituras, gomas de mascar y otros, especificándolos por porciones, piezas, cucharadas -grandes o pequeñas-, tazas, gramos -gr- o mililitros -ml-; si estuvieron cocidos, fritos, asados, utilizando en su preparación aceite, mantequilla, margarina, crema u otros. Así mismo se pide que anoten si se está tomando algún complemento alimenticio y de que tipo. Para el análisis de estos datos se utilizó el Software Diet Analysis.

Posterior a la prueba de esfuerzo se dejó pasar un mínimo de 3 días y un máximo de 5, durante el cual se les solicitó un segundo registro de su ingesta alimentaria de 3 días consecutivos bajo las mismas características ya mencionadas. Y en la fase de monitoreo de 3 días de la TMR se les solicitó el 3er y último registro alimenticio del estudio.

3.5.2 TEST PARA LA DETERMINACIÓN DEL IMC.

Para la determinación del IMC, se midió y se pesó a los sujetos para utilizar estos datos en la Ecuación de Quetelet: $IMC = \text{masa corporal en kg} / \text{estatura en m}^2$. Las mediciones se realizaron utilizando el método antropométrico bajo la técnica que establece la Sociedad Internacional para el desarrollo de la Cineantropometría -ISAK por sus siglas en inglés.

A. Estatura máxima (con tracción cervical)

El sujeto se coloca de pie y de espaldas al estadímetro con los talones juntos y las puntas de los pies separadas, pegando lo más posible a la espalda de medición los talones, los glúteos y la parte superior de la espalda. La cabeza del sujeto se coloca en el Plano de Frankfort -plano horizontal y paralelo al suelo entre el arco suborbital y la parte superior del trago de la oreja-.

El medidor coloca sus manos a los lados de la mandíbula inferior sosteniendo con los dedos índice y medio de cada mano, la apófisis mastoides correspondiente, mientras que un auxiliar coloca la escuadra del estadímetro sobre el vértex y a la cuenta de tres se le pide al sujeto que haga una inspiración profunda mientras que el medidor eleva con ambas manos haciendo una tracción cervical para lograr la estatura máxima.

B. Peso Corporal

Los sujetos se colocaron sobre una báscula mecánica de pedestal de espaldas a la escala que se encontraba en cero, descalzas y en traje de baño de 2 piezas. Se les indicó que respiraran normal, que ubicaran los brazos a los lados y que distribuyeran equitativamente el peso en ambos pies. A continuación se deslizó la pesa sobre la barra de medición hasta que se mantuvo estable y se registró el valor marcado.

Para la medición de estas variables se utilizó una báscula de metal con resorte en la plataforma de la marca Bame y un estadímetro de madera pegado a la pared con una cinta metálica Lufkin como escala.

3.5.3 TEST PARA LA DETERMINACIÓN DEL % DE GRASA Y MLG.

Este test consistió en medir a los sujetos por medio de plicometría, 5 pliegues cutáneos -tricipital, subescapular, abdominal I, suprailiaco anterior y muslo frontal- para determinar el % de Grasa Corporal por medio de la Fórmula de Katch (1979) para población generalizada y no de alto rendimiento.

% de Grasa = Suma de 5 pliegues/ (3F x Ksk), donde:

3F = 3 peso (kg) / estatura (dm)

Ksk = Suma de 5 pliegues / (3 F x % medio de grasa por el criterio de métodos para poblaciones)

KsK Generalizado: mujeres = .68 y Hombres = .81

Previo a la aplicación de este test se les conmina a los participantes a:

- No realizar actividad física extenuante en las 24 horas previas a la aplicación del test.
- Vestir contraje de baño.
- Traer la piel limpia y seca -sin crema o aceite-.
- Ayuno mínimo de 4 horas antes de la valoración para mantener el nivel de hidratación.
- Vaciar esfínteres 30 minutos antes de la medición.
- Acudir puntualmente.

Las mediciones se realizaron por medio de un plicómetro de plástico “Faga” y una cinta antropométrica.



Figura 3.1 Plicómetro de Plástico y Cinta Antropométrica

3.5.4. TEST DE ESFUERZO PARA LA DETERMINACIÓN DEL VO₂max.

Todas las participantes realizaron una prueba de esfuerzo máximo en banda sinfín Body Guard de Landice modelo 8600 -con una capacidad de elevación hasta el 15% y una velocidad máxima de 20 mph-.

El VO₂max se determinó en forma directa por medio de un analizador de gases -Sensor Medics 29 Vmax-. Este aparato toma en cuenta los valores de temperatura ambiental -°C-, presión barométrica -mmHg- y humedad relativa -%- de manera automática, los cuales fueron comparados con los obtenidos de forma manual por medio de un termómetro Brennan -temperatura-, un barómetro Nova de Princo -presión atmosférica- y un Higrómetro Taylor -

humedad- que se encuentran en el laboratorio, verificándose la medida como correcta.

El analizador de gases determinó los valores de VO_2 y VCO_2 en el aire espirado a través de un sensor de flujo, utilizando la técnica de respiración-por-respiración -breath by breath-. El sensor fue calibrado antes de cada test, con un recipiente de volumen de aire ambiental de 3 litros de capacidad. Se establecieron los volúmenes mínimos y máximos que puede determinar el sensor con un coeficiente de variación no mayor al 3%. Posteriormente se hizo la calibración de gases a partir de la utilización de dos tanques de gas de concentraciones conocidas, uno con 26% de O_2 y balance de nitrógeno y el otro con 16% de O_2 , 4% de CO_2 y balance de nitrógeno. El analizador utiliza un sensor paramagnético para determinar la cantidad de O_2 y un sensor infrarrojo para medir el CO_2 en el aire espirado.

Todas las participantes fueron citadas por la mañana solicitándoles que se presentaran bajo las siguientes condiciones:

- Presentarse con ropa y calzado adecuado.
- Ayuno no mayor de 4 horas ni menor de 2 horas.
- Presentarse con esfínteres vacíos.
- Traer la piel limpia y seca (sin cremas o aceites).
- Haber tenido un sueño reparador la noche previa
- No haber fumado por lo menos 8 horas antes de la prueba
- con esfínteres vacíos, con la piel limpia y seca (sin cremas o aceites),

- No haber consumido bebidas con cafeína o estimulantes -té, café, refresco de cola o chocolate- una 8 horas antes de la prueba.
- Haber mantenido una hidratación adecuada las últimas 24 horas previas a la prueba.
- No haber realizado ejercicio físico extenuante las ultimas 12 horas previas a la medición.
- Informar si se está tomando algún medicamento -antibióticos, anti-inflamatorios u otros-.
- Informar de cualquier problema de salud que pueda afectar los resultados.
- Acudir puntualmente.

Ya en el laboratorio se les colocaron 10 parches para la colocación de los electrodos necesarios para la determinación de un ECG -electrocardiograma- de 12 derivaciones y con tira de ritmo en Derivación II –DII-. Estos fueron colocados como se muestra en las Figuras 3.2, 3.3 y 3.4.

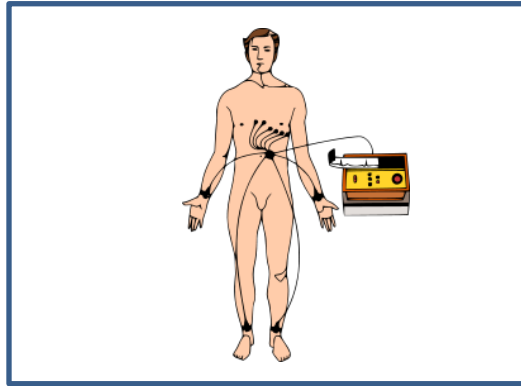


Figura 3.2 Imagen un paciente conectado a los 10 electrodos necesarios para un ECG de 12 derivaciones.

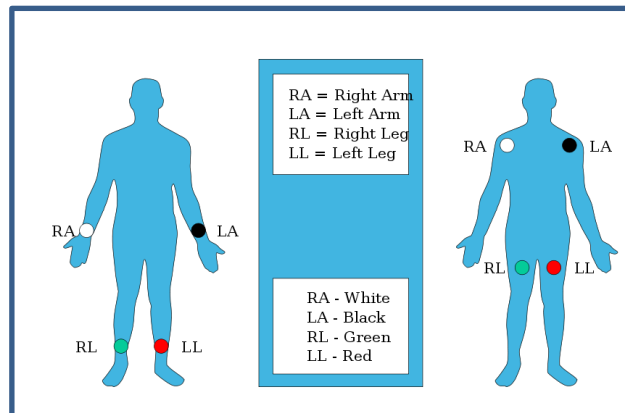


Figura 3.3 Colocación de 10 electrodos para realizar de un ECG Estándar de 12 Derivaciones

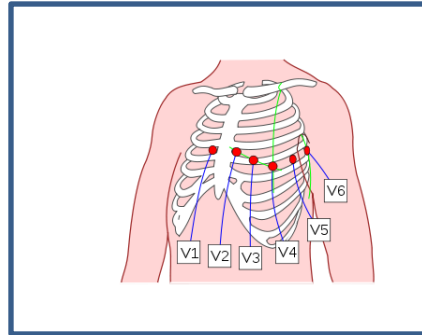


Figura 3.4 Lugares para las colocaciones precordiales

Para el registro del electrocardiograma se utilizó un Electrocardiógrafo Hewlett Packard de tres canales para 12 derivaciones.

También se utilizó un Pulsómetro Polar CS 300 para el monitoreo de la Frecuencia Cardíaca -FC- basal y de esfuerzo, colocándoles la cintilla en el pecho a la altura del apéndice xifoides y el reloj monitor en la parte frontal de la banda sinfín para poder visualizarlo fácilmente.



Figura 3.5 Pulsómetro Polar CS 300

Antes de iniciar la prueba se les dieron 5 a 10 minutos de calentamiento que consistió en ejercicios de estiramiento y una caminata ligera para la adaptación de la caminata en la misma.

Ya una vez terminado el calentamiento y con la FC cercana a la cifra basal se dio inicio a la prueba máxima por medio del Protocolo de Bruce. Powers., Howley (1985) mencionan *que éste test es empleado para poblaciones en general o poblaciones activas*. De igual forma, el American College of Sport Medicine (2001) y Astrand., Rodahal., Dahl., Stromme (2003) concluyen que éste protocolo ofrece seguridad pero es capaz de llevar al agotamiento y producir esfuerzo máximo.

Este protocolo consta de seis etapas de 3 minutos cada una a una velocidad inicial de 1.7 mph con un aumento de 0.8 mph al inicio de cada una de ellas, y de una inclinación inicial de 10% de grado con un incremento de 2% para cada etapa (ver tabla 3.2).

Tabla 3.2 Protocolo de Bruce para Banda Sinfín

ETAPA	TIEMPO	VELOCIDAD (MPH)	PENDIENTE (%)
I	3	1.7	10
II	3	2.5	12
III	3	3.4	14
IV	3	4.2	15
V	3	5.0	18
VI	3	5.8	20

Antes de inicial la prueba se les colocó a las participantes un sensor de flujo sostenido por una boquilla y una diadema que acompaña al equipo, y un clip nasal que impide la entrada de aire por esa vía, para forzar la respiración a través del sensor de flujo exclusivamente, de forma que éste pudiera detectar la composición y volumen del aire espirado.

La prueba se consideró máxima cuando se cumplió con tres de los criterios de maximalidad [López-Chicharro y Fernández-Vaquero (2006). Jones., Makrides., Hitchcock., Chypchar., Mc Cartney (1985)].

- Aumento del VO₂ no mayor a 150 ml.kg.min⁻¹ en los dos últimos estadios sucesivos del test incremental utilizado.
- Un RER -tasa de intercambio respiratorio- mayor a 1.15.
- FC superior al 95% de la FCMT calculada por la fórmula de Karvonen de 220 – edad (ACSM, 2001).
- Agotamiento del sujeto por el que le fuera imposible continuar con el ejercicio.

Al término de la prueba se monitoreó durante 5 minutos a los participantes con el fin de controlar la recuperación.

3.5.5 TEST PARA LA MEDICIÓN DE LA TMR Y RQ PRE-EJERCICIO.

La TMR se determina utilizando un analizador de gases computarizado Sensor Medics 29 Vmax por medio de calorimetría indirecta de circuito abierto bajo la técnica de dilución (Branson 1990) con una máscara para mediciones cortas. En ésta técnica el gas espirado por el sujeto se diluye con el aire ambiental y pasa a una cámara mezcladora, de tal manera que el flujo total a través del

sistema es constante, generalmente alrededor de 40 l/min; a partir de éste volumen se determinan las FEO₂ y FECO₂ de la mezcla expirada.

Los sujetos fueron citados al levantarse por la mañana, en completo estado de ayuno y sin bañarse. De igual forma se les solicitó que se trasladaran en carro para evitar en lo más posible la actividad física espontánea. Al sujeto a medir se le mantiene en completo estado de reposo sobre una cama de exploración o un sillón durante un lapso de 15 a 20 minutos. Se procuró un ambiente templado y de quietud [Branson (1990). Feurer and Mullen (1986)].

Antes de iniciar la medición se les coloca una mascarilla de dilución utilizada para las mediciones basales de corta duración -Analizador de Gases Sensor Médicos 29 Vmax- y posterior a ello se inicia con la medición durante un período de 15 minutos o menos, durante los cuales los sujetos debe alcanzar su Estado Estable en 5 minutos consecutivos, valor que es determinado automáticamente por el analizador de gases.

Se consideró que el EE -Estado Estable- se logró cuando el Coeficiente de Variación para el RQ fue menor o igual al 5% Y menor o igual al 10% para los valores de VO₂. Y en caso de ser necesaria la determinación de la fase de EE, se realizó de forma manual, permitiéndose hasta un 7% en el coeficiente de variación del RQ y hasta un 12% en la variación de VO₂.

3.5.6 TEST PARA EL EJERCICIO SUBMÁXIMO -50% DEL VO₂max-

Este test consistió en la realización de una caminata inmediatamente después de la medición de la TMR pre-ejercicio. Las participantes caminaron durante 30 minutos en banda sin fin a una inclinación de 1% de grado -inclinación que equivale a la resistencia del viento al caminar- al 50% del VO₂max. Antes del inicio del conteo del tiempo, se utilizan 5 minutos de caminata para establecer

la velocidad necesaria -inicia con 1.7 mph- que logre mantener el ejercicio de 30 minutos al 50% del VO₂max. En esta fase se busca trabajar al 65% de la Frecuencia Cardíaca Máxima, ya que se considera que ésta frecuencia corresponde aproximadamente al 50% del VO₂max.

Ya iniciada la prueba se mide el VO₂ por períodos de un minuto al inicio y en el transcurso del ejercicio, con intervalos de 4 minutos. La velocidad de la banda se controla para tratar de mantener el consumo de oxígeno al 50% del máximo y la Frecuencia Cardíaca alrededor del 65% durante los 30 minutos. La Frecuencia Cardíaca se registrada cada minuto por medio del pulsómetro y el electrocardiógrafo del carro metabólico, mismo que se utilizó para la determinación del consumo de oxígeno.

Previo a la realización de la prueba se le solicita al participante que se presente en las siguientes condiciones:

- Llegar al laboratorio después de levantarse -alrededor de las 7-9 de la mañana-.
- Traer ropa adecuada -playera, shorts y tenis-.
- No haber realizado ejercicio extenuante mínimo 12 horas antes de presentarse al laboratorio.
- Presentarse en completo estado de ayuno
- Venir con la piel limpia, seca -sin cremas o aceites-.
- Vaciar esfínteres antes de la medición.
- Si ese día siente algún malestar físico o ha ingerido algún medicamento, favor de mencionarlo a su llegada.
- Acudir puntualmente.

3.5.7 TEST PARA LA MEDICIÓN DE LA TMR Y EL RQ POST-EJERCICIO.

Inmediatamente al término de la caminata de 30 minutos en banda sinfín al 50% del VO₂max se mide nuevamente la TMR y el RQ con el procedimiento ya mencionado anteriormente.

3.5.8 TEST PARA EL MONITOREO DE LA TMR Y EL RQ A LAS 6, 12, 24, 30 Y 36 HORAS.

Posterior a la medición de la TMR y el RQ Post-Ejercicio, se realiza un monitoreo de medición durante 36 horas: Primero a las 6 horas -antes de comer-; a las 12 horas -antes de cenar- y nuevamente al siguiente día a las 24 horas -al levantarse y antes del desayuno-; después a las 30 horas -antes de la comida- y por último a las 36 horas -antes de la cena-. Estas mediciones se realizaron con un mínimo de 6 horas de ayuno y bajo el procedimiento ya descrito anteriormente.

3.6 PROCEDIMIENTOS

Una vez conformada la muestra -n=16- todas las participantes fueron confirmadas de su inclusión en el estudio así como de nueva cuenta de los objetivos de investigación, temporalidad del mismo y procedimientos; reiterando que no se realizó ningún test de carácter invasivo o que representará algún tipo de riesgo para la integridad de participantes o colaboradores del estudio. El Comité Ético de la UBC autorizó la investigación respetando de este modo las directrices de investigación según el acuerdo de Helsinki respecto investigaciones de esta naturaleza.

Como se detalló con anterioridad, se conformaron dos grupos de estudio de 8 participantes cada uno quienes cumplieron con lo requerido de estar clínicamente sanas, no embarazadas, no obesas, y no bajo dieta de restricción de peso con un mínimo de 2 meses o más antes del estudio. Un grupo se integró con mujeres con un estilo de vida sedentario con un mínimo de 5 semanas sin realizar actividad física programada y frecuente y el otro con estilo de vida activo que se encontraba realizando actividad física aerobia –aerobics- con un mínimo de 6 semanas practicándolo de lunes a viernes una hora diaria.

Previamente, se les reunió para solicitar la máxima disposición de participación así como las responsabilidades requeridas de cumplimentar por parte de cada una de ellas, en cuanto a su asiduidad y puntualidad a los llamados de evaluaciones, lo cual quedo plasmado por escrito en una carta compromiso. Así mismo se les solicitó el registro de su alimentación -formato anexo- durante 3 días consecutivos antes del inicio del proceso de evaluación, el cual se procesó por medio del Software Diet Analysis.

Ya detallado lo anterior, se inició el proceso de evaluación de los sujetos en orden indistinto durante el período empleado para el estudio. Citándoseles el primer día en ayuno para la medición de peso, talla y toma de 5 pliegues cutáneos: tricipital, subescapular, abdominal I, suprailiaco anterior y muslo frontal para la determinación de la Composición Corporal en cuanto a MLG y el % de Grasa Corporal por medio de la Fórmula de Katch (1979) para población generalizada y no de alto rendimiento, así como la determinación del IMC.

Posteriormente en reposo se les tomó la FC con un pulsómetro; un electrocardiograma por medio de un electrocardiógrafo, la T/A -Tensión Arterial- utilizando un esfigmomanómetro y también la FR -Frecuencia Respiratoria-. Al término de esto, las sujetos fueron sometidas a una prueba de esfuerzo máximo por medio del Protocolo de Bruce para Banda Sinfín, para lo

cual se les explicó detalladamente en que consistiría y se les dio un calentamiento previo de 2 minutos a una velocidad de 1.7 mph para que se adaptaran a la caminata en la banda.

Ya concluido el calentamiento previo se dio inicio al monitoreo del VO₂ hasta llegar al VO₂max por medio de un carro metabólico -analizador de gases-. El protocolo constó de seis etapas de 3 minutos cada una a una velocidad inicial de 1.7 mph con un aumento de 0.8 mph al inicio de cada una de ellas, y de una inclinación inicial de 10% de grado con un incremento de 2% para cada etapa a excepción de la cuarta, quinta y sexta etapa que se mantuvieron a 15%, ya que la banda sin fin en la que se realizó el estudio tenía una inclinación máxima de 15%. Por medio de esta prueba se llevó a los sujetos al agotamiento tomando parámetros para considerarla máxima, que el aumento del VO₂ no fuera mayor a 150 ml.kg.⁻¹ en las dos últimas etapas del test incremental, que el RQ fuera mayor a 1.15, que la FC sea superior al 95% de la FCMT -Frecuencia Cardíaca Máxima Teórica- o que el sujeto llegue al agotamiento y ya no pudiera continuar con el ejercicio. La actividad eléctrica del corazón se registró al final de cada etapa durante toda la prueba de esfuerzo por medio de electrocardiogramas para verificar que los sujetos no presentaran alguna alteración.

Después de la prueba de esfuerzo se dejó pasar un mínimo de 3 y un máximo de 5 días, durante el cual se les solicitó un segundo registro alimentario de 3 días consecutivos bajo las características ya mencionadas. Y ya en el laboratorio se inició con la medición de la TMR y el RQ -pre-ejercicio- por medio del Analizador de Gases. En cuanto las participantes llegaron al laboratorio se les mantuvo en completo estado de reposo sobre una cama de exploración durante un lapso de 15 a 20 minutos antes de iniciar la medición y la determinación se realizó en un período de 15 minutos o menos, durante los cuales el sujeto debió alcanzar su estado estable.

Después de esto las participantes realizaron una caminata de 30 minutos en banda sin fin a una inclinación de 1% de grado -inclinación que equivale a la resistencia del viento al caminar-. Antes de iniciar el conteo del tiempo, se les permitieron 5 minutos de caminata para establecer la velocidad necesaria - iniciando con 1.7 mph- que lograra mantener el ejercicio de 30 minutos al 50% del VO₂max. En esta fase se buscó trabajar al 65% de la Frecuencia Cardíaca Máxima, ya que se considera que ésta frecuencia corresponde aproximadamente al 50% del VO₂max.

Ya iniciada la prueba se midió el VO₂ por períodos de un minuto al inicio y en el transcurso del ejercicio, con intervalos de 4 minutos. La velocidad de la banda se controló para tratar de mantener el consumo de oxígeno al 50% del máximo y la Frecuencia Cardíaca alrededor del 65% durante los 30 minutos. La Frecuencia Cardíaca fue registrada cada minuto por medio del pulsómetro y el electrocardiógrafo del carro metabólico, mismo que se utilizó para la determinación del consumo de oxígeno.

Inmediatamente al término de la caminata se les midió nuevamente la TMR y el RQ -post-ejercicio- y se permitió que los sujetos se retiraran a desayunar. Antes de la comida -6 horas- y antes de la cena -12 horas- de ese día se les citó nuevamente para la medición de los dos factores. Al siguiente día -2o día de trabajo- se les pidió a las participantes que se presentaran al levantarse y antes de desayunar -24 horas-, antes de comer -30 horas- y antes de cenar -36 horas- para medir nuevamente la TMR y el RQ. Estas mediciones se realizaron con 6 horas de ayuno.

Durante las 36 horas en las que se realizaron mediciones de la TMR y el RQ después del ejercicio sub-máximo, se solicitó a un 3er y último registro alimentario y, a las mujeres clasificadas en el grupo de físicamente activas, se

les solicitó que suspendieran su rutina diaria de ejercicio para poder observar el efecto del ejercicio que se había administrado sobre la TMR.

3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Los datos registrados en esta investigación fueron procesados y analizados con el Programa Estadístico SPSS 17.0. Se utilizaron los siguientes datos descriptivos: medio, mínimo, máximo y desviación estándar. Se determinó. Ya confirmada la normalidad y homoscedasticidad de las variables. Se procedió a realizar el análisis de inferencia de la prueba estadística ANOVA de medidas repetidas -grupo X entrenamiento- con Pos-Hoc de Bonferroni para las distintas evaluaciones T1 –Pre-, T2 –Post-, T3 -6 horas-, T4 -12 horas-, T5 -24 horas, T6 -30 horas- y T7 -36 horas; detallando además el porcentaje de variación entre T1 y T7. Para todas los datos se aceptó el índice de significación de $p < 0.05$.

4. RESULTADOS.

En el presente apartado se exponen los resultados de las variables de estudio señaladas en la metodología de esta investigación doctoral, se presenta en primer orden los datos descriptivos de la muestra en la tabla 4.1. Y después los resultados de las aplicaciones de los test que se realizaron durante el tiempo de esta investigación.

Una vez confirmada la normalidad de las variables correspondientes a edad, peso y talla, se procedió a realizar el análisis de inferencia de prueba estadística ANOVA de medidas repetidas con ajuste pos-hoc de Bonferroni para las distintas evaluaciones T1 -pre-ejercicio-, T2 -post-ejercicio-, T3 -6 horas-, T4 -12 horas-, T5 -24 horas-, T6 -30 horas y T7 -36 horas. Los datos son procesados en tablas con valores de media, desviación estándar y en algunos la diferencia de % inter-grupos.

4.1 DATOS DESCRIPTIVOS DE LA MUESTRA.

Tabla 4.1 Datos Descriptivos de la muestra (edad, peso, talla)

n = 16	Grupo sedentario (n=8)	Grupo Activo (n=8)	Diferencia % Inter-grupos
Edad (años)	29 ± 3.7	28 ± 2.8	GS 3.44% / GA
Peso (kg)	61 ± 9.9	61 ± 5.1	GS = GA
Talla (cm)	161 ± 7.9	162 ± 3.2	GA 0.6% / GS

n = Número de la muestra, ± DE, * p = < 0.05

La tabla 4.1 muestra los resultados en cuanto a edad, peso y talla para ambos grupos, no encontrando diferencia significativa entre ambos grupos.

4.2 FACTORES DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL -PLIEGUES CUTÁNEOS, % DE GRASA, MLG E IMC-

Tabla 4.2 Promedio de los Factores de la Composición Corporal - Σ de pliegues, % de grasa, MLG e IMC-

Parámetro	Grupo Sedentario	Grupo Activo	Diferencia % Inter-grupos
Σ de pliegues	113.2*	82.8 \pm 25.8	GS 26.8% / GA
% Grasa	27.9 \pm 8.2 *	20.8 \pm 5.9	GS 6.2% / GA
MLG -kg-	43.40 \pm 3.2	74.95 \pm 3.9*	GA 9.4% / GS
IMC	23.5 \pm 2.9	23.1 \pm 2.0	GS 1.7% / GA

Σ = sumatoria, MLG = Masa Libre de Grasa, IMC = Índice de Masa Corporal. \pm DE, * p= < 0.05

La tabla 4.2 muestra que hay diferencia significativa en la sumatoria de pliegues cutáneos a favor del grupo sedentario -113.2mm/82.2-. El % de Grasa es significativamente mayor en el grupo sedentario en relación al obeso - 27.9%/20.8-. La MLG es significativamente mayor para el grupo activo en relación al sedentario -74.95kg/43.40-.

4.3 INGESTA -kcal/día- Y EQUILIBRIO CALÓRICO -%- DE LOS DÍAS DE ESTUDIO -3 REGISTROS ALIMENTARIOS-

Tabla 4.3 Promedio de la ingesta -kcal/día- y el equilibrio calórico -%- de los 9 días de estudio - 3 registros alimentarios-

Parámetro	Grupo Sedentario	Grupo Activo	Diferencia % Inter-grupos
Kilocalorías/día	1923 ± 83.14	2118 ± 153.18*	GA 9.20% / GS
Proteína -%-	15 ± 0.597	14 ± 0.522	GA = GS
Grasas -%-	31 ± 0.93*	36 ± 1.51*	GA 11.4% / GS
Hidratos de Carbono -%-	53 ± 1.31	51 ± 1.45	GS 3.7%/ GA

% Recomendados: 12-15 proteínas, 20-25 grasas y 60-70 hidratos de carbono. * p= < 0.05

La tabla 4.3 muestra el consumo de kilocalorías por día siendo significativamente mayor para el grupo activo en relación a las sedentarias - 2118/1923-. El consumo de proteínas e hidratos de carbono no mostro diferencia entre ambos, mientras que las grasas tuvieron diferencia significativa siendo mayor en el grupo activo con relación al sedentario -36%/31-.

4.4 CONSUMO DE OXÍGENO AL 100%, AL 50% CALCULADO Y AL 50% MEDIDO.

Tabla 4.4 Promedio del Consumo de Oxígeno al 100% y al 50% calculado y al 50% medido.

VO2 (ml.kg.min ⁻¹)	Grupo Sedentario	Grupo activo	% Diferencia Inter-grupos
Máximo -100%-	27.92 ± 4.6	40.46 ± 6.2*	GA 30.9% / GS
50% Calculado	13.9 ± 2.3	20.2 ± 3.1*	GA 31.18% / GS
50% Medido	14.1 ± 2.2	20.0 ± 3.1*	GA 29.5% / GS

VO2 = Consumo de Oxígeno, ml.kg.min = mililitros por kilogramo por minuto elevado a la menos 1. *p = <0.05

La tabla 4.4 muestra diferencia significativa entre el Consumo Máximo de Oxígeno a favor del grupo activo en relación con el sedentario -40.46 ml.kg.min⁻¹/27.92-, de igual forma muestra que el consumo de oxígeno al 50% calculado y al 50% medido fue significativamente mayor para el grupo activo en relación al sedentario -20.2/13.9- y -20.0/14.1- respectivamente.

4.5 LA TMR EN KILOCALORÍAS POR DÍA: PRE-EJERCICIO, POST-EJERCICIO, A LAS 6, 12, 24, 30 Y 36 HORAS.

Tabla 4.5 Promedio de la TMR en kilocalorías por día: pre- ejercicio, post-ejercicio y a las 6, 12, 24, 30 y 36 horas.

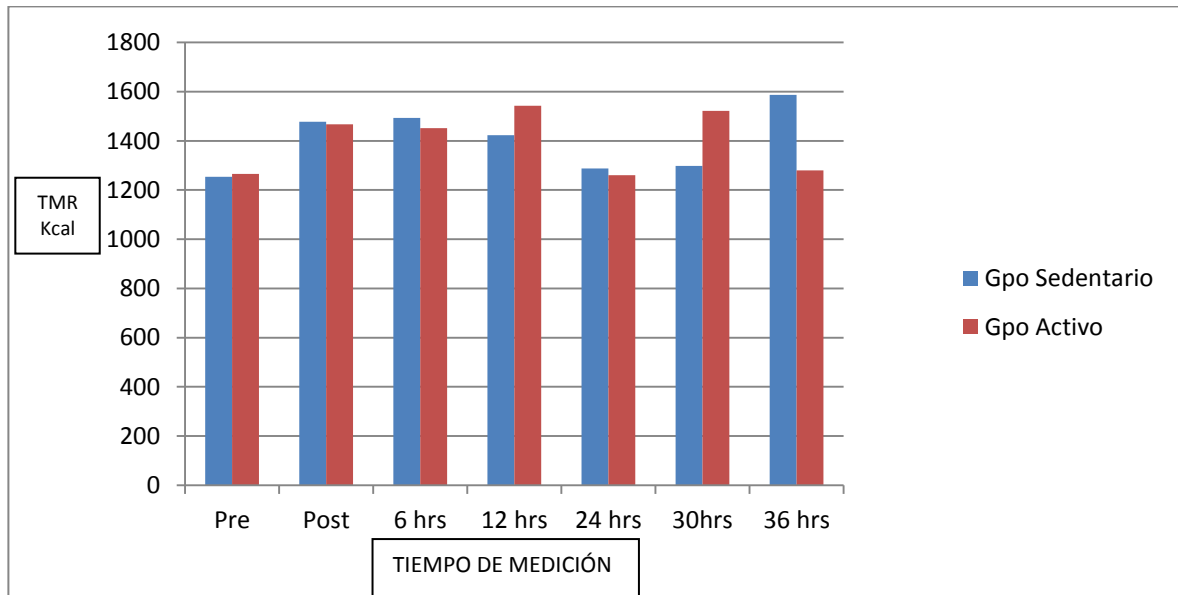
Tiempo	Grupo Sedentario	Grupo Activo	% Diferencia Inter-grupos
Pre-ejercicio	1254 ± 292.8	1265 ± 144.7	GA 0.8% / GS
Post-ejercicio	1478 ± 104.7	1467 ± 104.7	GS 0.7% / GA
6 horas	1493 ± 107.8	1451 ± 104.7	GS 1.7% / GA
12 horas	1423 ± 104.7	1542 ± 104.7*	GA 8.3% / GS
24 horas	1287 ± 108.0	1270 ± 117.9	GS 1.3% / GA
30 horas	1298 ± 125.3	1522 ± 137.4*	GA 17.5% / GS
36 horas	1587 ± 157.8*	1280 ± 157.8	GS 23.9% / GA

PE = Post-Ejercicio, ± = Desviación Estándar. P= < 0.05

La tabla 4.5 muestra que no hay diferencia entre la Tasa Metabólica pre-ejercicio, post-ejercicio, a las 6 horas y a las 24 horas entre ambos grupos. A las 12 horas es significativamente mayor para el grupo activo en relación al sedentario -1522 k/cal/1289 y, a las 36 horas es significativamente mayor para el grupo sedentario que para el activo -1587 k/cal/1280. Esto se puede apreciar en la figura 4.1

Respuesta de la Tasa Metabólica de Reposo y el Cociente Respiratorio a un Ejercicio Sub-máximo en Mujeres Jóvenes

Figura 4.1 Cinética de la TMR antes y después del ejercicio sub-máximo en ambos grupos



4.6 EL RQ PRE-EJERCICIO, POST-EJERCICIO, A LAS 6, 12, 24, 30 Y 36 HORAS.

Tabla 4.6 Promedio del RQ pre- ejercicio, post-ejercicio y a las 6, 12, 24, 30 y 36 horas.

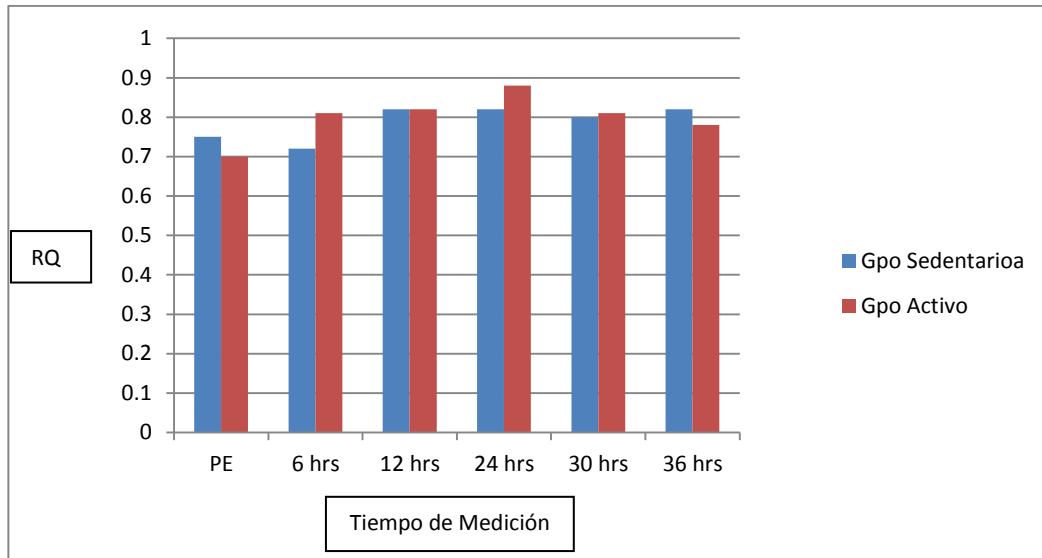
Tiempo Post-Ejercicio	Grupo Sedentario*	Grupo Activo*	% Diferencia Intergrupos
Pre-ejercicio	0.84 ± .02*	0.77 ± .02	GS 8.3% / GA
Post-ejercicio	0.75 ± .03*	0.70 ± .03	GS 6.6% / GA
6 hrs	0.72 ± .03	0.81 ± .03*	GA 11.1% / GS
12 hrs	0.82 ± .03	0.82 ± .03	GA = GS
24 hrs	0.82 ± .03	0.88 ± .03*	GA 6.8% / GS
30 hrs	0.80 ± .04	0.81 ± .04	GS 1.2% / GA
36 hrs	0.82 ± .05	0.78 ± .05	GS 3.6% / GA

PE = Post-ejercicio, ± = Desviación Estándar, *p = <0.05

La tabla 4.6 muestra que el RQ pre y post ejercicio es significativamente mayor en el grupo sedentario en relación al obeso -0.84/0.77- y 0.75/0.70- respectivamente. A las 6 y a las 24 horas es significativamente mayor para el grupo activo en relación al sedentario -0.81/0.72- y -0.88/0.82- respectivamente, mientras que a las 12, 30 y 36 horas es similar para ambos grupos. Esto se puede apreciar a continuación en la figura 3.2.

Respuesta de la Tasa Metabólica de Reposo y el Cociente Respiratorio a un Ejercicio Sub-máximo en Mujeres Jóvenes

Figura 4.2 Cinética del RQ antes y después del ejercicio sub-máximo en ambos grupos.



5. DISCUSIÓN.

El objetivo principal de ésta Tesis Doctoral fue: Determinar y Comparar las Modificaciones y la Cinética de la TMR y el RQ en respuesta a un Ejercicio Sub-máximo, en Mujeres Jóvenes Sedentarias y en Mujeres Jóvenes que realizan Actividad Física Aerobia.

Para cumplir con este cometido se contó con la participación de un grupo sedentario y un grupo activo, quienes fueron sometidos a una carga de trabajo sub-máximo al 50% del VO₂max para ver la cinética de la Tasa Metabólica de Reposo TMR y el RQ antes y después del ejercicio.

A nuestro conocimiento este es uno de los primeros estudios en evaluar la TMR y el RQ a una carga del 50% del VO₂max entre mujeres activas y sedentarias. Precedentes estudios realizados por otros investigadores comparan la respuesta de la TMR al 40 y al 70%; otros afirman que se mantiene elevada por una hora, otros concuerdan que dura de 7.5 a 12 horas, otros por 12 horas y otros como el de Edwards., Thorndike y Dill (1935) que concluyen que la TMR se mantiene elevada hasta 24 o 48 horas, resultados con los cuales coincide este estudio al demostrar que a las 24 horas la TMR no ha alcanzado aun sus valores basales.

A continuación se aborda en esta discusión las variables de estudio descritas en el apartado de la metodología; para esto seguiré el mismo orden en que fueron establecidos los objetivos de estudio, presentándose de la siguiente forma:

- Datos descriptivos y composición corporal.
- Análisis de la ingesta calórica.
- Prueba de esfuerzo máximo.
- Cinética de la TMR antes y después de un ejercicio sub-máximo.

- Cinética del RQ antes y después de un ejercicio sub-máximo.

Los datos resultantes fueron contrastados tomando en cuenta la composición corporal -% de grasa, MLG e IMC- y la clasificación por grupos -activo-sedentario.

5.1 DATOS DESCRIPTIVOS Y COMPOSICIÓN CORPORAL.

Las características descriptivas de los sujetos muestran que no hay diferencia en cuanto a la edad, el sexo y la talla, así como en el índice de masa corporal entre los dos grupos.

Donde si hay diferencia significativa es en cuanto al % de Grasa siendo mayor para el grupo sedentario -27.9/20.8%- lo cual se atribuye a la falta de ejercicio y la acumulación de grasa subcutánea.

La MLG fue significativamente mayor para el Grupo Activo -47.95/43.40kg- atribuido en parte al incremento en el desarrollo de la masa muscular y una disminución de la grasa subcutánea como respuesta a la práctica de ejercicio programado y continuo como el que realizan con una duración mínima de 5 horas a la semana.

5.2 ANÁLISIS DE LA INGESTA CALÓRICA.

En lo referente a la ingesta calórica en cuanto al equilibrio de los macronutrientes podemos constatar que la ingesta diaria de ambos grupos se encuentra alrededor de la cifra de consumo recomendada para mujeres que es de 2000 kilocalorías/día, sin embargo, es notable apreciar que ninguno de los dos grupos respetó el % requerido para una alimentación equilibrada que marca que el consumo para proteínas debe ser del 12 al 15%, para las grasas del 20 al 25% y para los carbohidratos del 60 al 70%.

Al analizar los resultados, se encuentran diferencias significativas en el consumo total de calorías para el Grupo Activo en relación al Sedentario - 2118/1923kcal-, situación que se adjudica a que el requerimiento calórico se ve incrementado en ellas como resultado de la práctica de ejercicio.

En cuanto al consumo de carbohidratos y proteínas en ambos grupos fue similar, haciendo notar que el % de proteínas se encontró dentro del rango normal -12 a 15%-, mientras que el consumo de carbohidratos estuvo por debajo del recomendado -60 a 70%-, aspecto común de los mexicanos, el cual tiene tendencia a que la alimentación esté basada principalmente en el consumo de grasas.

En lo referente al consumo de grasas, se encuentra diferencia significativa a favor del Grupo Activo -35/31%-, lo cual se piensa es debido a que como estas mujeres realizan ejercicio aerobio programado y constante y aunque tengan un menor % de grasa corporal, ingieren mayor cantidad de grasa que las sedentarias. Este contraste de resultados puede atribuirse a dos posibles causas: una a que el metabolismo en reposo de estas mujeres que practican ejercicio, tiende a utilizar las grasas como sustrato, como lo revela el valor del RQ determinado antes del ejercicio sub-máximo -0.77- y la otra a que ellas diariamente queman calorías con la práctica de la actividad física.

5.3 PRUEBA DE ESFUERZO MÁXIMO.

Los valores de VO₂max obtenidos por medio de la aplicación del protocolo de Bruce para mujeres sedentarias correspondientes al rango de edad de este estudio están por debajo de lo establecido por la literatura de López y Fernández (2006) y Wilmore y Costill (2001) que marcan un rango de entre 30 y 35 ml.kg.min⁻¹ para mujeres sedentarias. Mientras que los valores del Grupo

Activo estuvieron acordes a lo señalado por Wilmore y Costill (2001) para mujeres activas sin entrenamiento formal ni trabajo de competencia.

Como resultado de la aplicación de una prueba de esfuerzo máximo en banda sinfín para la determinación del VO₂max, se pudo constatar que éste fue significativamente mayor para el Grupo Activo -40.46/27.92 ml.kg.min⁻¹- en relación al sedentario, aspecto que sugiere que estas mujeres poseen una mayor capacidad cardiorespiratoria y un mejor nivel de capacidades físicas resultantes de la práctica de actividad física constante y programada.

5.4 CINÉTICA DE LA TMR ANTES Y DESPUÉS DE UN EJERCICIO SUB-MÁXIMO.

En relación a la aplicación de un test de 30 minutos de caminata en banda sinfín al 50% del VO₂max –ejercicio sub-máximo- se puede concluir que antes e inmediatamente después del mismo y a las 6 horas, la TMR fue similar para ambos grupos. Pero es notorio ver una elevación significativa en ambos en cuanto al post-ejercicio como respuesta al haber sometido al organismo a una carga de trabajo.

A las 12 horas se incrementa significativamente más para el grupo activo -1542/1423 kcal-, pero a las 24 horas permanece elevada sin diferencia entre ambos, pudiendo comparar así estos resultados con estudios previos que han demostrado que la TMR permanece elevada por 24 o hasta 48 horas después de un ejercicio aerobio - Edwards., Thorndikey Dill (1935)-.

A las 30 horas se vuelve a elevar en el Grupo Activo -1522/1298kcal- y por último a las 36 horas es mayor en el Sedentario -1587/1280kcal- en relación al activo.

Estos resultados de la cinética de la TMR manifiesta una similitud en el pre-ejercicio, post-ejercicio y a las 6 horas para ambos grupos, lo cual sugiere que no se ve afectada por el estilo de vida de las sujetos de estudio –activas o sedentarias- y no cumple en parte con la hipótesis planteada en el estudio que indica que:

“El nivel basal de la TMR y el incremento de la misma después de un ejercicio sub-máximo es mayor en mujeres que realizan ejercicio aerobio que en aquellas cuyo estilo de vida es sedentario recuperándose más rápido en las sedentarias que en las activas, mientras que el RQ será menor antes y después en las físicamente activas”.

Pero es notorio que a las 12 y 30 horas sí sea significativamente mayor en las activas que en las sedentarias mientras que a las 36 horas es bastante mayor en las sedentarias, lo que manifiesta que la recuperación aunque no vuelve a los valores basales en ninguno de los dos grupos se da más rápido en las mujeres activas que en las sedentarias, pudiendo concluir que después de la aplicación de un ejercicio submáximo permanece elevada para ambas durante un período de 36 horas en el que fue monitoreada.

5.5 CINÉTICA DEL RQ ANTES Y DESPUÉS DE UN EJERCICIO SUB-MÁXIMO.

El RQ antes y al término del ejercicio sub-máximo fue significativamente mayor para el grupo sedentario en relación al activo: pre-ejercicio -0.84/0.77- y post-ejercicio -0.75/0.70- lo que cumple con lo establecido por la hipótesis en cuanto a que el RQ será menor antes y después del ejercicio sub-máximo en las mujeres físicamente activas.

Estos resultados permiten suponer que el metabolismo de las mujeres físicamente activas oxida preferentemente a las grasas y que el RQ encontrado en las sedentarias provenga probablemente de una dieta mixta.

La disminución del RQ que se observa inmediatamente después del ejercicio en los dos grupos, sugiere que al someter al organismo a una caminata de 30 minutos a una intensidad del 50% del VO_2max , se utilizó la vía aerobia para este trabajo, con la consecuente utilización de ácidos grasos para la obtención de energía.

Finalmente se puede apreciar que a las 36 horas -última medición realizada-, el RQ para ambos grupos vuelve prácticamente a los valores que tenían antes del ejercicio.

6. CONCLUSIONES.

En base a los resultados encontrados en este estudio y en respuesta al Objetivo General de la investigación: Determinar y Comparar las Modificaciones y la Cinética de la TMR y el RQ en respuesta a un Ejercicio Sub-máximo, en Mujeres Jóvenes Sedentarias y en Mujeres Jóvenes que realizan Actividad Física Aerobia.

Se concluye que:

1. La TMR pre y post ejercicio y las 6 horas como respuesta a un ejercicio sub-máximo es similar en las mujeres sedentarias que en las que realizan ejercicio aerobio.
2. El RQ es menor en el pre y post ejercicio en las mujeres activas que en las sedentarias, determinado esto por la oxidación principal de las grasas por parte del ejercicio aerobio.
3. La TMR permanece elevada durante 36 horas en respuesta a la aplicación de un ejercicio sub-máximo de tipo aerobio.
4. Por último y englobando lo anterior se puede decir que la TMR y el RQ guardan una estrecha relación entre sí, la cual depende principalmente de sus valores basales y no se ve directamente influida por la composición corporal o el estilo de vida de las mujeres –sean activas o sedentarias- ni por la metabolización u oxidación de las grasas y que tal vez, para que haya realmente una afectación significativa sobre ellos, la carga de trabajo que se aplique deberá ser a un mayor % del VO₂max y a un mayor tiempo de trabajo.

7. IMPLICACIONES PRÁCTICAS.

Como resultado de las observaciones y análisis realizados en este estudio consideramos importante realizar las pertinentes:

Se recomendaría a los investigadores, entrenadores y nutriólogos, que evaluaran el comportamiento de la TMR a diferentes porcentajes del VO₂max y que lo hicieran también tanto en ejercicios aerobios como anaerobios. Y además con sujetos obesos y en diferentes áreas deportivas.

Además se sugiere que el conocer el estado actual de la TMR y del RQ proporciona información importante como punto de partida para el mantenimiento de un peso adecuado, lo cual permita implementar programas de trabajo individualizados en beneficio del mantenimiento de un estado de salud óptimo.

8. LIMITACIONES.

Las principales limitaciones de este trabajo las podemos resumir en:

- 1- No haber tenido un equipo de impedancia bioeléctrica para la determinación de la composición corporal.
- 2- No haber controlado directamente la ingesta calórica.
- 3- No haber controlado otro tipo de factores psicológicos como el nivel de estrés o ansiedad.

9. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

Consideramos y recomendamos que las futuras líneas de investigación que tomen como referencia este trabajo de investigación puedan extender el conocimiento y manejen otro tipo de variables además de las contempladas en este.

- 1- Replicar el presente estudio comparando la respuesta de la TMR de un ejercicio aerobio contra uno anaerobio.
- 2- Replicar el presente estudio con sujetos de mayor rendimiento deportivo.
- 3- Replicar el presente estudio a % más elevados del Vo2max en sujetos que entrenan deportes que se manejan por pesos o categorías.

10. REFERENCIAS

Ainsworth, B., Haskell, W. Leon, A., Jacobs, D., Montoye, H., Sallis, J. et. al. (1993) Compendium of physical activities: classification of energy consts of human physical activities. *Medicine and scine in Sport and Exercise*, 25 (1), 71-80.

Ainsworth, B., Haskell, W., Whitt, M., Irwin, M., Swartz, A., Swartz, A., Strath, S., et. al. (2000). Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine and Science in Sport an Exercise*, 32 (9), 5498-S 516.

American College of Sport Medicine (2001).ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (6a Ed.). Philadelphia, U.S.A.: Lippinco, H., William & Wilkins.

Astrand, P., Rodahl, K., Dahl, H., Stromme, S. (2003). *Textbook of work of Work Physiology*. (4a.ed.). U.S.A. Human Kinetic.

Astrup, A. Gotzsche, P., Van der Werken, K., Rannerics, C., Toubro, S., Raben, A., et. al., (1999). Meta-analysis of resting metabolic rate in formerly obese subjects. *American Nutrition*, 69, 1117-1122.

Balas- Nakash, M., Villanueva – Quintana, A., Vadillo-Ortega, F., Perichart-Perera, O. (2008). Validación del uso de fórmulas para estimar el gasto energético en reposo en niños mexicanos de 9 a 12 años de edad con y sin obesidad. [versión electrónica], *Revista de Investigación clínica*, 60 (5), 395-402. Recuperado de: www.imbiomed.com.mx

Berg, K. (1991). Comparison of Energy Expenditure in Men and Women at Rest and During Exercise Recovery. *The Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 31 (3), 351-356.

Branson R. (1990). The Measurements OF Energy Expenditure in Men and Woman at Rest and During Exercise Recovery. *The Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, Vol. 31 No.3 351-356.

Branson R. (1990). The Measurements OF Energy Expenditure: Instrumentation, Practical Considerations and Clinical Application. *Conference Proceeding. Respiratory Care*. 35,7, 640-659.

Broeder C., Burrhus K., Svanevik L., Wilmore J. (1992). The effects of heither high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *American Journal of clinical nutrition*. Vol. 55 No.4. 802-810.

Butte, N., Puyau, M., Vohra, F., Adolph, A., Mehta, N., Zakeri, I., (2007) Body size, body composition and metabolic Profile explain higher energy expenditure in overweight children. *Journal of Nutrition*, 137, 2660-2667.

Ceballos O., Serrano, E., Zaragoza, J., (2005). Gasto energético en escolares adolescentes de la ciudad de Monterrey, N.L., México [versión electrónica] *Revista Salón Publica y Nutrición*, 6 (3), Recuperado el 29 de Julio de 2009 de: <http://www.respyn.vanl.mx/vi/3/index.html>.

De León, G. (2010). Efecto de la Actividad Física Moderada sobre el Metabolismo y el Cociente Respiratorio en Diferentes Poblaciones de Mujeres. (Tesis Doctoral). España: Universidad de Granada. Recuperado en: <http://hera.ugr.es/tesisugr/19128186.pdf> (10/072012).

Dugas, L., Ebersole, K., Schoeller, D., Yanovski, J., Barquera, S., Rivera, J. et. al. (2008). Very low levels of energy expenditure among pre-adolescent Mexican-American Girls. *International Journal of Pediatrics Obesity*, 3 (2), 123-126.

Edwards, H., Thorndike, A., Dill D.B (1935). The Energy Requirement in Strenuous Muscular Exercise. *The New England Journal of Medicine*. 213: 532-535.

Feurer, I., Mullen, L. (1986). Bedside Measurement of Resting energy Expenditure and Respiratory Quotient via Indirect Calorimetry. *Nutrition and Clinical Practice*, 1 (1), 43-49.

Fox, E., Bowers R., Foss M. (1988). *The Physiological Bases of Physical Education and Athletics*. (4a Ed.) Saunder College Publishing.

Harrel, J., Me Murray, R., Baggett, C., Pennell, M., Pearce, P., Bangdiwala, S., (2005) Energy Costs of physical activities in children and adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37 (2) 329-336.

García-Manso, J.M., Martín-González J.M (2005). *La Teoría del Entrenamiento Deportivo desde la Óptica de los Sistemas Complejos*. Ayto. de la Villa de Ingenio: Duarte.

Harris, J., Benedict, F. (1919). *A biometric study of basal metabolism in man*. Carnegie Institute of Washington.

Hernández, B., de Haene J., Barguera, S., Monterrubio, E., Rivera J., Shamah, T., et. al (2003). Factores Asociados con la Actividad Física en mujeres

mexicanas en edad reproductiva. Revista Panamericana de Salud Pública, 14 (4) 235-245.

Herring J., Molé P., Meredith C., Stern J. (1992). Effect of suspending exercise training on resting metabolic rate in women. Medicine and Science in Sport and Exercise. Vol. 24 No.1 59-65.

Heyward, V. (2001). Evaluación y Prescripción del Ejercicio (2ª Ed.). Barcelona, España: Paidotribio.

Hoeger W. (1988). Principles and Laboratories for Physical Fitness & Wellness. MP Morton Publishing Company.

Johanson R. (2001) Nutrición y Dietoterapia de Krause. McGraw Hill Interamericana: México. 20-32.

Jiménez, A. (2005). Entrenamiento Personal. Bases, Fundamentos y Aplicaciones (2ª Ed.): INDE.

Jones, N., Makriders, L., Hitchcock, C., Chypchar, T., Mc Cartney, N. (1985). Normal Standar for an incremental progressive cycle ergometer test. American Review of Respiratory Disease, 131 (5), 700-708.

Keim, L., Horn, N. (2009). Restrained eating behavior and the metabolic response to dietary energy restriction in women. Obesity Research, 12 (1), 141-149.

López-Chicharro J. y Fernández-Vaquero A. (2006). Fisiología del Ejercicio. (3ª ed.) Madrid, España. Editorial Médica Panamericana.

López, F., Martínez, G., Martínez, J. (2003). Obesidad, metabolismo energético y medida de la actividad física. *Revista Española de Obesidad*, 1 (1), 29-36.

López F., Martínez G., JA. Martínez. Departamento de Fisiología y Nutrición; Departamento de Epidemiología y Salud Pública, Universidad de Navarra.

Martínez, B. (2008). Curso sobre Terminología Basica en Nutrición. Pirámide de Alimentos. *Endocrinología y Nutrición. Cursos de Medicina*.

McArdle W. (1991). *Exercise Physiology, Energy, Nutrition and Human Performance*. 3a Ed.: Lea Febiger.

Martínez JA. (1998). *Fundamentos teórico-prácticos de nutrición y dietética*.

Martínez JA. (ed). *Balance Energético: Peso y Composición Corporal*. McGraw Hill Interamericana: Madrid. 37-50.

Mataix J. (2002). *Nutrición y Alimentación Humana*. Ergon: Madrid.

Piers L., Diggavi S., Rijkskamp J., Van Raaij J., Shetty P., Hautvast J. (1995). Resting metabolic rate and thermic effect of a meal in the follicular and luteal phases of the menstrual cycle in well-nourished indian women. *American Journal of Clinical Nutrition*. No.61 296-302.

Powers, S., Howley, E. (1985). *Exercise Physiology. Fitness and Performance*. U.S.A., Dulbuque Editors WMC Browns Publishers.

Ravussin, E., (1995). Metabolics differences and the development of obesity. *Metabolism*, 44 (suppl.3), 12-14.

Ross, W., Carr, R., Carter, J. (2000). Anthropometry Illustrated. Turnpike Electronics Publications, Inc; 1[Manual de Antropometría]. Ross Craft Innovations Incorporated. Recuperado de: <http://www.rosscraft.ca/publications.html>.

Schmidt W., O'Connor P., Cochrane J., Cantwell M. (1996). Resting metabolic rate is influenced by anxiety in college men. J. Appl. Physiology. Vol. 80 No. 2 638-642.

Schuenke, M., Mikat, R., McBride, J. (2002). Effect of an acute period of resistance exercise oxygen consumption: implication for body mass management.

Swinburn, B., Jolley, D., Kremer, P., Salbe, A., Ravussin, E., (2006). Estimating the effects of energy imbalance in body weight in children. American Journal of Clinical Nutrition. 83 (4), 859-863.

Welle, S., Forbes, G., Statt, M., Barnard, R., Amatruda, J. (1992). Energy expenditure under free-living conditions in normal – weight and overweight women. American Journal of Clinical Nutrition. 55, 14-21.

Wilmore, J., Costill, D. (2001). Fisiología del Esfuerzo y del Deporte (4a Ed). Barcelona España: Paidotribio.

Weyer, C., Snitker, S., Bogardus, C., Ravussin, E., (1999). Energy metabolism in African Americans: potential risk factors for obesity. American Journal of Clinical Nutrition, 70, 13-20.

WIKIPEDIA La Enciclopedia Libre. Recuperado en:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Electrocardiograma>. 10 de Julio 2012.

Anexos.

- 1. Consentimiento Voluntario**
- 2. Evaluación Médica**
- 3. Cuestionario**
- 4. Formato de Registro de Ingesta Alimentaria**
- 5. Requerimientos para la Medición Antropométrica**
- 6. Formato de Registro de Mediciones Antropométricas para la
Determinación de la Composición Corporal.**
- 7. Requerimientos para la Prueba de Esfuerzo**
- 8. Formato para Prueba de Esfuerzo**
- 9. Requerimientos para la Realización de 30 Minutos de Ejercicio Sub-
máximo en Banda Sinfín y Determinación de la Tasa
Metabólica de Reposo**
- 10. Formato para Prueba de Ejercicio Sub-máximo**

Respuesta de la Tasa Metabólica de Reposo y el Cociente Respiratorio a un Ejercicio Sub-máximo en Mujeres Jóvenes

Anexo 1. Consentimiento Voluntario

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA
FACULTAD DE EDUCACIÓN FÍSICA Y CIENCIAS DEL DEPORTE
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN, POSGRADO Y DOCTORADO

CONSENTIMIENTO VOLUNTARIO

A QUIEN CORRESPONDA:

Declaro libre y voluntariamente que mi nombre es _____ y que acepto participar en el Proyecto de Investigación que se realizará en la Facultad de Educación Física y Ciencias del Deporte de la Universidad Autónoma de Chihuahua, cuyo objetivo es comparar la Tasa Metabólica de Reposo y Post-ejercicio en mujeres sedentarias y en mujeres que practiquen aerobics.

Se me ha expresado que a través de esta investigación podré obtener información acerca de mis requerimientos calóricos en reposo y después de realizar un ejercicio; conocer como se encuentra mi Tasa Metabólica, y de que manera puedo llegar a tener un peso adecuado como resultado de una buena alimentación y la práctica de ejercicio en beneficio de mi salud.

Entiendo que estaré sometida a los siguientes procesos de evaluación:

- Determinación de la Composición Corporal
- Recuento de la ingesta alimentaria
- Prueba máxima de esfuerzo en banda sinfín
- Medición de la Tasa Metabólica de Reposo
- 30 minutos de ejercicio en banda sinfín al 50% de mi capacidad aerobia máxima

La prueba máxima incluye los siguientes riesgos:

- Taquicardia –temporal-
- Hipertensión arterial sistémica –temporal-
- Presencia de dolor anginoso
- Colapso circulatorio sistémico
- Fibrilación Auricular y/o ventricular
- Lesión articular y/o muscular

Se me ha informado explícitamente que soy libre de retirarme del estudio en el momento que así lo decida y que puedo solicitar mayor información del presente estudio si así lo deseo.

Además de mi persona firma como testigo:

Datos del sujeto	Datos del Testigo
Nombre: _____	Nombre: _____
Dirección: _____	Dirección: _____
Teléfono: _____	Teléfono: _____
Firma: _____	Firma: _____
Fecha: _____	Fecha: _____

Respuesta de la Tasa Metabólica de Reposo y el Cociente Respiratorio a un
Ejercicio Sub-máximo en Mujeres Jóvenes

Anexo 2. Evaluación Médica.

EVALUACIÓN MÉDICA

FECHA: / /

SUJETO No.

Nombre: _____ Edad: _____
Domicilio: _____ Sexo: _____
Teléfono: _____ Talla: _____
Fecha de Nacimiento: _____ Peso: _____
Escolaridad: _____ Grado: _____

ANTECEDENTES FAMILIARES

Conteste sí o no según corresponda.

Madre viva _____ Padre vivo _____ No. de hermanos _____
Sana _____ Sano _____ Sanos _____

Tabaquismo _____ Alcoholismo _____ Taxicománias _____
Diabetes _____ Cardiopatías _____ Hipertensión _____
Tiroides _____ Enf. mentales _____ Obesidad _____
Reumatismo _____ Tuberculosis _____ Convulsiones _____
Congénitas _____ Alérgicos _____ Oncológicos _____

Parentesco _____ Cronicidad _____

ANTECEDENTES PERSONALES NO PATOLÓGICOS

Contestar sí o no según corresponda.

Tabaquismo _____ Tiempo _____ Cantidad _____
Alcohol _____ Frecuencia _____ Cantidad _____
Tóxicos _____ Tiempo _____ Tipo _____

Antecedentes Ginecológicos y obstétricos.

Menarca _____ Ciclo _____ F.U.R. _____
Día actual del ciclo _____ Trastornos menstruales _____
Medicamentos (tipoy dosis) _____
V.S.A _____ Anticonceptivos _____ Tiempo _____
Tipo _____ Embarazos _____ F.U.P _____

Inmunizaciones.

Respuesta de la Tasa Metabólica de Reposo y el Cociente Respiratorio a un Ejercicio Sub-máximo en Mujeres Jóvenes

BCG _____ DPT _____ Sabin _____ Sarampión _____
Tétanos _____ Rubeola _____ Parotiditis _____ Otras _____

ANTECEDENTES DEPORTIVOS

Especifique:

Deportes practicados anteriormente _____

Frecuencia y duración de las sesiones _____

En equipo _____ Por su cuenta _____ Con entrenador _____

Última vez que realizó el ejercicio _____ Motivo de suspensión _____

Lesiones causadas por el mismo _____

Deporte que practica ACTUALMENTE _____ Veces por semana _____

Duración de cada sesión _____ Tiempo que tiene de practicarlo _____

ANTECEDENTES PERSONALES PATOLÓGICOS

Enf. Infantiles _____ Congénitas _____ Sordera _____ Miopía _____

Dentales _____ Amigdalitis repetitivas _____ Bronquitis _____

Neumonía _____ Sinusitis _____ Asma _____ Otitis _____

Oculopatías _____ Migraña _____ Gastritis _____ Diarreas frecuentes _____

Parasitosis _____ Hemorroides _____ Hernias _____ Enf. Renales _____

Anemia _____ Diabetes _____ Hipertensión _____ Cardiopatías _____

Obesidad _____ Transfusiones _____ Pérdida de peso _____ Enfermedades

Tiroideas _____ Alergias _____ Operaciones _____

Hospitalizaciones _____ Fracturas _____ Luxaciones _____

Esguinces _____ Traumatismos _____ Pie de atleta _____

Pie plano _____ Hallux V _____ Convulsiones _____

Lipotimias _____ Otros _____

Especifique _____

Tiempo _____ Tratamiento _____

PADECIMIENTO ACTUAL

Contestar **SI** o **NO** según corresponda:

Miopía _____ Hipoacusia _____ Rinitis _____ Otitis _____ Caries _____

Migraña _____ Tos _____ Amigdalitis _____ Bronquitis _____ Asma _____

Gastritis _____ Parasitosis _____ Gastroenteritis _____ Colitis _____

Cistitis _____ Nefropatía _____ Cardiopatía _____ Hipertensión _____

Esguince _____ Luxación _____ Desgarro muscular _____ Dermatitis _____

Micosis _____ Pérdida de peso _____ Hemorragias _____ Cansancio _____

Otro _____

Respuesta de la Tasa Metabólica de Reposo y el Cociente Respiratorio a un
Ejercicio Sub-máximo en Mujeres Jóvenes

Evolución _____

Tratamiento _____

EXPLORACIÓN FÍSICA

Signos vitales en reposo (sentado) FC _____ FR _____ T/A _____

CRANEO Y CARA

CUELLO

TÓRAX

ABDOMEN

GENITALES

EXTREMIDADES SUPERIORES

EXTREMIDADES INFERIORES

COLUMNA VERTEBRAL

Respuesta de la Tasa Metabólica de Reposo y el Cociente Respiratorio a un
Ejercicio Sub-máximo en Mujeres Jóvenes

OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES GENERALES:

EL SUJETO SE ENCUENTRA APTO
PARA REALIZAR EJERCICIO FÍSICO

APTO

NO APTO

NOMBRE Y FIRMA DEL MÉDICO RESPONSABLE

ANEXO 3. CUESTIONARIO.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA
FACULTAD DE EDUCACIÓN FÍSICA Y CIENCIAS DEL DEPORTE
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN, POSGRADO Y DOCTORADO

POR FAVOR RESPONDA A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS MARCANDO CON
UNA X LA RESPUESTA QUE CORRESPONDA O CONTESTANDO LO QUE SE LE
PIDE.

NOMBRE: _____ EDAD: _____

1- ¿ REALIZA EJERCICIO ACTUALMENTE ? SI NO

2- ¿ QUÉ TIPO DE EJERCICIO PRACTICA ?

VOLEIBOL
FUTBOL
ZUMBA
CICLISMO

BASQUETBOL
PESAS
NATACIÓN
TROTE

NATACION
AEROBICS
CARRERA
OTROS

3- ¿CUÁNTO TIEMPO TIENE DE PRACTICARLO?

4- ¿CUÁNTAS VECES A LA SEMANA LO PRACTICA?

5- ¿CUÁNTO DURA CADA SESIÓN DIARIA DE EJERCICIO?

6- ¿CREE QUE EL ESTAR REALIZANDO EJERCICIO HA PRODUCIDO
CAMBIOS FAVORABLES EN SU PERSONA? SI NO
CUALES:

Respuesta de la Tasa Metabólica de Reposo y el Cociente Respiratorio a un Ejercicio Sub-máximo en Mujeres Jóvenes

7- ¿LLEVA ACTUALMENTE ALGÚN TIPO DE DIETA PARA REDUCCIÓN DE PESO?

SI

NO

AVECES

8- ¿LA DIETA QUE REALIZA HA SIDO SUPERVISADA POR UN MÉDICO, NUTRIÓLOGO O DIETISTA?

SI

NO

9- ¿QUÉ TIPO DE DIETA ES LA QUE ESTÁ LLEVANDO?

10- ¿CUÁNTO TIEMPO TIENE DE ESTAR EN DIETA DE REDUCCIÓN?

11- ¿ES CONSTANTE EN LLEVAR SU DIETA?

12- ¿EL ESTAR LLEVANDO UNA DIETA DE REDUCCIÓN DE PESO HA PRODUCIDO CAMBIOS FAVORABLES EN SU PERSONA?

SI

NO

CUALES

13- ¿HA PRESENTADO IRREGULARIDADES EN SU CICLO MENSTRUAL EN LOS ÚLTIMOS 2 MESES?

SI

NO

AVECES

14- ¿QUÉ TIPO DE IRREGULARIDADES HAN SIDO?

15- ¿ALGUNA VEZ HA REALIZADO EJERCICIO EN UNA BANDA SIN FÍN?

SI

NO

Respuesta de la Tasa Metabólica de Reposo y el Cociente Respiratorio a un
Ejercicio Sub-máximo en Mujeres Jóvenes

16- ¿HA REALIZADO ALGUNA PRUEBA DE ESFUERZO FÍSICO?
SI NO

17- ¿CUÁNDO, DÓNDE Y DE QUE TIPO?

ANEXO 4. FORMATO DE REGISTRO DE INGESTA ALIMENTARIA.

REGISTRO DE INGESTA ALIMENTARIA

NOMBRE: _____

POR FAVOR ANOTE DETALLADAMENTE LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS QUE CONSUMA DURANTE 3 DÍAS CONTINUOS. DEBERÁ ESPECIFICAR ALMUERZO, COMIDA Y CENA. BOCADILLOS ENTRE COMIDAS, FRUTAS, FRITURAS, CHICLES Y OTROS CONSUMOS. ADEMÁS SI LOS ALIMENTOS SON COCIDOS, CRUDOS, ASADOS, GUISADOS, FRITOS, ETCÉTERA. Y TAMBIÉN LOS HORARIOS DE LAS COMIDAS.

1er Día

Fecha: _____

ALMUERZO: _____ HORA: _____

COMIDA: _____ HORA: _____

CENA: _____ HORA: _____

ENTRE COMIDAS _____

Respuesta de la Tasa Metabólica de Reposo y el Cociente Respiratorio a un
Ejercicio Sub-máximo en Mujeres Jóvenes

2o Día

Fecha: _____

ALMUERZO:

HORA: _____

COMIDA:

HORA: _____

CENA:

HORA: _____

ENTRE COMIDAS:

Respuesta de la Tasa Metabólica de Reposo y el Cociente Respiratorio a un
Ejercicio Sub-máximo en Mujeres Jóvenes

3er Día

Fecha: _____

ALMUERZO:

HORA: _____

COMIDA:

HORA: _____

CENA:

HORA: _____

ENTRE COMIDAS:

ANEXO 5. REQUERIMIENTOS PARA LA MEDICIÓN ANTROPOMÉTRICA.

REQUERIMIENTOS PARA LA MEDICIÓN ANTROPOMÉTRICA

SE DEBERÁ PRESENTAR EL DÍA ____ DE _____ DEL
PRESENTE A LAS _____ DE LA _____ EN EL
LABORATORIO DE FISIOLÓGÍA DEL EJERCICIO DE LA FACULTAD DE
EDUCACIÓN FÍSICA Y CIENCIAS DEL DEPORTE DE LA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA, BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- No realizar actividad física extenuante en las 24 horas previas a la aplicación del test.
- Vestir contraje de baño.
- Traer la piel limpia y seca -sin crema o aceite-.
- Ayuno mínimo de 4 horas antes de la valoración para mantener el nivel de hidratación.
- Vaciar esfínteres 30 minutos antes de la medición.
- Acudir puntualmente.

**ANEXO 6. FORMATO DE REGISTRO DE MEDICIONES
ANTROPOMÉTRICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN
CORPORAL.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA
FACULTAD DE EDUCACIÓN FÍSICA Y CIENCIAS DEL DEPORTE
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN, POSGRADO Y DOCTORADO

**REGISTRO DE MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS PARA LA
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL**

NOMBRE: _____ FECHA _____

EDAD: _____ PESO -kg-: _____ TALLA -cm _____

PLIEGUE (mm)	1ª MEDICIÓN	2ª MEDICIÓN	MEDIA
TRICIPITAL			
SUBESCAPULAR			
SUPRAILIACO			
ABDOMINAL I			
MUSLO FRONTAL			

ANEXO 7. REQUERIMIENTOS PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO.

REQUERIMIENTOS PARA LA PRUEBA DE ESFUERZO

SE DEBERÁ PRESENTAR EL DIA _____ DE _____ DEL
PRESENTE A LAS _____ DE LA _____ EN EL
LABORATORIO DE FISIOLÓGÍA DEL EJERCICIO DE LA FACULTAD DE
EDUCACIÓN FÍSICA Y CIENCIAS DEL DEPORTE DE LA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA, BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- Presentarse con ropa y calzado adecuado adecuado.
- Ayuno no mayor de 4 horas ni menor de 2 horas.
- Haber tenido un sueño reparador la noche previa.
- Presentarse con esfínteres vacíos
- Traer la piel limpia y seca -sin cremas ni aceites-
- No haber fumado por lo menos 8 horas antes de la prueba
- No haber consumido bebidas con cafeína o estimulantes -té, café, refresco de cola o chocolate- una 8 horas antes de la prueba.
- Haber mantenido una hidratación adecuada las últimas 24 horas previas a la prueba.
- No haber realizado ejercicio físico extenuante las ultimas 12 horas previas a la medición.
- Informar si se está tomando algún medicamento -antibióticos, anti-inflamatorios u otros-.
- Informar de cualquier problema de salud que pueda afectar los resultados.
- Acudir puntualmente.

Respuesta de la Tasa Metabólica de Reposo y el Cociente Respiratorio a un
Ejercicio Sub-máximo en Mujeres Jóvenes

ANEXO 8. FORMATO DE PRUEBA DE ESFUERZO.

PRUEBA DE ESFUERZO

PROTOCOLO DE BRUCE EN BANDA SINFIN FECHA: _____

NOMBRE: _____

EDAD: _____ PESO: _____ TALLA _____

SIGNOS VITALES EN REPOSO	
F.C	
F.R	
T/A	

F.C.M.T	
95 %	
90 %	
85 %	

ETAPA No.	TIEMPO minutos	VELOCIDAD mph	PENDIENTE %	F.C	PULSO	BORG
I	3	1.7	10			
II	3	2.5	12			
III	3	3.4	14			
IV	3	4.2	15			
V	3	5.0	15			

RECUPERACIÓN

OBSERVACIONES: _____

TIEMPO	F.C.	PULSO
1 min		
2 min		
3 min		

MOTIVO DE SUSPENSIÓN DE LA PRUEBA:

ANEXO 9. DE REQUERIMIENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE 30 MINUTOS DE EJERCICIO EN BANDA SINFIN Y DETERMINACIÓN DE LA TASA METABÓLICA DE REPOSO.

REQUERIMIENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE 30 MINUTOS DE EJERCICIO EN BANDA SINFIN Y DETERMINACIÓN DE LA TASA METABÓLICA DE REPOSO

SE DEBERÁ PRESENTAR EL DÍA _____ DE _____ DEL PRESENTE A LAS _____ DE LA _____ EN EL LABORATORIO DE FISIOLÓGIA DEL EJERCICIO DE LA FACULTAD DE EDUCACIÓN FÍSICA Y CIENCIAS DEL DEPORTE DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- Llegar al laboratorio después de levantarse (alrededor de las 7-9 de la mañana).
- Traer ropa adecuada (playera, shorts y tenis).
- No haber realizado ejercicio extenuante mínimo 12 horas antes de presentarse al laboratorio.
- Presentarse en completo estado de ayuno.
- Venir con la piel limpia, seca (sin cremas o aceites).
- Vaciar esfínteres antes de la medición.
- Si ese día siente algún malestar físico o ha ingerido algún medicamento, favor de mencionarlo a su llegada.
- Acudir puntualmente.

ANEXO 10. FORMATO PARA PRUEBA DE EJERCICIO SUBMÁXIMO.

PRUEBA DE EJERCICIO SUBMÁXIMO

SIGNOS VITALES EN REPOSO	
F.C	
F.R	
T/A	

FC 65 %	
VO2 50%	

TIEMPO –minutos-	
INCLINACIÓN %	
VELOCIDAD mph	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

TMR pre-ejercicio		RQ pre-ejercicio	
TMR post-ejercicio		RQ post-ejercicio	
TMR 6 horas		RQ 6 horas	
TMR 12 horas		RQ 12 horas	
TMR 24 horas		RQ 24 horas	
TMR 30 horas		RQ 30 horas	
TMR 36 horas		RQ 36 horas	

OBSERVACIONES:
