



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIO DE POSGRADO
HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ**

Cambios en la función pulmonar y consumo de oxígeno en la prueba de ejercicio en pacientes obesos con índice de masa corporal mayor a 35 Kg/m² en el Hospital Infantil de México “Federico Gómez”.

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
SUB ESPECIALISTA EN:**

NEUMOLOGIA PEDIATRICA

PRESENTA:

DR. LUIS RODRIGUEZ MORENO

ASESOR DE TESIS:

DR. JOSE LUIS LEZANA FERNANDEZ



**HOSPITAL INFANTIL de MI
FEDERICO GÓMEZ**
Instituto Nacional de Salud

MÉXICO, D. F

Febrero 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.

DR. JOSE KARAM BECHARA

Jefe de Servicio de Neumología Pediátrica
Hospital Infantil de México Federico Gómez
Profesor titular del Curso Universitario de Neumología Pediátrica

DR. JOSE LUIS LEZANA FERNANDEZ

Médico Adscrito a la Clínica de Fibrosis Quística,
Laboratorio de Neumología y Fisiología Pulmonar del
Hospital Infantil de México Federico Gómez

DRA. BLANCA ESTHELA DEL RIO NAVARRO

Jefe de Servicio de Alergología e Inmunología Pediátrica
Hospital Infantil de México Federico Gómez

AGRADECIMIENTOS

A *Dios* por dar el don de la vida, por estar a mi lado; por hacerme llegar a este punto.

A *mis padres* por esos seres maravillosos que me dieron la vida. Los cuales guiaron mi camino e hicieron de mi lo que actualmente soy, por sus consejos y apoyo incondicional en los momentos más difíciles y por la fortaleza brindada en las vicisitudes. A ustedes les debo todo.

A *mis hermanos* por su apoyo sin el cual nunca lo hubiera logrado; siendo el motor indispensable para salir adelante y por su confianza en mí. Este éxito también es suyo.

A *mi asesor* Dr. José Luis Lezana Fernández agradeciendo su profesionalismo, por dedicarme su tiempo y paciencia; su comprensión y valiosa asesoría, por sus conocimientos brindados. No hay palabras con que agradecer su infinita colaboración.

A **los niños hospitalizados** por ser el gran libro abierto que nos permite aprender la medicina para curarlos y curar a otros en el futuro.

ÍNDICE

	Página
Título.....	5
Introducción.....	5
Planteamiento del problema.....	8
Marco teórico.....	9
Pregunta de Investigación.....	13
Objetivos.....	14
Hipótesis.....	15
Justificación.....	16
Metodología.....	17
Resultados.....	21
Discusión.....	22
Conclusiones.....	23
Referencias.....	24
Anexo.....	27

TÍTULO

Cambios en la función pulmonar y consumo de oxígeno en la prueba de ejercicio en pacientes obesos con índice de masa corporal mayor a 35 Kg/m² en el Hospital Infantil de México “Federico Gómez”.

INTRODUCCION

El exceso de peso, como causante de morbilidad y mortalidad en el ser humano, es conocido desde hace más de 2.000 años. Hipócrates describió que "la muerte súbita es más frecuente en aquellos individuos que son naturalmente gordos, que en las personas delgadas".¹

La obesidad es una de las enfermedades nutricionales de mayor prevalencia en la edad pediátrica, 25-30% de los niños y adolescentes están afectados. La obesidad se define como la presencia de cantidades excesivas de tejido adiposo en relación a la masa corporal magra. Dentro de la clasificación etiológica de la obesidad se encuentra la asociada a síndromes dismórficos con alteraciones genéticas como el de Bardet-Biedl, Laurence-Moon, Prader-Willi, entre otros.²

La persistencia de la obesidad incrementa cuando ésta se presenta en determinadas edades, así por ejemplo, menos de un 15% de los niños menores de un año que son obesos lo siguen siendo en la edad adulta, un 25% de los preescolares, un 50% de los escolares y hasta un 80% de los adolescentes.³

Para evaluar y diagnosticar la obesidad se utilizan distintos métodos que cuantifican la cantidad de tejido adiposo en el organismo de un individuo, entre ellos está el Índice de Masa Corporal (IMC) que se calcula tomando el peso en kilogramos y dividiéndolo por la talla en metros, al cuadrado. $IMC = \text{Peso (kg.)} / \text{Talla (mt.)}^2$, las gráficas peso/talla para calcular el peso teórico para cada talla

y así se puede cuantificar el grado de sobrepeso, la medición de los Pliegues Cutáneos requiere de una experiencia en su uso.⁴

Entre las complicaciones de la obesidad se encuentran la enfermedad biliar, el ovario poliquístico, la osteoartritis, la acantosis nigricans y las dislipidemias, **disminución en las pruebas de función pulmonar**. Según cálculos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el año 2005 había en el mundo 1600 millones de adultos con sobrepeso, 400 millones de adultos obesos y al menos 20 millones de menores de 5 años con sobrepeso, estimándose que para el año 2015 las cifras crecerán a 2300 millones de adultos con sobrepeso y más de 700 millones de obesos.⁵

En el medio se han creado múltiples alternativas para prevenir y controlar la obesidad. De estas alternativas, la actividad física se vuelve un factor fundamental para controlar la obesidad, la cual aplica para todas las edades, pero en especial a los niños y los adolescentes, quienes por agonística y esencia son más receptivos para la actividad física, además como mecanismo preventivo se vuelve una estrategia más efectiva en el control de esta enfermedad.⁶

La obesidad representa un problema de salud prioritario, su impacto radica en las complicaciones derivadas de ella, algunas teorías han tratado infructuosamente de explicar los cambios en su distribución; como es por ejemplo una modificación en la expresión y activación de genes originados por alteraciones profundas del ambiente sobre una población susceptible⁷.

El tratamiento de la obesidad es un manejo integral. Tiene como objetivos alcanzar metas razonables de reducción de peso o corrección de sobrepeso, sin comprometer el crecimiento a través de la modificación de la ingesta, de los hábitos alimentarios y del nivel de actividad física. Para la edad pediátrica se insiste que las medidas usuales para el manejo de obesidad son dieta y ejercicio (moderada por lo menos de 30 a 60 minutos) para el descenso de peso.

A nivel internacional ya existe evidencia del limitado éxito a largo plazo de la mayoría de las intervenciones no farmacológicas (dieta, ejercicio, cambio de estilo de vida) en adultos y niños para el descenso de peso adecuado en el obeso mórbido (niño o adolescente con más del 100% del peso promedio que debe tener para la edad o que este por arriba del percentil 99 de CDC para edad y género)⁸.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La obesidad puede causar síntomas respiratorios, los pacientes adultos con sobrepeso frecuentemente manifiestan disnea al realizar ejercicio, aumento en el esfuerzo respiratorio, disminución del calibre de las vías respiratorias y reducción de la capacidad pulmonar. Los efectos del sobre peso en la función respiratoria en los niños no son claros; al parecer el sobre peso tiene una correlación positiva con la función respiratoria en niñas, mientras que en niños no hay cambios. En los adultos, las alteraciones de la función pulmonar son bien conocidas como complicaciones de la obesidad; la mayoría de estas anomalías son la reducción de volumen pulmonar y la tasa del flujo espiratorio. Se han reportado datos similares en la población pediátrica sin embargo es limitada y contradictoria. En la población pediátrica existen datos similares, pero también se ha informado sobre anomalías restrictivas y/o obstructivas así como de la resistencia muscular, VO_2 , VCO_2 y reserva respiratoria⁹. Marcus y sus colegas, en su estudio de 17 pacientes, encontró en sólo dos pacientes una función pulmonar anormal. Uno tenía déficit restrictivo y otro la anomalía obstructiva. Inselman y colegas, en cambio, encontraron la reducción de la DLCO y la resistencia muscular ventilatoria entre los 13 niños obesos que estudiaron. Mallory y sus colegas encontraron que el déficit pulmonar era común entre su cohorte de niños obesos y la anomalía obstructiva es el principal problema detectado. Sin embargo, Bosisio et. al y Chaussain et. al no fueron capaces de encontrar anomalía pulmonar significativa en su estudio de niños obesos¹⁰.

MARCO TEORICO

La obesidad es un trastorno del equilibrio energético que afectan a gran número de personas pertenecientes a diversos grupos étnicos, edad y nivel socioeconómico¹¹. Las causas de la obesidad infantil son múltiples, que incluyen la falta de ejercicio regular, el sedentarismo, el consumo excesivo de alimentos ricos en calorías y genéticos⁵

Incidencia

En México, la Encuesta Nacional de Salud del año 2000, reportó que la obesidad en el grupo de 12 a 17 años fue de 6.8-10% en mujeres y de 9.2 a 11.8% en hombres. En el área metropolitana las cifras fueron 28% en hombres y 30.1% en mujeres¹². De acuerdo a la Encuesta nacional de salud y nutrición (ENSANUT) 2006, cuando se analizó la muestra de 18 465 136 adolescentes (12 a 19 años de edad), se observó que uno de cada tres hombres adolescentes tiene sobrepeso u obesidad, lo que representa 5 757 400 adolescentes en el país.

La función respiratoria como el volumen de reserva espiratorio (ERV), ERV / capacidad inspiratoria y DLCO / VA también han sido encontradas podrían verse afectados con el grado de obesidad en adultos. Existe fuerte evidencia epidemiológica que indica una reducción del FEV1 como marcador de mortalidad cardiovascular independiente de la edad, el sexo y antecedentes de tabaquismo. Las complicaciones pulmonares como el asma y la apnea del sueño se han asociado con la obesidad en los niños. Por lo tanto las alteraciones respiratorias y cardiovasculares se han informado como sistemas principales para reflejar los efectos adversos de la obesidad¹³.

METODICA DE LA PRUEBA DE ESFUERZO (PE).

El paciente aceptará la realización de la prueba después de recibir la información adecuada. Se recomienda la actividad física intensa o el ejercicio habitual en las doce horas anteriores. Llevará ropa confortable y calzado

cómodo. La prueba de esfuerzo cardiopulmonar ofrece una medida objetiva de la capacidad funcional del paciente y de la reserva cardíaca¹⁴.

REALIZACION DE LA PRUEBA

Antes de iniciarse el esfuerzo debe obtenerse un electrocardiograma en decúbito, en ortostatismo y en las PE cuyo objetivo es la detección de cardiopatía tras hiperventilación voluntaria. La monitorización se continuará en recuperación durante 3-5 minutos en ausencia de hallazgos patológicos. La prueba fue explicada por personal médico o paramédico.

Realizamos una (PE) cardiopulmonar, con análisis de gases respiratorios. Se basó en un protocolo, que es una modificación del protocolo de Balke¹⁵, que fuera adecuado para este tipo de pacientes. La velocidad de la cinta y el grado de la pendiente fueron los siguientes: estadio 1, 2,5 km/h, 0%; estadio 2, 2,5 km/h, 2%; estadio 3, 2,5 km/h, 4%; estadio 4, 2,5 km/h, 6%; estadio 5, 2,5 km/h, 8%; estadio 6, 3 km/h, 10%; estadio 7, 3 km/h, 12%; estadio 8, 3 km/h, 14%; estadio 9, 3 km/h, 16%; estadio 10, 3 km/h, 18%; estadio 11, 3,5 km/h, 20%; estadio 12, 3,5 km/h, 22%; estadio 13, 3,5 km/h, 24%; estadio 14, 3,5 km/h, 25%; a partir de este momento, la velocidad y la pendiente permanecieron constantes. Cada estadio duró 2 min. Los pacientes fueron instruidos para mantener el esfuerzo hasta que fueran incapaces de continuar. La frecuencia cardíaca (FC) fue monitorizada con registro electrocardiográfico continuo. Con un esfignomanómetro de presión, adecuado al diámetro del brazo, se realizaron controles de la presión arterial al iniciar el esfuerzo y cada 2 min durante el esfuerzo y la recuperación. Para el análisis de los gases espirados durante el esfuerzo y el reposo, utilizamos una máscara unidireccional. Cada 30 segundos se determinaron los valores del volumen corriente (VC, en ml), frecuencia respiratoria (FR, en respiraciones/min), ventilación por minuto (VE, en l/min), consumo de O₂ (VO₂, en ml/min), producción de dióxido de carbono (VCO₂, en ml/min) y cociente respiratorio (CR = VCO₂/VO₂). Antes de cada sesión el sistema fue calibrado con gases estándar con concentraciones de O₂ y CO₂ conocidas. El equivalente metabólico (MET) es una unidad de consumo de oxígeno en reposo y con el

individuo sentado¹⁶ (3,5 ml de O₂ por kg de peso corporal por minuto [ml/kg/min]).

La eficiencia del sistema cardiovascular durante el esfuerzo fue evaluada mediante el pulso de O₂, que es la cantidad de O₂ que se consume durante un ciclo cardíaco completo y se calcula dividiendo el consumo de oxígeno por la frecuencia cardíaca (VO₂/FC). Si expresamos el VO₂ de un individuo según el principio de Fick¹⁵:

$$VO_2 = \text{gasto cardíaco} \times \text{diferencia arteriovenosa de O}_2$$

Y tenemos presente que el gasto cardíaco es igual a volumen latido por la FC, el pulso de O₂ equivale a volumen latido por la diferencia arteriovenosa de O₂. Dado que durante el ejercicio la diferencia arteriovenosa de O₂ tiene un límite fisiológico¹⁷ de 15 a 17 vol/%, si se realiza un esfuerzo importante el pulso de O₂ permite valorar el comportamiento del volumen latido.

La frecuencia cardíaca máxima teórica (FCMT) se calculó mediante el algoritmo:

$$FCMT = 220 - \text{edad en años}$$

Para determinar el nivel de esfuerzo alcanzado¹⁸, se utilizaron la FCMT y el cociente respiratorio.

SEGURIDAD

La PE es un procedimiento considerado habitualmente seguro. Puede presentar 1 caso de fallecimiento por cada 10.000 pruebas¹⁹. En cualquier caso, las posibles complicaciones son poco frecuentes²⁰. Con el fin de asegurar la ausencia de complicaciones importantes se deben tener en cuenta las contraindicaciones para su realización²¹ (tabla 1), así como los criterios de detención de la prueba¹⁵. (tabla 2).

TABLA 1. **Contraindicaciones para la realización de (PE)**

Absolutas

Infarto de miocardio reciente (menos de 3 días)

Angina inestable no estabilizada con medicación
Arritmias cardíacas incontroladas que causan deterioro hemodinámico
Estenosis aórtica severa sintomática
Insuficiencia cardíaca no estabilizada
Embolia pulmonar
Pericarditis o miocarditis aguda
Disección aórtica
Incapacidad física o psíquica para realizar la PE

Relativas

Estenosis valvular moderada
Anormalidades electrolíticas
Hipertensión arterial severa (PAS > 200 y/o PAD > 110 mmHg)
Taquiarritmias o bradiarritmias
Miocardiopatía hipertrófica u otras formas de obstrucción al tracto de salida de ventrículo izquierdo
Bloqueo auriculoventricular de segundo o tercer grados

PAD: presión arterial diastólica; PAS: presión arterial sistólica.

TABLA 2. Criterios de finalización de pruebas de esfuerzo

Absolutos

El deseo reiterado del sujeto de detener la prueba
Dolor torácico anginoso progresivo
Descenso o falta de incremento de la presión sistólica pese al aumento de la carga
Arritmias severas/malignas: extrasistolia ventricular frecuente, progresiva y multiforme, rachas de taquicardia ventricular, flúter o fibrilación ventricular
Síntomas del sistema nervioso central: ataxia, mareo o síncope
Signos de mala perfusión: cianosis, palidez
Mala señal electrocardiográfica que impida el control del trazado

Relativos

Cambios llamativos del ST o del QRS (cambios importantes del eje)
Fatiga, cansancio, disnea y claudicación
Taquicardias no severas incluyendo las paroxísticas supraventriculares
Bloqueo de rama que simule taquicardia ventricular

PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Cuáles son los cambios en la función pulmonar y consumo de oxígeno en la prueba de ejercicio en pacientes obesos con índice de masa corporal mayor a 35 Kg/m² en el Hospital Infantil de México “Federico Gómez”?

OBJETIVO GENERAL

- Determinar el consumo de VO_2 posterior a la realización de prueba de esfuerzo en pacientes con índice de masa corporal mayor a $35\text{m}^2\text{SC}$

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir el consumo de oxígeno, producción de CO_2 , relación VCO_2/VO_2 (RER) y umbral anaeróbico

- Medición de tolerancia al ejercicio medida por tiempo.

HIPÓTESIS

La prueba de esfuerzo cardiopulmonar ofrece una medida objetiva de la capacidad funcional del paciente y de la reserva cardíaca. Son varios los estudios que han evaluado la capacidad de esfuerzo de los pacientes obesos, pero también en este ámbito los resultados obtenidos han sido contradictorios. Para estos últimos, la masa grasa interfiere con la función cardíaca y pulmonar y limita la respuesta aeróbica al ejercicio. Parte de las discrepancias pueden atribuirse a las diferentes metodologías utilizadas y al hecho de haber estudiado poblaciones con diferentes edades y grados de obesidad. NOTA: Con base en estudios que se ha realizado esperamos una respuesta

JUSTIFICACIÓN

Existen datos contradictorios sobre los cambios en la función pulmonar, la respuesta metabólica al ejercicio y la capacidad aeróbica. Algunos opinan que los individuos obesos tienen una respuesta cardiopulmonar dentro de los límites normales y que su capacidad de esfuerzo está comprometida por la gran masa corporal que tienen que transportar. Otros han encontrado que los obesos tienen una capacidad aeróbica reducida cuando la comparan con individuos de peso normal.

METODOLOGIA

Se incluyeron un grupo de adolescentes obesos con índice de masa corporal (IMC) por arriba de 35 Kg/m², los cuales serán captados en la clínica de obesidad y la consulta externa de cirugía general del Hospital Infantil de México Federico Gómez.

Colección de datos

Se revisaran las pruebas de esfuerzo (PE) realizadas a los pacientes registrando los siguientes parámetros: edad, sexo, peso, talla, IMC, Frecuencia Cardíaca (FC), Frecuencia Respiratoria (FR), Saturación, Consumo de oxígeno ml/kg/min, consumo de VCO₂ ml/kg/min, RER.

Diseño del estudio

Cohorte prospectivo (prospectivo, longitudinal, comparativo, observacional, descriptivo.).

Sujetos

Niños de ambos sexos entre los 11 y 17 años con diagnóstico de obesidad y con un IMC mayor de 35 Kg/m² y menores de 50 Kg/m², con seguimiento en el departamento de alergia, reclutados de Agosto 2009 a Enero 2010.

Criterios de inclusión

Se tomaran en cuenta los mismos criterios del protocolo inicial (HIM/2009/005) como lo son:

1.- De 11 a 17 años del Sexo femenino o masculino

2.- Obesidad \geq 40 Kg/m² 3.- Obesidad \geq 35 Kg/m² con comorbilidades como hipertensión arterial, Resistencia a la insulina por índice homeostático (HOMA) >5 UI, apnea del sueño, diabetes tipo 2, dislipidemias (hipertrigliceridemia >150 mg/dl, hipercolesterolemia <200 mg/dl, HDL <40 mg/dl), tres o más criterios del síndrome metabólico de acuerdo a la federación Internacional de diabetes.

3.- Ausencia de enfermedad metabólica como hipotiroidismo, síndrome de Cushing, etc.

4.- Evaluación psicológica favorable a la preintervención. 6.-Desarrollo puberal tanner 3 o mayor.

Criterios de exclusión

1. Obesidad grave $IMC \geq 50 \text{ Kg/m}^2$.
2. Ausencia de adherencia al manejo dietético y farmacológico previo.
3. Síndrome somatodismórficos.
4. Retardo mental, retraso en el desarrollo psicomotor.
5. Alteraciones del SNC (epilepsia).
6. Malformaciones gastrointestinales.
7. Cardiopatías mal controladas.
8. Endocrinopatías (hipotalámica, tiroidea, Diabetes Mellitus Tipo 1).
9. Pacientes con síndromes somatodismórficos (Síndrome de Prader Willi, Barder-Biedl).
10. Síndrome Nefrótico.
11. Insuficiencia hepática o alguna enfermedad hepática.
12. Ascitis o edema.
13. Uso de medicamentos tricácido valproico, carbamacepina.
14. Ingesta de alcohol o fármacos enervantes.
15. Asma mal controlada clasificada de acuerdo a GINA 2006.
16. Infecciones respiratorias antes de cuatro semanas.
17. Pacientes con historia de anomalías gastrointestinales congénitas o adquiridas.
18. Grave enfermedad cardiopulmonar.
19. Grave coagulopatía.

20. Insuficiencia hepática o cirrosis.

21. Historia de obstrucción intestinal o peritonitis

22. Historia de desórdenes en la motilidad esofágica.

Tamaño de la muestra

Está determinado por el número de pacientes que se incluirán en el protocolo inicial; con un total de 46 pacientes; de los cuales sólo se presentaron al protocolo 15 pacientes.

Variables

- Edad
- Sexo
- Peso
- Talla
- IMC
- Frecuencia Cardíaca
- Frecuencia Respiratoria
- Saturación
- Consumo de oxígeno ml/kg/min
- Consumo de VCO₂ ml/kg/min,
- RER

Análisis estadístico

Las variables categóricas se expresan en porcentajes y los valores cuantitativos como media \pm desviación estándar.

Cronograma de las visitas

VISITA 0: selección de los pacientes que cumplan los criterios de inclusión (los cuales serán enviados del servicio de alergología), explicación de la 1ª fase del protocolo, entrega y firma del consentimiento informado. Historia clínica, antropometría.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

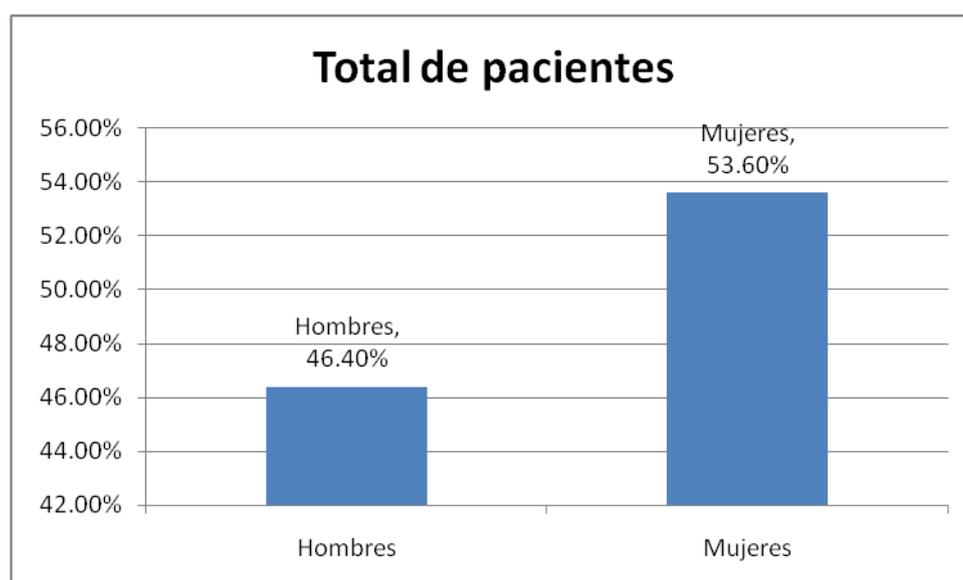
En todo momento se guarda el anonimato de los pacientes incluidos, y debido a que el estudio no influyó en el manejo de los pacientes no se requirió de consentimiento informado para su inclusión.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Hubo limitación en el número de pacientes incluidos en el estudio debido a falta de disponibilidad de los mismos hacia el protocolo. Y no se pueden generalizar los resultados debido a que se realiza en una población delimitada.

RESULTADOS

Se evaluaron un grupo de 15 pacientes de los cuales 7 (46.6%) correspondieron al sexo masculino y 8 (53.4%) al sexo femenino. Las edades de los participantes oscilaron entre los 12 a 17 años con un promedio de 15.2 años. Con respecto a peso con una variabilidad de 88 -121 Kg con media de 106 Kg. El (IMC) promedio de 39.7 Kg/m² con desviación de 33.3 a 47.8 Kg/m². Existen diferencias entre la edad, IMC y talla entre los participantes. Se considero los valores basales y máximos, el patrón ventilatorio (FR, VC y VE). En condiciones basales la presión arterial sistólica se mantuvo en rangos para grupo etáreo a excepción de dos pacientes los cuales su IMC superaba 40 Kg/m². Se evaluó la presión arterial sistólica máxima alcanzada entre los sujetos de estudio y con una variabilidad importante entre los mismos y como era de esperarse mientras menor sea el IMC, menor son las cifras reportadas de presión sistólica. Esto no se corrobora con lo mencionado en la literatura internacional. El VO₂ al finalizar el test fue más alto en los pacientes con mayor IMC. No se observa cambios en la saturación de los participantes. Lo que se corrobora en este estudio es una disminución en la capacidad de ejercicio ya que ningún paciente termino la prueba y en promedio lograron alcanzar hasta la etapa 8 del protocolo de Luis Séres esto es independiente de talla y peso.



DISCUSION

Al iniciar el esfuerzo, los pacientes obesos presentan unos valores de FC, PAS, VO₂ elevados, demostrando que desde el inicio del ejercicio presentan un consumo energético mayor, posiblemente destinado a mover un cuerpo mucho más pesado²². Los pacientes obesos, andando a una velocidad de 2,5 km/h y con una pendiente muy ligera, gastan ya el 58% de su máximo VO₂. Para estos pacientes, un simple paseo requiere un coste metabólico mucho mayor que para los sujetos de peso normal.

Aunque la mayoría de los autores está de acuerdo con la limitación al esfuerzo por parte de los sujetos obesos, persisten las discrepancias al valorar su capacidad cardiopulmonar. En unos casos ha sido considerada como normal^{23,24} y en otros como alterada²⁵. En este estudio no fue posible confirmar o descartar esto último ya que no existen estudios previos con niños. Lo que se puede observar en este estudio es que los pacientes con mayor edad muestran datos similares a lo reportado en adultos, mas no así en los pacientes con menor edad. Esto probable se deba a un menor volumen pulmonar, por lo que es necesario contar con estudios en niños y sobre todo en población mexicana.

CONCLUSIONES

La obesidad es un flagelo que cada vez se incrementa mas en el mundo incluyendo países pobres que nunca consideraron este como un problema de salud pública. En Colombia este problema cada vez se acrecienta sobre todo en niños y adolescentes.

Como alternativas de control de la obesidad se propone incentivar esta población a la realización de actividad física y una dieta adecuada que corresponda a su condición de crecimiento y desarrollo además de su gasto calórico. Se debe propender por mantener un equilibrio en el consumo; la ingesta calórico a través de la alimentación debe ser equivalente al gasto.

El ejercicio como alternativa de reducción de peso no es muy eficiente si no está acompañada por dieta. El organismo es ahorrador de energía y requiere de mucho esfuerzo para que haya un gasto sustancial de calorías. Los niños no estarían en capacidad de realizar ejercicios con demandas altas de esfuerzos, para gastar calorías pues su madurez fisiológica no se lo permite, por consiguiente el acompañamiento de una alimentación adecuada puede facilitar la pérdida de peso graso.

La pérdida de masa grasa a través del ejercicio solo se consigue a través del ejercicio aeróbico con intensidades bajas y medias. Por esto se recomienda que el ejercicio se realice en tiempo mayor a los 90 minutos y a intensidades bajas que no sobrepasen el 65% del VO₂ máximo. Como las condiciones físicas del niño dificultan el realizar ejercicio en estas condiciones se recomienda gradualidad en la prescripción del ejercicio y que se respete las limitaciones metabólicas y cardiorespiratorias para realizar ejercicios bajo estas circunstancias.

BIBLIOGRAFIA

- 1.** Brandon F, Dumortier M, Garandeau P, Mercier J, Brun JF
Effects of a two-month rehabilitation program on substrate utilization during exercise en obese adolescents
Diabetes and metabolism 2003; 29: 20-27
- 2.** Inselman LS, Mila NA, Deurlbo A,
Effect of obesity on pulmonary function in children
Pediatric Pulmonology 1993; 16: 130-137
- 3.** Geiger R, A Strasak, B. Tremil, K Gasser, A. Kleinsasser V. Fisher y cols
Six minute walk test in children and adolescents
The Journal of Pediatrics 2007; 150: 395-399
- 4.** Zanconato S, Banardi E, Santuz P., Rigon F., Vido L. , Da Dalt L. , F. Zacchello
Gas Exchange during exercise in obese children
European Journal of Pediatrics 1989; 148: 7. 614-617
- 5.** World Heart Organization
Obesidad y sobrepeso. Nota descriptiva No. 311. Septiembre 2005
Dirección de Internet: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/index.html>
- 6.** Bustamante LCP.
Obesidad y actividad física en niños y adolescentes
Universidad San Buenaventura 1998: 1-17
- 7.** Rudolf MCJ, Sahota P, Barth JH, Walker J.
Increasing prevalence of obesity in primary school children: cohort study.
BMJ. 2001; 322; 1094-1095.
- 8.** Wang Y & Lobstein T
Worldwide trends in childhood overweight and obesity.
Int Journal of Pediatric Obesity. 2006; 1: 11-25.
- 9.** Séres Luis;
OBESITY, 2006; 14, 2: 273-276
- 10.** Li AM, Chang D, Wong E
The effects of obesity on pulmonary function
Arch Disease Child 2003; 88: 361–363
- 11.** Ebbeling CB, Pawlak DB, Ludwig DS. Childhood
Obesity: public health crisis, common sense cure.
Lancet 2002; 360: 473–482.

- 12.** Del Rio BE, Velázquez O, Sánchez C, Lara A, Berber-A, et al.
The high prevalence of overweight and obesity in Mexican children.
Obes res 2004; 12: 215-233.
- 13.** NAGESWARI K.S., SHARMA R., RAI KOHLI D.
Assessment of respiratory and sympathetic cardiovascular parameters in obese school children
Indian Journal Physiology Pharmacology 2007; 51, 3: 235–243
- 14.** Maffei C, Schena F, Zaffanello M, Zocante L, Schutz Y, Pinelli L.
Maximal aerobic power during running and cycling in obese and non-obese children.
Acta Paediatr 1994; 83: 113-6.
- 15.** Balke B, Ware RW.
An experimental study of physical fitness of Air Force personnel.
US Armed Force Med J 1959; 10: 675-9.
- 16.** Fletcher GF, Balady G, Froelicher VF, Hartley LH, Haskell WL, Pollok ML. Exercise Standards. A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. Circulation 1995; 91: 580-615
- 17.** Fargard R, Conway J.
Measurement of cardiac output: Fick principle using catheterization.
Eur Heart J 1990; 11(Suppl I):1-5.
- 18.** Misquita NA, Davis DC, Dobrovolny CL, Ryan AS, Dennis KE, Nicklas BJ. Applicability of maximal oxygen consumption criteria in obese, postmenopausal women.
J Women Health Gend Based Med 2001;10:879-85.
- 19.** American College of Cardiology/American Heart Association
Task Force on Assessment of Cardiovascular Procedures: Guidelines for exercise testing.
J Am Coll Cardiol 1986; 8: 725-738.
- 20.** Alijarde M, Vidal JM, Palazuelos V.
Indicaciones y técnicas actuales en la prueba de esfuerzo. Normas de Actuación Clínica en Cardiología.
Sociedad Española de Cardiología, 1996; 384-393.
- 21.** Arós F., Boraita A., Alegría E., Alonso AM.
Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en pruebas de esfuerzo
Rev Esp Cardiol 2000; 53: 1063-1094
- 22.** Salvadori A, Fanari P, Mazza P, Agosti R, Longhini E.
Work capacity and cardiopulmonary adaptation of the obese subject during exercise testing.

Chest 1992; 101: 674-9.

23. Misquita NA, Davis DC, Dobrovolny CL, Ryan AS, Dennis KE, Nicklas BJ. Applicability of maximal oxygen consumption criteria in obese, postmenopausal women.

J Women Health Gend Based Med 2001; 10: 879-85.

24. Salvadori A, Fanari P, Mazza P, Agosti R, Longhini E. Work capacity and cardiopulmonary adaptation of the obese subject during exercise testing. Chest 1992; 101: 674-9.

25. Salvadori A, Fanari P, Fontana M, Buontempi L, Saezza A, Baudo S, *et al.* Oxygen uptake and cardiac performance in obese and normal subjects during exercise. Respiration 1999; 66: 25-33

Recolección de datos

Edad
Peso
Talla
IMC
FC
FR
Saturación
Tension arterial
Consumo de O ₂ ml/min
Consumo de VCO ₂ ml/min