



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA
SECRETARIA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACION
ESPECIALIDAD EN:
MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FISICA Y DEPORTIVA

**“EFECTO DEL ENTRENAMIENTO DE INTERVALOS VERSUS
ENTRENAMIENTO AEROBICO CONTINUO MODERADO SOBRE EL
PORCENTAJE GRASO DE ADULTOS OBESOS.”**

T E S I S

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
MEDICO ESPECIALISTA EN:

MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FISICA Y DEPORTIVA

P R E S E N T A :

M. C. LISSET DEL RAYO TIZNADO PEÑA

PROFESOR TITULAR:
PROFESOR ADJUNTO:
ASESORES DE TESIS:

M.E. JOSE CLEMENTE IBARRA PONCE DE LEON
M. E. JOSE GILBERTO FRANCO SANCHEZ
M en C. ANDREA PEGUEROS PEREZ
M. E. JOSE GILBERTO FRANCO SANCHEZ
M. E. HÉCTOR A. MARTINEZ MELÉNDEZ



MEXICO, D.F.

ENERO DE 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Pág.
1.- ANTECEDENTES	5
2.- JUSTIFICACION	16
3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
4.- OBJETIVOS	17
5.- HIPOTESIS	18
6.- DISEÑO EXPERIMENTAL, SUJETOS, MATERIAL Y METODOS	19
7.- RESULTADOS	24
8.- DISCUSION	28
9.- CONCLUSIONES	30
10.- BIBLIOGRAFIA	31
ANEXOS	34

DRA. MATILDE L. ENRIQUEZ SANDOVAL

DIRECTORA DE ENSEÑANZA

DRA. XOCHIQETZAL HERNANDEZ LOPEZ

SUBDIRECTORA DE POSTGRADO Y EDUCACION CONTINUA

DR. LUIS GOMEZ VELAZQUEZ

JEFE DE ENSEÑANZA MÉDICA

M.E. JOSE CLEMENTE IBARRA PONCE DE LEON
PROFESOR TITULAR

M.E. JOSE GILBERTO FRANCO SANCHEZ
ASESOR CLINICO

M en C. ANDREA PEGUEROS PEREZ
ASESOR METODOLOGICO

M.E. HECTOR A. MARTINEZ MELENDEZ
ASESOR CLINICO

1. ANTECEDENTES

1.2 Introducción:

La obesidad, se define como aumento excesivo de la grasa corporal, esta palabra deriva del latín “obesus” y “edere” que hace alusión a devorar o carcomer. (1) Es uno de los principales problemas de salud mundial, dentro del cual México ocupa el segundo lugar, teniendo graves consecuencias, como; disminución de la calidad de vida y aumento de la morbilidad y mortalidad en padecimientos metabólicos y cardiovasculares. (2)

1.3 Epidemiología

Se calcula que a nivel mundial, hay más de un billón de adultos con sobrepeso y que por lo menos 300 millones de ellos corresponden a algún grado de obesidad; de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) este padecimiento ha aumentado al triple o más desde 1980 en países como Estados Unidos, Reino Unido, Este de Europa, Islas del pacífico, Australia y China, entre muchos otros. (2)

En México la prevalencia de sobrepeso en sujetos mayores de 20 años es; para hombres de 42.5% y para mujeres 37.4%, mientras que la obesidad en hombres se estima en 24.2% y en mujeres de 34.5% según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT). (3)

1.4 Etiología

En relación a la etiología se han propuesto varias teorías; la primera, que considera un trastorno de la alimentación proponiendo un mecanismo de adicción a la comida a través de la vía de la dopamina,(4,5,6) la segunda que postula su origen en factores genéticos expresados en un ambiente obesogénico y la más actual, que considera, que el origen de esta patología es multifactorial y como factores determinantes para favorecer su desarrollo: el aumento en el consumo de comida rápida con alto contenido calórico y nutricionalmente pobre, disminución de la actividad física y cambios en el estilo de vida (estrés continuo, periodos cortos de sueño, ayunos prolongado, consumo de alimentos con alto índice glicémico, empleos que favorecen el comportamiento sedentario etc.). (7, 8, 9, 10, 11)

1.5 Fisiopatología

En 1940 Vague, describió las primeras diferencias metabólicas entre el tejido adiposo visceral y tejido adiposo subcutáneo; en la actualidad se sabe que existe una correlación entre el tejido adiposo visceral y las enfermedades cardiovasculares y metabólicas.(12) Lo anterior al considerar al tejido adiposo un órgano metabólicamente activo que produce y libera sustancias bioactivas llamadas adipocinas, éstas fungen como mediadores bioquímicos y algunas están producidas específicamente por el tejido adiposo, tales como; la adiponectina, leptina, resistina, entre otras. Dichas adipocinas están asociadas con el estado pro inflamatorio. Existen otros mediadores bioquímicos como el factor de necrosis tumoral alfa (FNT-alfa), interleucina 6 (IL-6) y el angiotensinógeno que también son producidos y liberados por el tejido adiposo, mas no de manera exclusiva. La importancia de las adipocinas radica en que tienen influencia sobre el metabolismo de los lípidos, la glucosa, las hormonas que controlan la presión arterial, los procesos trombóticos e inflamatorios. Además estos mediadores estimulan la liberación de la Proteína C Reactiva (PCR) por el hígado, esto es importante debido a que se ha demostrado que altos niveles plasmáticos de PCR se asocian a bajos niveles de adiponectina y otras adipocinas antiinflamatorias como la interleucina 10 (IL-10), interleucina 1 (IL-1), así como a niveles altos de adipocinas pro inflamatorias como IL-6 y FNT-alfa. (13,14, 15)

1.6 Clasificación de la Obesidad

La clasificación actual de la obesidad se basa en el Índice de Masa Corporal (IMC), que es la relación de las medidas antropométricas de talla y peso. Este índice es utilizado para simplificar la estimación de la grasa corporal, se origino a partir de tablas de peso y talla en población norteamericana hacia 1985 y fue adoptado por el Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos (NIH por sus siglas en inglés) para diagnosticar y clasificar el sobrepeso y la obesidad. Desde 1997 es el método oficial utilizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Otra medida antropométrica básica en sujetos obesos es el Índice Cintura Cadera, basado en las observaciones de Vague sobre la distribución corporal del tejido adiposo; quien lo estableció como medida para la estimación de riesgo cardiovascular y metabólico y no como un método para clasificar la obesidad. (16) Actualmente el IMC y su validez como método para estimar la grasa corporal, y su aplicabilidad a distintos tipos de poblaciones raciales está en debate. (1, 17, 18) La cuantificación o medición de la grasa corporal debe ser el determinante más exacto de la obesidad, sin embargo, no existen métodos directos, precisos, económicos y confiables para su uso a gran escala, por lo tanto el método factible para la estimación de grasa corporal más valido en este contexto es la técnica antropométrica, a través de medir pliegues subcutáneos, diámetros y circunferencias. Mediante esta técnica se puede discriminar entre grasa corporal, masa muscular, masa ósea y tejido visceral; en contraste con el IMC que no discrimina estos tipos de tejidos.

Existe otro inconveniente en la clasificación actual de la obesidad al no tomar en cuenta las patologías concomitantes del individuo, ya que la presencia o ausencia de estas puede determinar el riesgo clínico del paciente, la conducta terapéutica y el pronóstico del mismo; aunado a subestimar la valoración de la calidad de vida y factores pronósticos no relacionados con la obesidad, en general esta clasificación no refleja la salud y funcionalidad global. (1,19)

1.7 Tratamiento generalidades

El manejo actual del sobre peso y la obesidad es integral; consta de terapia psicológica, nutricional, farmacológica y actividad física; este manejo ha tenido resultados modestos por lo que la investigación se ha centrado en mejorarlos y lograr un éxito terapéutico tanto a corto como a largo plazo en cada una de las especialidades y su integración. El ejercicio y la dieta son los principales componentes del manejo integral que pueden modificar el balance energético, sin embargo el ejercicio representa mayor beneficio a largo plazo, al prescribirlo, dosificarlo e individualizarlo de acuerdo a los objetivos y capacidades de cada paciente; puesto que además de modificar el peso corporal, también disminuye múltiples factores de riesgo y mejora la calidad de vida de los pacientes, en contraste con el manejo farmacológico y/o nutricional, que no lo consiguen por si solos. (20, 21, 22) El sistema de salud en México, y los institutos nacionales, aun no están coordinados en el desarrollo de un plan eficaz para el manejo del sobrepeso y la obesidad a nivel nacional, la investigación se centra en determinar el origen de este padecimiento, limitándose a unos pocos, mientras que la terapéutica sigue la normatividad mundial establecida, la cual enfatiza el aspecto dietético, el tratamiento farmacológico y psicológico, dejando en segundo plano la actividad física y sobre todo subestimando la prescripción y dosificación sistematizada del ejercicio. (23,24)

1.8 Tratamiento farmacológico

Además de las opciones de tratamiento comentadas existen los productos farmacéuticos, independientemente de los productos naturistas y sensacionalistas que no cuentan con respaldo científico para ser utilizados de manera segura como manejo de esta enfermedad. Existen ciertas limitantes en el uso de los fármacos anti-obesidad, la mayor de estas es que hay un bajo índice de drogas aprobadas para su uso terapéutico seguro. Solo dos de estas han sido aprobadas para su uso a largo plazo; sibutramina (actualmente retirada del mercado) y orlistat. Se ha demostrado que estas drogas tienen una eficacia modesta para disminuir el peso, en promedio de 4.2kg para sibutramina y 2.9 kg para orlistat después de un año de seguimiento y su uso debe ser acompañado siempre de dieta y cambios de estilo de vida.

Además se observó que solo el 10 % de los pacientes a los que se les prescriben estas drogas, lo sigue tomando durante un año, debido probablemente a la tolerancia y disponibilidad del medicamento, pero principalmente a que el paciente tiene la expectativa de que en un año perderá alrededor de un 25% de su peso inicial, debido a que la terapia farmacológica no cumple con estas expectativas, los paciente tienden a abandonar el uso de las mismas. Actualmente existen drogas anti-obesidad en estudio, dos son las combinaciones más sobresalientes; la combinación de: bupropion mas naltrexona y topiramato mas fentermina, antagonistas de los receptores endocannabinoides como Rimonabant, los resultados preliminares sugieren que estas drogas tienen mejores efectos sobre la disminución de peso que las drogas actualmente utilizadas.

De acuerdo con la FDA las drogas anti-obesidad están indicadas en pacientes con un IMC de por lo menos 30 kg/m² y aquellos con IMC de 27 kg/m² con presencia de enfermedad concomitante relacionada con obesidad o factores de riesgo cardiovascular. Las intervenciones no invasivas disponibles en la actualidad, para el tratamiento de la obesidad han demostrado tener eficacia modesta. Las guías del NIH recomiendan la dieta y ejercicio como parte fundamental del tratamiento para la obesidad. Sin embargo las recomendaciones terapéuticas en cuanto a estilo de vida proveen muy poco éxito de tratamiento a largo plazo para el paciente obeso que se esfuerza por perder peso. Se calcula que cerca de un cuarto del peso perdido con cambios en el estilo de vida se recupera en un año, y en 3-5 años solo uno de cinco mantiene una disminución de peso significativa. Una revisión sistemática reciente concluye que el tratamiento con dieta y cambios de estilo de vida es seguido de una pérdida promedio de peso menor a 5 kg después de 2-4 años. (25, 26,27)

1.9 Tratamiento quirúrgico

A pesar de que el manejo actual de la obesidad, tiene como piedra angular la dieta y el ejercicio, y de recurrir al tratamiento psicológico (terapia conductual) y farmacológico, en casos extremos existe la opción de la cirugía bariátrica, ésta última con un aumento en su popularidad para el tratamiento de obesidad extrema. La cirugía bariátrica no es una opción terapéutica viable para la mayoría de los pacientes obesos, a pesar de sus dramáticos efectos en la disminución de peso, debido al costo y riesgos que implica, aunado al poco personal médico con la formación especializada disponible. (26,27)

1.10 Tratamiento dietético y Actividad física

En cuanto al manejo nutricional se refiere, las dietas hipocalóricas han demostrado ser efectivas para reducir el peso corporal. Actualmente la posible ventaja para acelerar la pérdida de peso al incluir una mayor cantidad de cierto macro nutriente en la dieta, ya sea proteína, carbohidratos o grasa no está claramente determinada, con este fin existen algunos estudios que se extienden más de un año y que solo han demostrado que las dietas independientemente del macro nutriente que predomine son efectivas para la disminución de peso. El peso promedio perdido con cualquier tipo de dieta es de 4kg, que representa un 10% del peso inicial, pero se comienza a ganar nuevamente después de un año, el tratamiento nutricional por lo tanto se ha demostrado que es eficaz a corto plazo y depende de la respuesta individual al tratamiento. Sin embargo a diferencia del manejo nutricional solo el ejercicio puede tener efectos positivos en la disminución de peso y en su mantenimiento, y sobre todo en la salud en general. Sin embargo existe debate sobre la modalidad, la intensidad, la duración etc., que sean más efectivos para este tipo de pacientes. (28)

En cuanto al ejercicio se refiere, éste actúa directamente sobre las cualidades físicas básicas del ser humano, por medio de un proceso de adaptación, este proceso puede ser evaluado de manera objetiva a través de métodos directos e indirectos que estiman los procesos y variables fisiológicas (VO₂max, METS, IEM, MVO₂, respuesta presora y cronotropa, índice de recuperación de la frecuencia cardiaca), que a su vez permiten un control sobre el progreso del tratamiento en cada paciente, confiriendo así una ventaja. Debido a la complejidad de esta enfermedad y las características de cada individuo en el aspecto psicológico, social y cultural no es posible recomendar solo actividad física de manera masiva, por lo tanto desde la perspectiva de la medicina de la actividad física y deportiva, la investigación debe enfocarse a determinar el tipo de ejercicio y la carga de entrenamiento más adecuada y eficaz para una población específica, dependiendo como ya se mencionaba, de los objetivos y capacidades de dicha población, tendiente a la individualización. (20, 21, 22)

Los componentes de la carga de entrenamiento son los factores más importantes y determinantes para obtener el máximo beneficio al tratar el sobre peso y la obesidad mediante el ejercicio, ya que, determinando la carga más específica, eficaz y sobre todo segura (tomando en cuenta las comorbilidades así como los riesgos del paciente), se podrá progresar del tratamiento individualizado al masivo, identificando así a los pacientes con las mismas características clínicas para someterlos a un programa más adecuado.

La actividad física engloba varios conceptos como: Actividades de la vida diaria, ejercicio, deporte recreativo, deporte competitivo, alto rendimiento. Por lo tanto al hablar de tratamiento para el sobre peso y la obesidad es necesario definir y conocer la diferencia entre estos conceptos.

Actividad física: se define como cualquier movimiento producido por el musculo esquelético que incremente el gasto energético sobre los niveles de reposo.

Ejercicio: Se define como todo movimiento planeado, estructurado, repetitivo que es realizado con el fin de mejorar o mantener uno o más de los componentes de la forma física (capacidades biofísicas básicas: resistencia, fuerza, flexoelasticidad y velocidad).

Forma física: Se define como la habilidad para desarrollar actividades de la vida diaria vigorosas y actividades recreativas sin presentar fatiga.

Por lo tanto al hablar del tratamiento para la obesidad, el ejercicio es el componente principal que puede alterar el gasto calórico significativamente, y es importante considerar algunos factores al prescribirlo:

1. El tipo y la modalidad
2. Componentes de la carga de entrenamiento (intensidad, volumen, frecuencia etc.)

Los componentes de la carga se pueden modificar de manera independiente para obtener diferentes resultados, tomando en cuenta los objetivos y capacidades de cada individuo. La intensidad del ejercicio está relacionada directamente con el sustrato energético utilizado, es decir, durante el ejercicio intenso se utilizan predominantemente carbohidratos, durante el ejercicio leve a moderado se utilizan predominantemente lípidos, este comportamiento del metabolismo energético durante el ejercicio se basa en observaciones hechas durante el ejercicio continuo es de ahí que se toma el concepto de "Continuo energético" (29), sin embargo actualmente la comprensión y el conocimiento preciso del comportamiento de los sustratos energéticos y su relación con los componentes de la carga, no es del todo clara. La actividad física en cualquiera de sus conceptos (ejercicio, deporte etc.) es el factor principal y de mayor impacto al promover y mantener la disminución de peso, sin embargo la capacidad del individuo para desarrollar un hábito y modificar su comportamiento frente a la actividad física, es crítico para lograr estos objetivos.

El consenso general desde hace 15 años de acuerdo con la ACSM, Center for Disease Control and Prevention, The National Institutes of Health, The International Association for the Study of Obesity etc., es que un mínimo de 30 min de moderada intensidad por lo menos 5 días a la semana son necesarios para promover y mantener la salud, estas recomendaciones de actividad física para promover la salud se generaron principalmente de correlaciones hechas entre el sedentarismo, obesidad y morbi-mortalidad (infarto agudo de miocardio, enfermedad cerebro vascular, cáncer etc.). Estudios epidemiológicos recientes reportan que el adulto promedio estadounidense gana 1.8 -2.0 kg en promedio por año. J. Volek en su revisión cita a Hill y cols, quienes sugieren que existe una disminución en este incremento al realizar actividad física tal como caminar 1.6 km (1 milla), por día aproximadamente, que equivale a 2000 pasos y a su vez equivalen a 100-150 kilocalorías de gasto energético. Las recomendaciones de salud pública y los resultados actuales de diversos estudios reportan

que la practica prolongada de actividad física, 200-300 min o más por semana o 45- 90 min de moderada intensidad más de 5 días a la semana son necesarios para mejorar y mantener un peso corporal saludable. Por lo tanto actualmente, las recomendaciones de actividad física con el objetivo de disminuir múltiples factores de riesgo, y las recomendaciones para tratar el sobre peso y la obesidad son distintas. Desde la perspectiva de salud pública se concluye que realizar cualquier tipo de actividad física es mejor que no realizarla y es mucho mejor realizar ejercicio prescrito y dosificado de manera adecuada que realizar solo actividad física. (30)(31)

1.10.1 Prescripción del ejercicio

Debido a la complejidad multifactorial de la obesidad, es necesario realizar una prescripción adecuada y especializada del ejercicio, tomando en cuenta los factores más importantes dentro de la etiología y fisiopatología de la misma, ya que pueden ser causa del fracaso terapéutico que actualmente presenta esta enfermedad.

1.10.2 Variabilidad de la frecuencia cardiaca

- 2 Dentro de la fisiopatología de la obesidad una de las alteraciones más importantes a tomar en cuenta al prescribir el ejercicio es la disminución significativa de la actividad del sistema nervioso autónomo (SNA). La obesidad ésta ligada no solo con los riesgos cardiovasculares sino también con la disminución en la actividad del sistema nervioso simpático (SNS) el cual está asociado a la termogénesis.
- 3 La actividad del SNA se ve reflejada en la variabilidad de la frecuencia cardiaca, esta disminuye con la edad, y es mayor en población físicamente activa comparada con población sedentaria. El SNA juega un rol importante en el metabolismo y de acuerdo con algunos estudios la disminución de la actividad del SNS por si misma contribuye a la patogénesis de la obesidad. (32)
- 4 En condiciones normales el SNA tiene un papel importante en la respuesta fisiológica al ejercicio. La activación del SNS incrementa los niveles circulantes de norepinefrina y epinefrina, lo cual aumenta la frecuencia cardiaca, el volumen sistólico, la presión arterial y la sudoración que mantiene la temperatura corporal y vierte el flujo sanguíneo en los músculos activos, también incrementa la disponibilidad del sustrato energético a través de la lipólisis y glucogenólisis muscular, incrementa producción de glucosa y disminuye la producción de insulina por el páncreas. La reducción fisiológica de los niveles de insulina durante el ejercicio potencia el efecto de la epinefrina y la acción del glucógeno en el hígado incrementando la producción de glucosa este procedimiento es el principal mecanismo protector contra la hipoglicemia durante el ejercicio. (33)

- 5 La variabilidad de la frecuencia cardíaca incrementa después del ejercicio, lo cual sugiere que las alteraciones del SNA en pacientes obesos son reversibles, además de ser un medio simple y eficaz para mejorar la sensibilidad a insulina. El ejercicio regular puede promover cambios a largo plazo a nivel muscular sin embargo no existe un consenso en cuanto al tipo, intensidad y duración requeridos para mejorar la sensibilidad a insulina. Algunos estudios sugieren que solo el ejercicio intenso puede mejorar esta condición, algunos otros que es suficiente con ejercicio moderado y más recientemente Houmard y cols sugieren que es la duración del ejercicio la que es importante al determinar la mejoría en la sensibilidad a insulina. Se ha demostrado que en pacientes obesos, sometidos a ejercicio a intensidades de umbral aeróbico, mejoran la actividad del SNS y Sistema Nervioso Parasimpático (SNP). Tomando en cuenta que el paciente obeso tiene alterada la respuesta del SNA, es necesario un estímulo de intensidad adecuada para obtener el beneficio del ejercicio sin someter a este tipo de pacientes a un excesivo estrés cardíaco. Petretta y cols. Demostraron que existe en los individuos obesos, una correlación inversa entre el IMC y la variabilidad de la respuesta cardíaca. Por lo tanto la variabilidad de la frecuencia cardíaca debe ser un factor importante a tomar en cuenta al prescribir y dosificar el ejercicio en estos pacientes. Polanczyk desarrollo un método para analizar la actividad del SNA, durante el ejercicio incremental, mediante un protocolo en rampa, para determinar la intensidad del ejercicio basándose en la actividad cardíaca vagal (TvA). Consiste en obtener una señal auditiva que equivale a una señal fisiológica, que determina la intensidad adecuada para estimular el SNA sin someter al paciente a un estrés miocárdico innecesario, el control del estrés miocárdico se llevo a cabo mediante la determinación de las hormonas circulantes que incluyeron catecolaminas, péptido natriuretico atrial y cerebral, endotelina 1 entre otros, así como la presión sanguínea. Los resultados al utilizar este método reportan que la mayoría de los individuos detuvo la prueba por fatiga periférica, el valor medio de TvA fue de 114 latidos por min. Lo cual sugieren que la disminución de la actividad del SNS, ocurre a intensidades de ejercicio muy bajas incluso muy por debajo del umbral anaeróbico. (34)

1.10.3 Cargas de entrenamiento

Cualquiera que sea la modalidad, y la carga de entrenamiento, existe una respuesta fisiológica y bioquímica específica, es generalmente aceptado que muchas de estas adaptaciones ocurren como consecuencia del incremento de las demandas energéticas de las células musculares. Es decir que la subsecuente adaptación que ocurre posterior a un programa de entrenamiento tanto a nivel celular como sistémico son específicas de acuerdo a las características particulares del programa de entrenamiento empleado.

En un entrenamiento submaximo continuo diario (2hrs diarias de 65-75% vo₂max) la capacidad física mejora como consecuencia de:

- a) Adaptación central: Incremento de la liberación de oxígeno a los músculos ejercitados.
- b) Adaptación periférica: Incremento en la utilización de oxígeno por parte de estos músculos.

Las adaptaciones centrales durante el entrenamiento de resistencia aeróbica resultan en: disminución de la frecuencia cardíaca durante el reposo y el ejercicio, aumento del volumen plasmático y sanguíneo, mayor volumen sistólico, aumento de flujo sanguíneo a la piel y músculos durante el ejercicio y en reposo. A pesar de que estas adaptaciones centrales aparecen relativamente rápido (3 días), se necesita un periodo más largo de entrenamiento (3-5 veces por semana) 12 -38 días, para incrementar el VO₂ max y varias semanas más para incrementar el número de capilares y la densidad mitocondrial. Otras adaptaciones debidas a este tipo de entrenamiento incluyen: reducción de la utilización de glucosa y glucógeno muscular así como menores niveles de lactato con las mismas cargas de trabajo por lo tanto la contracción muscular se hace más eficiente. Con el objetivo de encontrar la carga de entrenamiento más eficaz y adecuada para tratar el sobre peso y la obesidad se han realizado varios protocolos de investigación, como el utilizar el entrenamiento de fuerza para la disminución de peso, ya que se ha observado que este tipo de ejercicio incrementa la masa libre de grasa, por lo tanto aumenta el gasto calórico en reposo. Sin embargo este tipo de ejercicio por si solo o combinado con ejercicio aeróbico, y dieta, solo potencian la disminución de peso, sin provocar cambios significativos. Jakicic y cols., realizaron un estudio en pacientes femeninas con sobrepeso distribuidas en varios grupos de estudio, cada uno de estos grupos fue sometido a un programa con distintas cargas de entrenamiento continuo, los resultados demuestran que en todos los grupos hubo una disminución significativa de peso y que es necesario mantener una actividad de moderada intensidad 55-70% de la frecuencia cardíaca máxima, durante 30- 40 min para perder peso. Otros estudios han realizado protocolos de periodos cortos (10-15min) de ejercicio aeróbico de leve a moderada intensidad, fraccionados durante el día, para realizar un total de 30-40 min de ejercicio diario, esta modalidad ha mostrado beneficios comparables con el del ejercicio continuo.

1.10.4 Ejercicio de intervalos:

El ejercicio de intervalos promueve cambios comparables con los del ejercicio continuo. Este tipo de ejercicio se define como, repetición de periodos ejercicio de corta a media duración de moderado a intenso intercalado con periodos de recuperación activa o pasiva. El objetivo del ejercicio de intervalos es estresar repetidamente los sistemas fisiológicos. Descrito por primera vez en una revista científica por Reindell y Roskamm y popularizada en 1950 por Emil Zatopek (Atletismo fondo). En 1960 El fisiólogo sueco Per Olof Astrand pionero en el estudio del entrenamiento de intervalos, describió la respuesta metabólica durante este tipo de entrenamiento, que se caracteriza por mantener niveles bajos de ácido láctico

durante los intervalos ya que la mioglobina funciona como un almacén de oxígeno durante los periodos de trabajo muscular intenso. Al finalizar los 60's Fox y cols demostraron que durante este tipo de ejercicio existe una lenta acumulación del ácido láctico, por lo tanto se retrasa la aparición de fatiga, esto como consecuencia de la re-síntesis y subsecuente reutilización de las reservas de fosfágenos que le permite al individuo realizar periodos largos de trabajo a cargas muy intensas, Astrand y Christensen encontraron que durante el ejercicio de intervalos, el tiempo total entre los intervalos activos y de recuperación, se transforma en un trabajo de cargas submaximales equivalentes a las cargas continuas. El ejercicio de intervalos puede ser predominantemente aeróbico o anaeróbico. Ejercicio de intervalos predominantemente aeróbico: es aquel en el que se utiliza principalmente el metabolismo aeróbico por sobre el anaeróbico durante los intervalos de esfuerzo y recuperación.

La respuesta fisiológica inmediata, en este tipo de ejercicio se caracteriza por prevenir la depleción de glucógeno al utilizar predominantemente la vía metabólica de los lípidos, comparado con el ejercicio continuo en el cual se utiliza principalmente el glucógeno, en consecuencia los niveles sanguíneos de lactato se encuentran en 2 mmol/L comparado con el ejercicio continuo en el que se encuentran en 10 mmol/L, después de 60 min de ejercicio. También se ha observado que ocurre depleción tanto en las fibras musculares tipo I, como en las fibras musculares tipo II, en contraste con el ejercicio continuo, en cual la depleción de glucógeno es mayor en las fibras musculares tipo II. Durante el ejercicio intermitente existe una depleción de glucógeno mínima lo cual se explica porque la contribución energética por parte de la oxidación de los lípidos aumenta, a su vez esto eleva los niveles de ATP, fosfocreatina y citrato al final de cada periodo de recuperación activa, suprimiendo la glucólisis en la fase temprana del subsecuente periodo activo. El almacén de oxígeno contenido en la mioglobina es de aproximadamente 400ml, este es renovado en los periodos de recuperación activa incrementando la disponibilidad de oxígeno en los periodos activos subsecuentes llegando a suplir un cuarto del oxígeno requerido durante estos, Christensen y cols.

El ejercicio de intervalos predominantemente aeróbico, es más eficiente para incrementar la tasa de oxidación de los ácidos grasos, comparado con el ejercicio continuo a pesar del bajo gasto calórico total. Con el ejercicio continuo el incremento relativo en la tasa respiratoria con piruvato y palmitoil carnitina es igual, implicando que la actividad enzimática involucra exclusivamente la oxidación de piruvato a través de la piruvato deshidrogenasa, en contraste con el ejercicio de intervalos en el cual se incrementa la predominantemente palmitoil carnitina lo que implica que la actividad enzimática de la beta oxidación es mayor en este tipo de ejercicio. Con los intervalos activos, el lactato y el citrato pueden inhibir la glucogenólisis en los intervalos subsecuentes promoviendo el incremento de la liberación de ácidos grasos a través de la Beta Oxidación. El ejercicio de intervalos resulta en una mínima depleción del glucógeno, y una mayor utilización de los triglicéridos intramusculares.

El ejercicio de intervalos puede ser de periodos cortos o prolongados (15:15seg o 4:2min respectivamente); estas dos variantes se compararon con ejercicio continuo por 20-30 min realizado por 6 semanas 3 veces a la semana. La mejoría en el consumo máximo de oxígeno fue significativamente superior para el programa de intervalos prolongados, seguido del continuo y finalmente el de intervalos cortos. Sin embargo se ha determinado que 30 segundos parece ser la duración del intervalo activo más adecuada, para mantener un trabajo en zona de consumo máximo de oxígeno incluso durante los intervalos de recuperación. Uno o dos minutos a VO_{2max} , induce niveles sanguíneos de lactato muy elevados debido a la disminución de la fosfocreatina y al uso de las reservas de oxígeno unido a mioglobina. Un intervalo de recuperación de la misma duración al intervalo de trabajo, permite la refosforilación, de la fosfocreatina pero disminuye el consumo máximo de oxígeno, por otra parte, en el intervalo de recuperación pasiva o activa a intensidades de 40% VO_{2max} , permite la recuperación de las reservas de fosfocreatina, y evita niveles altos de lactato sanguíneo. (35, 36, 37)

2. Planteamiento del problema

México ocupa el 2º lugar mundial en obesidad en adultos y el primero en obesidad infantil, patología responsable de padecimientos crónico-degenerativos y siendo el grupo etario más afectado el de edad productiva. En el manejo de la obesidad el ejercicio aeróbico ha demostrado plenamente su utilidad, sin embargo, la información acerca de la eficacia y adherencia del ejercicio por intervalos no ha sido suficiente para demostrar su impacto clínico para este tipo de población comparado con el ejercicio continuo.

3. Justificación

Con la información obtenida en este estudio se podrá contribuir a la generación de información que favorezca la reorientar las normas establecidas en el manejo de la obesidad en cuanto a la Actividad Física se refiere. Con base en los conocimientos actuales de la Medicina de la Actividad Física y Deportiva se pueden establecer nuevos manejos, esto será de utilidad en el desarrollo de estrategias multidisciplinarias que servirán tanto al médico del deporte como a la población obesa al prescribir y dosificar de forma específica, adecuada, segura y eficaz el ejercicio. En consecuencia servirá para mejorar la calidad de vida y disminución de los costos de tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Comparar el efecto del entrenamiento aeróbico de intervalos versus entrenamiento continuo moderado sobre el porcentaje graso de adultos obesos

4.2 Objetivos específicos

- Evaluar los cambios antropométricos y fisiológicos (variables de la forma física) previo y posterior a un programa de 3 semanas de ejercicio.
- Determinar cual programa de entrenamiento es más efectivo

5 HIPOTESIS

El entrenamiento de intervalos es igual de eficiente que el entrenamiento continuo de moderada intensidad para modificar los parámetros de la forma física de pacientes con obesidad

6 DISEÑO EXPERIMENTAL

6.1 Clasificación de la investigación:

Cuasi experimental, ensayo clínico, longitudinal, prospectivo, aleatorizado.

6.2 Definición de la población:

Pacientes con algún grado de sobrepeso u obesidad sometidos a un programa de ejercicio de acuerdo a grupo.

6.3 CRITERIOS DE INCLUSION:

- Femeninos y masculinos
- 25-55 años
- IMC >25

6.4 CRITERIOS DE EXCLUSION:

- Hipertensos
- Diabéticos
- Proceso agudo inflamatorio reciente
- Cardiopatas
- Enfermedad Tiroidea
- Consumo de antidepresivos
- Alcoholismo y tabaquismo
- Enfermedad musculo esquelética incapacitante.
- Ingesta de medicamentos que modifiquen los parámetros fisiológicos del esfuerzo y las vías metabólicas utilizadas.

6.5 CRITERIOS DE ELIMINACION:

- Que no cumpla con un mínimo de 80% de las sesiones.
- Que no acuda a la evaluación final.
- Que abandone el programa de entrenamiento
- Que inicie un tratamiento con medicamentos que alteren los parámetros fisiológicos del esfuerzo y las vías metabólicas utilizadas.

7. METODOLOGIA

7.1 Etapa 1

7.2 Se realizó una convocatoria a pacientes del Instituto Nacional de Rehabilitación que acudieron a Medicina del Deporte para la programación de ejercicio encaminado a disminuir de peso, ya sea por invitaciones directas o referidas por otro servicio o institución.

7.3 Los pacientes fueron citados para una evaluación clínica y determinación de criterios de inclusión o exclusión, habiendo sido sometidos a la determinación de riesgo cardiovascular para la práctica de actividad física, tanto en la historia clínica como su complemento en los exámenes de laboratorio, de acuerdo a las guías del ACSM del año 2006 séptima edición.

7.4 Una vez informados con detalle de los objetivos del estudio y los alcances posibles del mismo, se procedió a la firma del consentimiento informado. (Anexo 1)

7.1.1 Etapa 2

7.1.2 Concluida la primera etapa, se programó y realizó la valoración antropométrica y ergométrica con el objetivo de determinar las variables antropométrica (porcentaje grasa, porcentaje muscular, relación peso/talla (IMC), etc.) y fisiológicas (Frecuencia Cardíaca (FC) en reposo, FC máxima, Consumo Máximo de Oxígeno (VO2Max), Mets, etc.) estas últimas, necesarias para la prescripción del ejercicio y su valoración posterior al programa diseñado.

- Mediante técnica Antropométrica se obtuvieron los parámetros de peso, talla, anchuras (humeral, femoral y biestiloidea), circunferencias (brazo relajado, brazo contraído, antebrazo, tórax, cintura, cadera, muslo y pierna) y pliegues (subescapular, tricipital, bicipital, pectoral en hombres, abdominal 1 y 2, suprailiaco, supraespinal, muslo y pierna). (Hoja de Antropometría. Anexo 2)
- La densidad se calculo con la ecuación de Durning-Womersley necesaria para determinación de porcentaje grasa con ecuación de Siri.
- Para el cálculo de porcentaje Muscular se utilizo la ecuación de Matiegka.
- La valoración Ergométrica consistió en una prueba de esfuerzo con protocolo en cicloergometro con etapas de 2min con progresión de intensidad de 50 W por etapa a una cadencia de 60 rpm (revoluciones por minuto) en cicloergómetro Monark 828E. Se determino de manera indirecta el VO2Max mediante la ecuación de ACSM (2006):

$$\text{VO2 max} = (1.8 * (\text{ritmo de trabajo Kg.mt.min}) / \text{Masa corporal en Kg}) + 3.5 + 3.5$$

$$\text{Ritmo de trabajo} = \text{carga} * \text{distancia(mt)} * \text{Revo/min}$$

Para cicloergometro Monark la distancia es constante a 6mt por revolución. La carga se calcula mediante la siguiente ecuación

$$\text{watts} = \text{Kg} * \text{m/min} \div 6.12$$

Además de evaluar las frecuencias cardíacas en reposo, durante el esfuerzo y la máxima alcanzada, las frecuencias de recuperación y el comportamiento de la tensión arterial. Bajo el mismo protocolo de realización de pruebas de esfuerzo dictadas por el ACSM y AHA se cuidaron los criterios de finalización y de la propia determinación del VO2Max, así como la estratificación del riesgo cardiovascular previo a realización de la Ergometría.

7.1.3 Los pacientes fueron asignados a dos grupos de forma aleatoria quedando conformado el grupo de estudio por 43 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión y que quedaron asignados de la siguiente forma:

Grupo 1 Programa continuo (n=20):

- 5 sesiones por semana de 15 min divididos en intervalos de 30 seg al 75% de la FC máxima alcanzada, por 2 min y medio de recuperación activa al 60% de FC máxima alcanzada.

Grupo 2 Programa intervalos (n=23):

- 5 sesiones por semana de ejercicio continuo al 65% de su FC máxima alcanzada durante 30 min
- Cada sesión consistió de calentamiento, ejercicio y estiramiento.

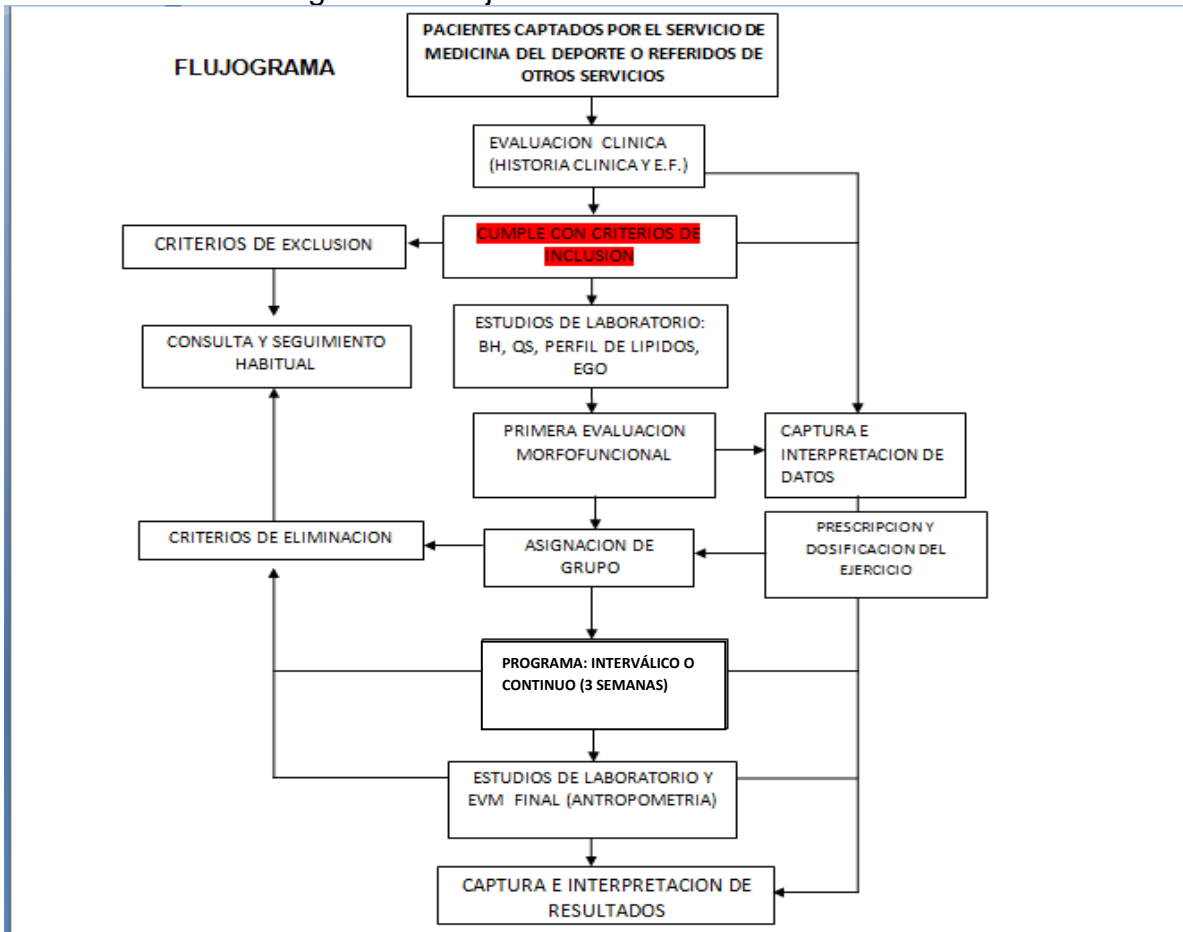
7.2.1 Etapa 3

7.2.2 Una vez finalizadas las evaluaciones y determinadas las variables fueron colocadas en una base de datos para su análisis.

7.2.3 La misma metodología de evaluación fue repetida 3 semanas después de iniciado el programa de entrenamiento

7.2.4 Finalmente los datos fueron analizados mediante el programa de estadística SPSS versión 13, comparando los datos de ambos grupos a través de ANOVA de dos factores y la T Independiente y T pareada para ver cambios en las variables dentro del grupo experimental y control.

METODOLOGIA: Diagrama de flujo



8. ANALISIS ESTADISTICO

Para describir características demográficas de la muestra se realizó estadística descriptiva reportando promedio, desviación estándar y error estándar de las variables.

ANOVA de dos factores considerando el tipo de intervención de ejercicio y el tiempo como factores.

T student para muestras independientes y T student para muestras pareadas para determinar cambios en las variables dentro del grupo experimental y control.

9. INFRAESTRUCTURA Y APOYO TECNICO DISPONIBLE

10.1 MATERIAL Y METODOS

10.1.1 El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Nacional de Rehabilitación, en el Servicio y los equipos de Medicina del Deporte.

10.1.2 Se utilizó un equipo antropométrico modelo 01290 de Lafayette Instrument Company para la medición de anchuras, segmentos y talla.

10.1.3 Se valoraron los pliegues cutáneos con un Plicometro SLIMGUIDE.

10.1.4 La determinación del peso se hizo en una báscula BAME AUT D6N 2412 con alcance de 140 kg.

10.1.5 Para la realización de las ergometrías se utilizó un Cicloergómetro marca Monak modelo 828E.

10.1.6 El registro de la FC fue a través de un Pulsómetro marca POLAR modelo F11

10.1.7 Un esfigmomanómetro marca Adex de pedestal para el seguimiento de la TA.

10.1.8 Un estetoscopio marca Leattman modelo Cardiology I

10. RESULTADOS:

Las características de los sujetos evaluados y sus parámetros basales se muestran en la tabla 1

Tabla 1. CARACTERISTICAS DE LA POBLACIÓN QUE CONFORMÓ LOS GRUPOS DE ESTUDIO

Variable	Continuo (n=20)	Intervalos(n=23)
Genero F/M	14/6	13/10
Edad	37	38
Peso	79.3	79.9
Indice de Masa Corporal (kg/m ²)	30.2	30.9
% Gasa	38.2	37
%Muscular	29.1	28.8
VO ₂ max(ml/kg/min)	26.2	26.8
MET's	7.4	7.6
Indice Cintura/Cadera	.99	.97

El análisis de varianza y desviación estándar no mostro diferencia significativa entre grupos en los parámetros iniciales. Al comparar los parámetros evaluados entre el grupo 1 y grupo 2 con t de Student para muestras independientes, no se encontró diferencia significativa tanto en variables antropométricas como fisiológicas después de tres semanas como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. VARIABLES DE ESTUDIO POSTERIOR A 3 SEMANAS DE EJERCICIO

Variables	Continuo Posterior	Intervalos Posterior	Valor de P
Antropométricas			
IMC (kg/m ²)	29.6	30.5	.467
% Grasa	37	34.8	.066
% Muscular	29.9	30.9	.063
Indice C/C	.98	.98	.483
Peso	78.3	78.7	.869
Variables Fisiológicas			
VO ₂ max (ml/kg/min)	27	30.4	.075
MET's	7.6	8.6	.072

El grupo 1, correspondiente al de ejercicio continuo no mostro cambios significativos en sus parámetros iniciales comparados con los obtenidos después de tres semanas como se muestra la figura 1

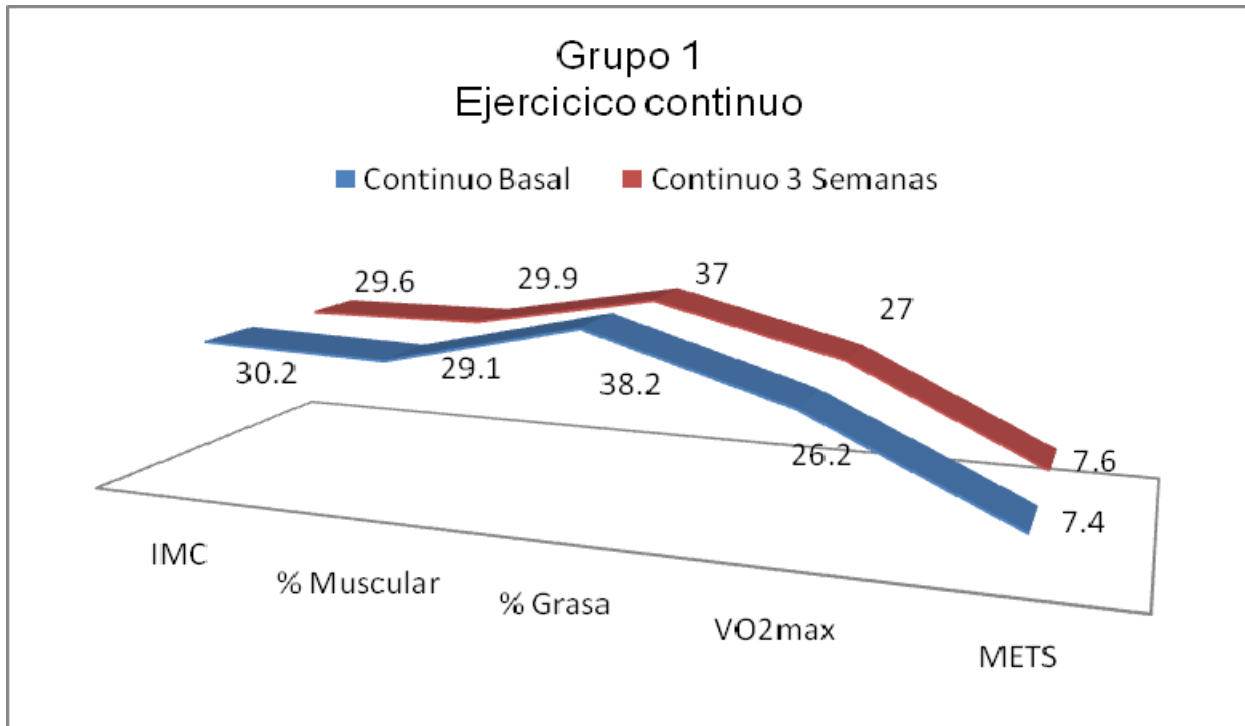


Figura 1. Cambios fisiológicos y antropométricos del grupo de ejercicio continuo

El Porcentaje de grasa fue significativamente menor en el grupo 2 después de tres semanas de ejercicio, el VO2max y los MET's tuvieron un aumento significativo después del mismo periodo de tiempo en el mismo grupo 2. Fig.2

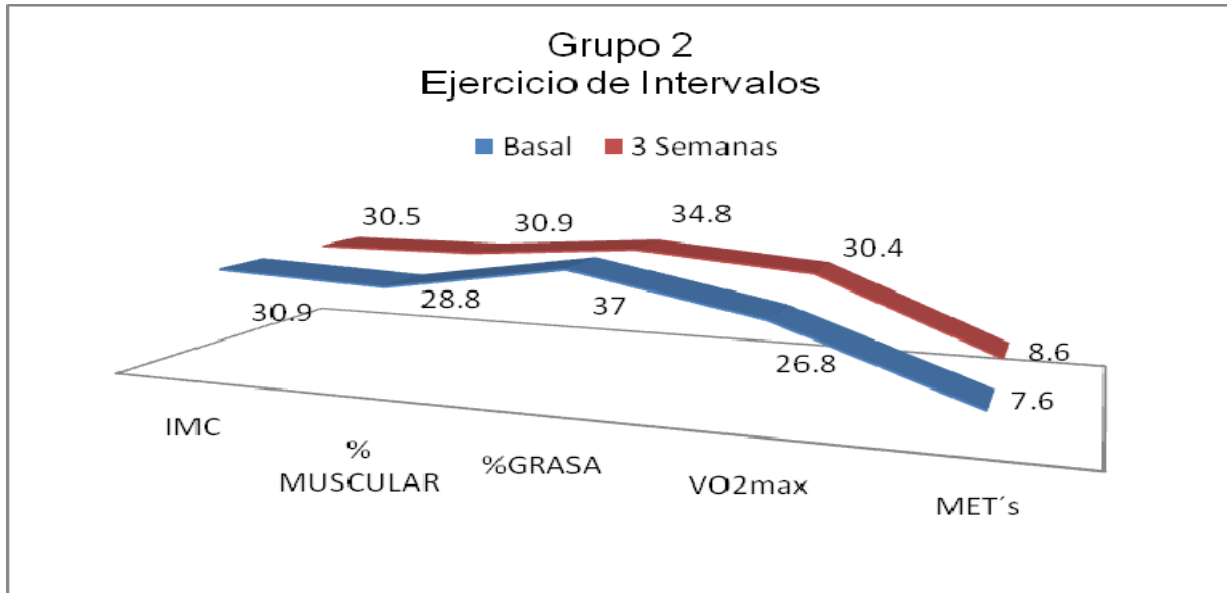


Figura 2. Cambios fisiológicos y antropométricos del grupo de ejercicio por intervalos

Sin embargo en ambos grupos, 3 semanas de ejercicio fueron suficientes para generar cambios en los parámetros evaluados Fig. 3

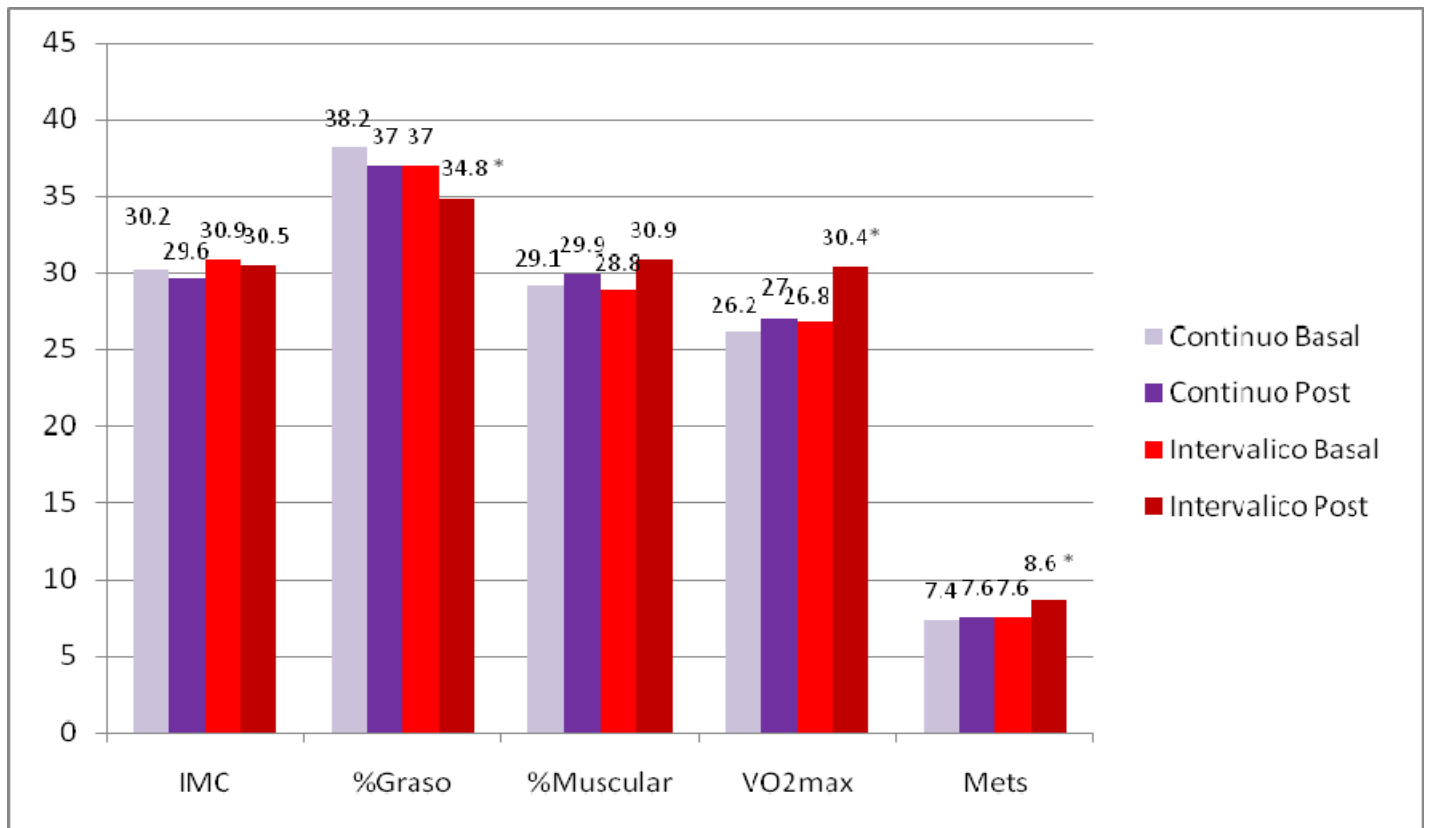


Figura 3. Cambios observados en las variables antropométricas y fisiológicas después de 3 semanas de ejercicio en ambos grupos. * Diferencia significativa $p < 0.05$ entre evaluación basal y posterior a 3 semanas, determinada por t student para muestras pareadas.

11. Discusión:

El ejercicio continuo de moderada intensidad ha sido la piedra angular en el manejo terapéutico para tratar el sobre peso y la obesidad ya que se conocen sus múltiples beneficios y la respuesta metabólica desencadenada durante la práctica del mismo. Sin embargo no ha sido eficaz en su totalidad, lo que ha llevado a desarrollar distintos protocolos de investigación para promover más adherencia terapéutica. D. Schmidt en 2001, (38) demostró que los periodos cortos de ejercicio aeróbico de moderada intensidad fraccionados durante el día tienen los mismos beneficios que el ejercicio continuo realizado en una sesión, con el objetivo de disminuir el peso corporal y mejorar los parámetros fisiológicos que se reflejan en la disminución de los riesgos cardiovasculares en pacientes con sobrepeso, sin embargo este tipo de ejercicio, si bien promueve la adherencia al programa, sus efectos son generados en un periodo de tiempo prolongado al igual que el ejercicio continuo. De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, no se encontraron diferencias significativas entre el grupo 1 de ejercicio continuo y el grupo 2 de ejercicio de intervalos, sin embargo, el ejercicio de intervalos requiere únicamente 15 minutos diarios para efectuar estos cambios en los parámetros fisiológicos y antropométricos comparado con los 30 min requeridos de ejercicio continuo, debe subrayarse la metodología utilizada en este trabajo puesto que el protocolo de intervalos realizado durante las 3 semanas fue dosificado tomando en cuenta las alteraciones del SNA que presenta el paciente obeso, determinando de manera individual los intervalos dentro de la zona del umbral aeróbico a través de la prueba de esfuerzo, zona de seguridad en el riesgo de sufrir eventos cardiovasculares, de acuerdo con M. Shibata, (34) quien determinó que para estimular el SNA sin generar estrés miocárdico elevado no debe sobre pasar el umbral anaeróbico. De esta manera también evitamos cargas de entrenamiento ineficaces que lleven a mejorar la función de este sistema.

Se sabe que el ejercicio continuo de moderada intensidad y prolongado utiliza predominantemente los lípidos, como sustrato energético, sin embargo T. Meyer en el 2009, (39) describió que la máxima utilización de este sustrato energético, tiene gran variabilidad entre individuos y que se logra predominantemente a intensidades elevadas de VO₂, estas intensidades se pueden lograr en los intervalos activos durante el ejercicio de intervalos con predominancia aeróbica, característica del programa prescrito a el grupo 2 y que demostró una diferencia estadísticamente y clínicamente significativa en el porcentaje graso al finalizar las 3 semanas de ejercicio, sin embargo en individuos obesos sometidos a ejercicio de intervalos no hay estudios que evalúen su efecto sobre el porcentaje graso con los que pueda ser comparados estos resultados.

Además al promover la oxidación de los ácidos grasos, como sustrato energético predominante durante el ejercicio de intervalos se evita la acumulación de ácido láctico lo cual retarda la aparición de fatiga, permitiendo mayor adherencia al programa de ejercicio. En consecuencia el ejercicio de intervalos también ha demostrado ser una estrategia eficaz al promover adherencia a los programas de entrenamiento, debido a que retarda la aparición de fatiga y mejora la tolerancia al ejercicio, además de tener una duración corta en minutos. En los individuos obesos los programas de intervalos mejoran parámetros fisiológicos disminuyendo los riesgos cardiovasculares, datos sustentados por Inga E. Schjerve, (40) a lo cual se une los resultados de esta investigación. Martin J. Gibala (2006), Kirsten Burgomaster en 2008, demostraron que los cambios metabólicos de carbohidratos y lípidos a nivel muscular son similares tanto en el ejercicio de intervalos como en el ejercicio continuo, aunque el ejercicio de intervalos fue predominantemente anaeróbico y sus sujetos de estudio eran físicamente activos y con normo peso. (41,42,43) Si bien estos resultados son alentadores, existe la limitante de tiempo en este estudio, los cambios en los parámetros evaluados se vieron a corto plazo (3 semanas), por lo tanto es necesario, dar seguimiento al grupo de pacientes para analizar si estos cambios continúan a largo plazo y si los mismos son capaz de realizar su programa diario de 15 min de manera constante y permanente evitando así la ganancia de peso.

12. CONCLUSIONES:

El ejercicio de intervalos representa una estrategia terapéutica eficaz para disminuir riesgos cardiovasculares y mejorar el VO₂max en pacientes obesos en un periodo de 3 semanas, sin embargo su eficacia para disminuir el porcentaje graso, no demostró ser mayor que en el ejercicio continuo, retarda la aparición de fatiga y como consecuencia promueve una mayor tolerancia al esfuerzo, y por lo tanto mayor adherencia terapéutica. Sin embargo es necesario dar seguimiento a este modelo de ejercicio para determinar si el ejercicio de intervalos es eficaz tanto a corto como a largo plazo, o solo puede ser utilizado para generar adaptaciones a corto plazo en pacientes obesos.

13. BIBLIOGRAFIA

1. AM Sharma, RF Kushner; Review : A proposed clinical staging system for obesity, *International Journal of Obesity* 2009 33, 289-295.
2. DR P. Puska, DR C. Nishida, Mr D. Porter, World Health Organization: Global strategy on diet, physical activity and health, (2003)
3. Encuesta Nacional de Salud y Nutricion 2006 (ENSANUT 2006)
4. Gene-Jack Wang, MD, Nora D. Volkow, MD, Panayotis K. Thanos, PhD, and Joanna S. Fowler, PhD, Imaging of Brain Dopamine Pathways Implications for Understanding Obesity, *J Addict Med* 2009;3: 8–18
5. Mark S. Gold, MD, Noni A. Graham, MPH, James A. Coccores, MD, and Sara Jo Nixon, PhD. Food Addiction?, *J Addict Med* 2009;3: 42–45
6. Ann-Marie Paradis, Gaston Godin, Simone Lemieux, Eating behaviours of non-obese individuals with and without familial history of obesity, *British Journal of Nutrition* (2009), 101, 1103–1109
7. Thorkild I. A. Sørensen, Conference on ‘Multidisciplinary approaches to nutritional problems’ Symposium on ‘Diabetes and health’ Challenges in the study of causation of obesity; *Proceedings of the Nutrition Society* (2009), 68, 43–54
8. L Frank, J Kerr, B Saelens, J Sallis, Food outlet visits, physical activity and body weight: variations by gender and race ethnicity; *Br. J. Sports Med.* 2009;43:124-131
9. D C Lee, X Sui and S N Blair, Does physical activity ameliorate the health hazards of obesity?; *Br J Sports Med* 2009;43:49–51
10. Alberto Borraccino, Patrizia Lemma, Ronald J. Iannotti, Socioeconomic Effects on Meeting Physical Activity Guidelines: Comparisons among 32 Countries; *Med. Sci. Sports Exerc.*, (2009) Vol. 41 No. 4, pp. 749–756
11. Steven N Blair, Physical inactivity: the biggest public health problem of the 21st century *Br J Sports Med* January 2009 Vol. 43 No 1.
12. G. Egger, J. Dixon. Should obesity be the main game? Or do we need an environmental makeover to combat the inflammatory and chronic disease epidemics?
13. Bernardo Léo Wajchenberg, Adipose tissue at the crossroads in the development of the metabolic syndrome, inflammation and atherosclerosis, *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2009; 53(2):145-150.
14. Jens M. Bruun, Diet and exercise reduce low-grade inflammation and macrophage infiltration in adipose tissue but not in skeletal muscle in severely obese subjects, *Am J Physiol Endocrinol Metab* 290: E961–E967, 2006.
15. Rudy J. Valentine, Stronger relationship between central adiposity and C-reactive protein in older women than men, *Menopause: The Journal of The North American Menopause Society* Vol. 16, No. 1, pp. 84/89.
16. Emmanuel Stamatakis, Moderate-to-vigorous physical activity and sedentary behaviours in relation to body mass index-defined and waist circumference-defined obesity, *British Journal of Nutrition* (2009), 101, 765–773
17. John H. Page, Waist-Height Ratio as a Predictor of Coronary Heart Disease Among Women, *Epidemiology* 2009;20: 000–000
18. Joan F. Carroll, Impact of Race/Ethnicity on the Relationship Between Visceral Fat and Inflammatory Biomarkers, *Obesity* (2009) 17, 1420–1427.

19. Alan M. Nevill, Relationship Between Adiposity and Body Size Reveals Limitations of BMI, *American Journal of physical anthropology*, 129:151–156 (2006)
20. Janice L. Thompson, Conference on 'Multidisciplinary approaches to nutritional problems Symposium on 'Performance, exercise and health' Exercise in improving health v. performance, *Proceedings of the Nutrition Society* (2009), 68, 29–33.
21. G M Perkins, Biomarkers of cardiovascular disease risk in 40–65- year-old men performing recommended levels of physical activity, compared with sedentary men, *Br J Sports Med* 2009;43:136–141
22. Marie H. Murphy, Accumulated versus Continuous Exercise for Health Benefit A Review of Empirical Studies, *Sports Med* 2009; 39 (1): 29-43
23. Eduardo García-García, La obesidad y el síndrome metabólico como problema de salud pública. Una reflexión, *salud pública de México* / vol. 50, no. 6, noviembre-diciembre de 2008
24. Joseph E. Donnelly, Is Exercise Effective for Weight Loss With Ad Libitum Diet? Energy Balance, Compensation, and Gender Differences, *Exerc. Sport Sci. Rev.*, Vol. 33, No. 4, pp. 169–174, 2005
25. Matthew S. Hickey, Obesity Drugs and Drugs in the pipeline, *ACSM's Health & Fitness Journal*, VOL. 11/ NO. 4
26. Kishore M. Combination therapy for obesity and metabolic disease, *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes & Obesity* 2009, 16:353–358
27. David B. Sarwer, Review, The Treatment of Obesity: What's New, What's Recommended, *Journal of women's health & gender-based medicine* Volume 8, Number 4, 1999
28. Keith H. Bachman, Obesity, Weight Management, and Health Care Costs: A Primer, *Disease Management* Volume 10, Number 3, 2007
29. Edward T. Howley, Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity, *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 33, No. 6, Suppl., 2001, pp. S364–S369.
30. Jeff S. Volek, Diet and Exercise for Weight Loss A Review of Current Issues, *Sports Med* 2005; 35 (1): 1-9
31. Masari Amano, Exercise training and autonomic nervous system activity in obese individuals, *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 33, No. 8, 2001, pp. 1287–1291.
32. Darleen A. Sandoval, Metabolic Consequences of Exercise-Associated Autonomic Failure, *Exerc. Sport Sci. Rev.*, Vol. 34, No. 2, pp. 72 y 76, 2006
33. Michelle C. Venables, Endurance Training and Obesity: Effect on Substrate Metabolism and Insulin Sensitivity, *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 40, No. 3, pp. 495–502, 2008.
34. M Shibata, Exercise prescription based upon cardiac vagal activity for middle-aged obese women, *International Journal of Obesity* (2002) 26, 1356–1362
35. Paul B. Laursen, The Scientific Basis for High-Intensity Interval Training Optimising Training Programmes and Maximising Performance in Highly Trained Endurance Athletes, *Sports Med* 2002; 32 (1): 53-73
36. L. Véronique Billat, Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice Special Recommendations for Middle- and Long-Distance Running. Part I: Aerobic Interval Training, *Sports Med* 2001; 31 (1): 13-31

37. Kei Tanisho, Training Effects on endurance Capacity in maximal Intermittent exercise: Comparison Between Continuous and interval training, *J Strength Cond Res* 23(8):2405–2410, (2009).
38. Daniel Schmidt, Effects of Long *versus* Short Bout Exercise on Fitness and Weight Loss in Overweight Females, *Journal of the American College of Nutrition*, Vol. 20, No. 5, 494–501 (2001)
39. T. Meyer, The Reliability of Fatmax, *Scand J Med Sci Sports* 2009: 19: 213–221
40. Inga E. Schjerve, Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults, *Clinical Science* (2008) 115, 283–293
41. Martin J. Gibala, Short-term sprint interval *versus* traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance, *J Physiol* 575.3 (2006) pp 901–911
42. Kirsten A. Burgomaster, Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans, *J Physiol* 586.1 (2008) pp 151–160
43. Martin J. Gibala, Metabolic Adaptations to Short-term High-Intensity Interval Training: A Little Pain for a Lot of Gain?, *Exerc. Sport Sci. Rev.*, Vol. 36, No. 2, pp. 58–63, 2008

ANEXO A

Declaración de consentimiento informado

México, D.F. a ____ de _____ de 20__

A quien corresponda:

Yo _____ declaro libre y voluntariamente que acepto participar en el estudio “Efecto del Entrenamiento de Intervalos versus Entrenamiento Aeróbico Continuo Moderado sobre el Porcentaje Graso de Adultos Obesos”.

Estoy consciente de que los procedimientos y pruebas para realizar el protocolo de estudio son:

- Historia clínica, que consiste en recabar antecedentes médicos, signos vitales, peso, talla, valoración clínica y determinación de riesgo cardiovascular para la práctica de Actividad Física y Ejercicio.
- Examen de laboratorio (química sanguínea, biometría hemática y perfil lipídico)
- Valoración Antropométrica.
- Realización de Prueba de Esfuerzo.
- Seguimiento del programa de ejercicio a partir de los valores determinados.
- Según sea el caso:
 - Programa de ejercicio continuo de moderada intensidad (30 min.).
 - Programa de ejercicio interválico (15 min.).
 - Ambos programas incorporan un programa de calentamiento y enfriamiento.

Estoy consciente que deberé asistir a las sesiones de entrenamiento indicadas y consultas médicas de seguimiento.

Entiendo que los riesgos de no seguir tal como me sea indicado el programa de ejercicios, puede desencadenar consecuencias cardiovasculares.

Estoy consciente que si sigo las recomendaciones del médico al pie de la letra durante la ejecución del programa de ejercicio, los riesgos e incomodidades que pudieran presentarse son mínimos.

Comprendo el beneficio que mi participación tendrá en mi salud y en la generación de información que puede ser útil para la población que padezca Sobrepeso y Obesidad.

Mi participación en este estudio es voluntaria y sin remuneración. Es de mi conocimiento que puedo negarme a participar y abandonar el estudio en el momento que yo así lo desee siempre que informe al responsable del estudio. Entiendo que mi retiro no me ocasionará ninguna penalidad, ni tampoco sufriré algún perjuicio en relación con la atención médica que me proporciona la institución.

ANEXO B. FORMATO DE ANTROPOMETRIA

FORMATO 2



INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACION
SUBDIRECCION DE MEDICINA DEL DEPORTE
DIVISION CLINICA DE MEDICINA DEL DEPORTE
CINEANTROPOMETRIA

Folio:

Nombre: _____ Expediente _____

Fecha de Nacimiento : _____ Sexo: _____ Edad: _____

Deporte _____ Especialidad _____ Categoría _____

Actividad Fisica _____

Peso (kg)
 Talla (cm)

Evaluacion	Primera	Segunda	Tercera
<u>CIRCUNFERENCIAS (cm)</u>			
Circ Brazo Relajado	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Circ Brazo Contralado	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Circ Antebrazo	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Circ Tóraxica normal	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Cintura	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Cadera	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Circ Muslo (medio)	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Circ Pierna	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>

<u>DIAMETROS (cm)</u>	Primera	Segunda	Tercera
Diam Húmero	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Diam Femúr	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>

<u>PLIEGUES (mm)</u>	Primera	Segunda	Tercera
Subcapular	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Tricipital	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Bicipital	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Pectoral	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Supraespinal	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Cresta Iliaca	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Abdominal I (Ross)	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Abdominal II (Pollock)	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Muslo Medio Anterior	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Pierna Medial	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>

Fecha: _____

ANOTÓ : _____
 REALIZÓ : _____

OBSERVACIONES : _____

ANEXO C. FORMATO DE ERGOMETRIA

Hoja de Ergometría

Protocolo cicloergometro

Nombre.- _____ Folio.- _____
 Grupo.- _____
 Edad.- _____ Sexo.- _____ Talla.- _____
 T.A. mm/Hg _____ F.C. _____ F.R. _____
 Diagnóstico.- _____
 Manejo.- _____
 Tratamiento.- _____

Nómbre del Médico.- _____

Etapa	watts	min	Rev/min		F.C. (lpm)	T.A. (mmHg)	Borg	Síntomas
				Reposo				
I	0	2	50-60					
II	50	4						
III	100	6						
IV	150	8						
V	200	10						
VI	250	12						
VII	300	14						
VIII	350	16						
Tpo total:				Maximos				
<input type="text"/>	min	<input type="text"/>	seg	Recuperación	F.C. (lpm)	T.A. (mmHg)	Borg	Síntomas
Velocidad alc <input type="text"/>				1er min.				
Inclinación alc <input type="text"/>				2o min.				
Motivo de finalización: _____				3er min.				
				5o min.				

Maximal
 Submaximal

DP rep.-
 DP máx.-

Riesgo Mets.- _____
 Riesgo TA.- _____
 Riesgo Rec.- _____

FCMáxT.- _____
 %FCMA alcanzada _____

Respuesta Cronotrópica.- _____
 Respuesta Tensora (PBP3).- _____

ANEXO D. FORMATO DE ORIENTACION NUTRICIONAL



INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN

SUBDIRECCIÓN DE MEDICINA DEL DEPORTE DIVISIÓN CLÍNICA DE MEDICINA DEL DEPORTE NUTRICIÓN DEL DEPORTE

NOMBRE: _____ EDAD: _____ EXP. NO. _____
FECHA: _____

RECOMENDACIONES A SEGUIR:

EVITAR CONSUMIR REFRESCOS, JUGOS ARTIFICIALES, BEBIDAS REHIDRATANTES (GATORADE, JUMEX SPORT, ETC), CHOCOLATES , DULCES Y CONFITADOS.

DESAYUNO

- Tomar café sin azúcar o en su defecto con sustituto de azúcar.
- Elegir entre fruta en trozo una taza ó jugo de frutas 1 taza de 240 ml. No podrá consumir ambas cosas de manera simultánea.
- Evite el consumo de harinas refinadas (pasteles, pan de dulce, hot cakes), prefiera bolillo sin migajón ó galletas Marías 10 piezas ó dos tortillas ó dos rebanadas de pan de caja.
- Procure consumir algún tipo de carne en pequeña proporción es decir no más de 45 g. (ejemplo 1 huevo, ó 1 pieza de pollo muy pequeña sin piel, ó dos rebanadas de jamón de pavo ó 1 rebanada de queso panela pequeña.)
- Procure el consumo de verduras 1 ó 2 tazas (preferentemente combinaciones de verduras crudas con cocidas).
- Consuma 1 taza de leche descremada ó yogurt natural todos los días

COMIDA

- Elegir entre el consumo de arroz ó sopa no podrá consumirlos de manera simultánea.
- Si consume arroz consuma lo equivalente a 1 taza de 240 ml y sólo podrá consumir 2 tortillas ó 1 bolillo sin migajón.
- Consuma 2 tazas de verduras crudas y cocidas.
- Si consume agua de sabor sólo podrá tomar 2 vasos y no podrá consumir fruta ni postre.
- Si consume agua natural podrá elegir entre consumir fruta en trozo ó el postre, prefiera la fruta y sólo una a dos veces por semana el postre.
- Evite consumir capeados, empanizados o fritos, en caso de ser el menú así, solicite pechuga de pollo asada.

COLACIÓN : Procure agua natural, 1 taco de guisado con ½ pieza de pollo pequeña (pierna, muslo, ala si es pechuga una rebanada del tamaño de la mitad de la palma de su mano), o 5 galletas Marías con queso panela ó 1/2 bolillo sin migajón con 1 huevo. Verduras como pepino, lechuga, zanahoria, jícama; por lo menos una taza.

CENA

- Procure el consumo del sándwich de jamón de pavo, acompañelo con verduras 1 a 2 tazas.
- Puede consumir mostaza en el sándwich pero no mayonesa
- Consuma diariamente 1 taza de leche Light ó yogurt natural.
- Evite consumo de azúcares por la noche así como de fruta
- Evite periodos prolongados de ayuno.

Consideraciones éticas y de seguridad

El estudio se efectuará de acuerdo a lo establecido en la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial para la realización de investigaciones médicas en seres humanos. Antes del procedimiento de asignación de grupos, a los pacientes se les proporcionará la información relevante sobre los objetivos del proyecto y los beneficios esperados. El seguimiento del estudio y sus posibles riesgos también serán explicados.

Se informará a los participantes que pueden abandonar el estudio en el momento que ellos decidan sin prejuicio en la proporción de los servicios médicos subsecuentes. Esta información está contenida en el formulario de consentimiento informado y el cual deberá ser firmado por el paciente que acepte ingresar al estudio.

El presente protocolo así como el formulario de consentimiento informado serán evaluados por los comités científico y ético del INR.