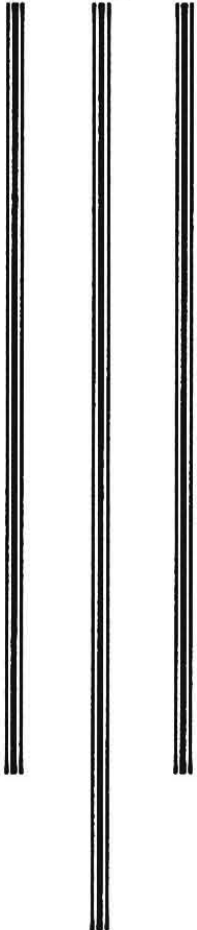




**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE MEDICINA  
 DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
 HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ**



**TESIS**

**PROGRAMA DE ACTIVIDAD FÍSICA EN  
 NIÑOS OBESOS CON BASE EN EL  
 CONSUMO DE OXÍGENO INDIVIDUAL Y  
 METS ASEGURADOS**

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

**PEDIATRÍA**

**PRESENTA:**

**ANA LAURA SERRANO SALAS**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. SALVADOR VILLALPANDO CARRIÓN**



*Salvador Villalpando Carrión*

**FEBRERO 2013**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD



HOSPITAL INFANTIL de MÉXICO  
FEDERICO GÓMEZ  
Instituto Nacional de Salud

PROTOCOLO DE TESIS PROFESIONAL

para obtener el título

PEDIATRA

Presenta :

**DRA. ANA LAURA SERRANO SALAS**

---

Dra. Rebeca Gómez-Chico Velazco  
DIRECTOR DE ENSEÑANZA Y DESARROLLO ACADÉMICO

---

Dr. Aarón Pacheco Ríos  
SUBDIRECTOR DE ENSEÑANZA

---



Dr. Salvador Villalpando Carrión  
TUTOR DE TESIS

# ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	.....	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	.....	<b>2</b>
	- IDENTIFICACIÓN DE LA OBESIDAD	.....	2
	- PRINCIPIOS DEL ACONDICIONAMIENTO FÍSICO	.....	3
	- RESPUESTA CARDIOPULMONAR AL EJERCICIO	.....	3
	- EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD FÍSICA	.....	5
	- REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS	.....	7
	<i>Energía requerida para el crecimiento</i>		
	<i>Influencia de la actividad física en los requerimientos calóricos diarios.</i>		
	- ACTIVIDAD HORMONAL Y EJERCICIO	.....	8
<b>III.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	.....	<b>9</b>
<b>IV.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	.....	<b>9</b>
<b>V.</b>	<b>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b>	.....	<b>10</b>
<b>VI.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	.....	<b>10</b>

<b>VII. HIPÓTESIS</b>	.....	<b>10</b>
<b>VIII. VARIABLES</b>	.....	<b>10</b>
<b>IX. MATERIAL Y MÉTODO</b>	.....	<b>11</b>
- <b>INTERVENCIÓN</b>	.....	11
- <b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	.....	11
<b>Índice de masa corporal (IMC)</b>		
- <b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>	.....	12
<b>Programa de actividad física</b>		
2.1 Evaluación inicial de la capacidad física		
2.2 Cálculo de VO2 Máx		
2.3 Cálculo de METS		
2.4 Cálculo de requerimientos energéticos		
2.5 Método para la prescripción de la actividad física		
<i>2.5.1 Tiempo de actividad física recomendada</i>		
2.5.1 a) Cálculo de FC máx		
2.5.1 b) Cálculo de FC 60		
2.5.1 c) Cálculo de METS individuales		
2.5.1 d) Cálculo del gasto calórico		
<i>2.5.2 Intensidad de la actividad física</i>		
2.6 Cálculo de z-score		

<b>X.</b>	<b>RESULTADOS</b>	.....	<b>15</b>
<b>XI.</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	.....	<b>20</b>
<b>XII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	.....	<b>22</b>
<b>XIII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	.....	<b>24</b>
<b>XIV.</b>	<b>ANEXOS</b>	.....	<b>25</b>

## INTRODUCCIÓN

La obesidad infantil se ha convertido en un problema de salud a nivel mundial. Su prevención e identificación de manera temprana, puede disminuir los factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares.

La intervención en la actividad física en niños, aunado a la disminución de la ingesta calórica, así como a la educación alimentaria en escuelas y hogares, han sido de gran éxito a nivel mundial para el tratamiento del paciente obeso.

## EPIDEMIOLOGÍA

Durante las últimas décadas, la prevalencia de obesidad infantil entre los 6 y 17 años se ha triplicado.<sup>1</sup> Las enfermedades relacionadas a la obesidad, generalmente aparecen durante la vida adulta; sin embargo, recientemente se han diagnosticado en la adolescencia e incluso en la infancia, lo cual conlleva a una esperanza de vida menor en los pacientes pediátricos, respecto a sus padres.

Este grupo de enfermedades son parte del síndrome metabólico que incluye factores de riesgo específicos para el desarrollo de alteraciones cardiovasculares: hipertensión arterial, dislipidemia, hiperglucemia o resistencia a la insulina y obesidad.

Los adolescentes con sobrepeso tienen 70% de probabilidad de continuar con éste o de presentar obesidad en la vida adulta. La obesidad en los padres es también un factor de riesgo: si uno es obeso hay 50% de probabilidad de que el niño padezca dicha enfermedad, y ésta aumenta hasta un 80% si ambos padres la padecen<sup>2</sup>.

## MARCO TEÓRICO

### IDENTIFICACIÓN DE LA OBESIDAD

En un estudio retrospectivo de revisión realizado por O'Brian et.al., se encontró que sólo la mitad de los pacientes pediátricos con obesidad eran identificados por el médico. Específicamente, los índices más bajos de identificación ocurrían en menores de 5 años.

Derivado de lo anterior, el **índice de masa corporal (IMC)** deberá ser calculado en cada visita al médico. Para niños menores de 2 años no hay una norma estandarizada para los valores de IMC, pero se considera que aquellos valores de peso y talla por arriba del percentil 95 pueden catalogarse como pacientes obesos. Aunque los pacientes se encuentren entre el percentil 5 y 84, considerándose de bajo riesgo, deberá evaluarse la historia familiar en presencia de enfermedades cardiovasculares, diabetes u obesidad, así como las condiciones de actividad física.

Anteriormente, el IMC entre los percentiles 85 y 94 era considerado como "riesgo de obesidad"; en la actualidad, se considera sobrepeso. Estos términos eran confusos tanto para los familiares como para los padres, lo cual complicaba el monitoreo de estos pacientes, por lo que ahora un IMC por arriba del percentil 95 es considerado OBESIDAD y requiere de intervención<sup>3</sup>.

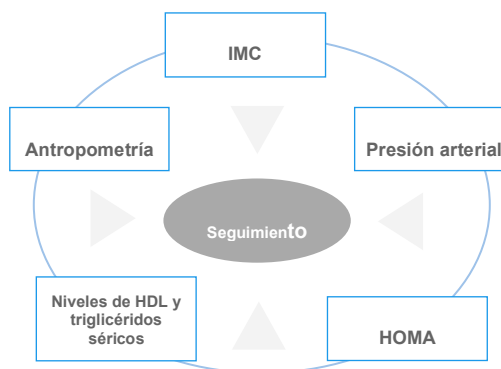
Freedman y cols., encontraron que un IMC mayor a 99% en los niños, se asociaba a un aumento en los factores de riesgo y a la persistencia de obesidad en la vida adulta.

La presión arterial (PA) es otro parámetro que deberá ser identificado en cada visita al médico en todos los niños de 3 años en adelante. El tamaño del mango con el que se hará la medición es de suma importancia, ya que es fácil que se presenten "falsos negativos", el cual debe cubrir por lo menos el 40% de la circunferencia del brazo. El National Heart, Lung and Blood Institute ha actualizado las tablas que definen los niveles de presión sanguínea elevados, de acuerdo a la edad, sexo, y percentil de peso.

En los niños con un IMC entre los percentiles 85 y 94 que tienen factores de riesgo adicionales, identificados en la historia clínica o en el examen físico, deberán determinarse niveles de glucosa sérica, química sanguínea, y pruebas de función hepática, incluyendo un perfil lipídico.

En niños con IMC por encima del percentil 95, deberán realizarse los exámenes mencionados sin importar los factores de riesgo asociados. Un perfil tiroideo como examen inicial no está recomendado<sup>4</sup>.

Tanto en adultos como en adolescentes, se ha observado que un alto nivel de acondicionamiento físico es inversamente proporcional al desarrollo del síndrome metabólico, siempre y cuando se logre una reducción del IMC. El seguimiento de estos pacientes se lleva a cabo con antropometría (medición de la circunferencia de cintura, peso, talla), cálculo de IMC, presión arterial media, HOMA (índice de resistencia a la insulina) y la medición de niveles de HDL y triglicéridos séricos.





## **PRINCIPIOS DEL ACONDICIONAMIENTO FÍSICO**

Los pacientes pediátricos son una población difícil en el manejo del acondicionamiento físico, debido a que implica no solamente el aspecto nutricional y el ejercicio físico, sino también el entorno (influencia de familiares, amigos y maestros) y la educación al respecto. Normalmente, los niños realizan pocas actividades físicas o sólo aquellas relacionadas con el juego, puesto que se conoce poco sobre los valores normales de resistencia aeróbica, así como del acondicionamiento deportivo neuromuscular, y se subestima su capacidad para el trabajo físico, lo cual conlleva a la sobreprotección y por lo tanto reducción del mismo<sup>5,6</sup>.

Las pruebas de ejercicio físico son una herramienta útil y sencilla en el manejo de los pacientes pediátricos. Se pueden utilizar para determinar la necesidad de ayuda médica o de intervenciones quirúrgicas. La medición de la capacidad física y otras respuestas fisiológicas al ejercicio, nos arrojan información acerca del estado cardiovascular, pulmones y músculos periféricos.

El acondicionamiento físico se define como la habilidad para desarrollar una actividad física<sup>6</sup>. El entrenamiento relacionado con la salud se utiliza para indicar una actividad física que promueve un buen estado de salud y bienestar, en lugar de acondicionamiento, que se realiza específicamente para el desempeño de la actividad que se enfoque.

El entrenamiento para rendimiento se realiza para desarrollar velocidad, potencia, tiempo de reacción, coordinación y agilidad, diseñado para mejorar la habilidad en el deporte.

El entrenamiento y la actividad física relacionada con la salud comprenden:

1. Fuerza muscular
2. Resistencia muscular
3. Resistencia aeróbica
4. Flexibilidad
5. Composición corporal

## **RESPUESTA CARDIOPULMONAR AL EJERCICIO Y TIPOS DE ENTRENAMIENTO RECOMENDADOS**

Durante el ejercicio, la frecuencia cardíaca (FC) se eleva hasta un punto máximo definido como frecuencia cardíaca pico o máxima (FCm). En niños sanos, la FCm se aumenta aproximadamente 200+/-10 latidos en las pruebas de caminata y 195+/-10 durante un ciclo de prueba ergométrica. Al terminar el ejercicio, la FC regresa a niveles normales. La recuperación de la FC está influenciada por la actividad vagal autonómica, el IMC y la capacidad aeróbica. Diversos estudios han demostrado una disminución de la FC más rápida en niños<sup>7,8</sup>.

El volumen sistólico (VS) en los niños es menor durante el ejercicio máximo, comparado con los adultos, por lo que con el ejercicio físico moderado se aumenta el VS, pero el incremento en el gasto cardíaco (GC) durante el ejercicio intenso es regulado por el incremento en la FC, disminuyendo el GC y

compensado parcialmente con diferencias arteriovenosas de oxígeno más prolongadas, con una disminución en el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2m</sub>).

La FC es un parámetro que durante años se ha utilizado en la prescripción de ejercicio físico, en donde la fórmula de Karnoven recomienda el aumento en la intensidad del ejercicio hasta que cierta cifra de FC es alcanzada<sup>9</sup>, siendo:

$$FC \text{ recomendada} = (FCm - FC_{\text{reposo}}) \times \text{intensidad de ejercicio recomendada} + FC_{\text{reposo}}$$

En donde:

FCm: frecuencia cardiaca máxima predicha por la fórmula 220-edad en años

FC<sub>reposo</sub>: valor mínimo de FC medido en descanso, por la mañana el día de la prueba a realizar

Intensidad de ejercicio recomendada: porcentaje de la máxima intensidad del ejercicio predicha

La fórmula previa se utiliza cuando se requiere de la recomendación de una frecuencia cardiaca máxima y de intensidad de ejercicio máximo que debe realizar un sujeto; sin embargo, este tipo de prescripción de ejercicio se utiliza sobretodo en adultos.

El entrenamiento de resistencia es aquél que requiere la contracción de la musculatura en contra de una fuerza opuesta, generada por algún tipo de resistencia, por ejemplo levantamiento de pesas, barras, o peso libre (entrenamiento de peso).

El entrenamiento de fuerza es cualquier tipo de acondicionamiento que se utilice para incrementar la fuerza física.

En la revisión de varios artículos, en donde se observa la efectividad de un entrenamiento de resistencia progresivo relacionado con la maduración del paciente (niños y adolescentes),<sup>10</sup> se menciona que es poca la influencia de la pubertad (como etapa de la vida) en la fuerza de entrenamiento, y se recomienda utilizar escalas de maduración ósea para determinar de manera celular y molecular los cambios que a esta edad pudieran tener efecto sobre la fuerza de entrenamiento. Sin embargo, se encontró que a pesar de la edad, los niños son capaces de aumentar la fuerza muscular, por lo que implementar programas de entrenamiento con fuerza está recomendado en la etapa postpuberal, de acuerdo a la National Strength and Conditioning Association, y además, se postula que no hay un mínimo de edad para iniciar la actividad física de resistencia, siempre y cuando el paciente se encuentre física y mentalmente capaz de cumplir las instrucciones del entrenador.

El entrenamiento de resistencia mejora la composición corporal, previene lesiones, y mejora el nivel de lípidos. Se ha analizado en diversos estudios la fuerza muscular basada en el peso seco, la cual previo a la pubertad se incrementa en ambos sexos (entre los 11 y 12 años, el promedio de fuerza es 90% menor en

mujeres que en hombres, entre los 13 y 14 años, esto disminuye al 80%, y entre los 15 y 16 años a 75%.) Estas investigaciones han permitido elaborar los principios del acondicionamiento físico.

El ejercicio aeróbico ha demostrado disminuir el IMC y por lo tanto, mejora del síndrome metabólico<sup>11</sup>.

Por otro lado, diversos estudios prospectivos - controlados, refieren que la fuerza y resistencia musculares mejoran durante la infancia, si se prescriben actividades físicas que impliquen repeticiones de ejercicios con un peso moderado. Estas pruebas solo han sido realizadas con actividades que requieren aplicar pesos de 0.9 a 4.5kg en la parte superior (fuerza pectoral) y en extremidades inferiores (fuerza en cuádriceps)<sup>12</sup>.

## **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD FÍSICA Y DEL CONSUMO DE OXÍGENO**

El estado cardiorrespiratorio puede ser medido de manera objetiva, o con pruebas de laboratorio precisas, las cuales proveen un valor específico y una medida exacta. Sin embargo, las pruebas de laboratorio tienen ciertas desventajas, entre ellas, la necesidad de instrumentos sofisticados, técnicos, tiempo y costos elevados. La facilidad y el costo - beneficio de las pruebas de ejercicio aeróbico en campo, son una mejor opción, debido a que son fáciles de administrar, eficientes, realizadas en corto tiempo y pueden realizarse a varios sujetos al mismo tiempo, son seguros, utilizando el mínimo equipo posible, y son de bajo costo.

La prueba de caminata por 6 minutos es reconocida a nivel internacional como una prueba para determinar la capacidad física de un individuo. Inicialmente, se aplicaba a pacientes con problemas respiratorios obstructivos crónicos, debido a que este problema provocaba la disminución de su nivel de actividad física por la disnea, condicionando a su vez un círculo vicioso que empeoraba su condición física, aumentando la disnea con actividades físicas leves. La pérdida de masa muscular, debido a la inflamación sistémica empeora este fenómeno<sup>13</sup>.

La prueba consiste en realizar caminata rápida por 6 minutos, tomando inicialmente la FC y la  $SO_2$ ; al final de la prueba se realizan nuevamente estas mediciones incluyendo la distancia recorrida durante dicho tiempo. Se requiere el mínimo de equipo, el cual incluye al corredor, un área despejada, un cronómetro y un pulsioxímetro.

Las pruebas de resistencia evalúan la cinética del consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) y la transición de éste cuando el paciente pasa del reposo a la realización de ejercicios, ya sea de baja, moderada o alta intensidad, de tal forma que se correlaciona con el nivel de entrenamiento del paciente.

Al realizar un análisis de los gases respiratorios, deberán medirse de manera continua la ventilación (VE), el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) y la producción de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ). El  $VO_{2m}$  es el consumo de oxígeno máximo durante cierta actividad física realizada, relacionando distancia y ml de  $O_2$  consumido durante la actividad (ml/min); el  $VO_2$  relativo determina el consumo de oxígeno de acuerdo al peso y al tiempo (ml/kg/min).

Entre varios estudios realizados sobre pruebas de aptitud física: carrera de 20min, correr/caminar 1 milla, 1/2 milla y ¼ de milla, a partir de las cuales pudieron determinarse valores percentiles sobre VO2 de acuerdo a edad y sexo, siendo las más utilizadas en niños y adolescentes en los programas EUROFIT, FITNESS-GRAM, the Australian Fitness Education Award y the President’s Challenge: The Health Fitness Test<sup>14</sup>.

El **VO2m** es el estándar de oro para la medición de la capacidad aeróbica; está determinado por el rango máximo de transporte de oxígeno desde los pulmones hasta los músculos, y puede estar limitado por el VS, la FC o la extracción del tejido. Los valores normales de VO2m en niños y adolescentes están graficados en tablas de percentiles por edad y sexo<sup>15</sup>. Fig 1.

**FIGURA 1.** Valores estimados y desviación estándar del consumo de oxígeno (VO2) de acuerdo a edad, sexo y percentil específico para una actividad aeróbica determinada.

PRUEBA FÍSICA	SEXO	6-7años	8-9años	10-11años	12-13años	14-15años	16-17años
<b>Carrera de 20 metros por etapas</b>	Niñas	2.3±1	2.9±1.2	3.4±1.8	4.3±1.9	4.2±2.0	3.9±1.7
	Niños	2.6±1.4	3.6±1.8	4.1±1.9	5.5±2-2	6.7±2.5	6.6±2.5
<b>Caminata 400 metros</b>	Niñas	2.5±0.4	2.5±0.5	2.4±0.7	2.2±0.7	2.1±0.5	2.2±0.5
	Niños	2.4±0.4	2.3±0.5	2.3±0.5	1.8±0.4	1.7±0.4	1.6±0.4
<b>Caminata 800 metros</b>	Niñas	5.4±0.7	5.6±1.3	5.3±1	4.9±1.3	4.9±1.1	4.9±1.0
	Niños	5.2±1	5.0±1	4.8±1	4.2±0.8	3.9±0.9	3.6±0.8
<b>Caminata 1600 metros</b>	Niñas	11.5±2	12.0±1.9	11.5±2.2	11.1±2.7	11.0±2.2	10.9±1.9
	Niños	11.0±1.6	10.7±2.1	10.5±2.2	9.4±2.0	8.8±2.1	8.1±1.5

El umbral ventilatorio aeróbico (VAT) es otro parámetro importante para la capacidad física. Está definido como el punto (minuto exacto) en el cual la ventilación aumenta de manera desproporcionada de acuerdo al VO2, ocurriendo usualmente entre 50-70% del VO2m. El VAT refleja el punto en el cual inicia el metabolismo anaeróbico, por lo cual aumenta la demanda de O2, causando descompensación, aumento del metabolismo de los músculos ejercitados y de la producción de ácido láctico.

Un MET es una unidad de trabajo expresada en ml/kg/min. De tal forma que:

$$VO2_{\text{máx}} = \frac{\text{distancia} - 504}{45}$$

$$1\text{MET} = 3.5\text{mlO}_2$$

Existen muchas diferencias fisiológicas entre los niños y los adultos en respuesta al ejercicio. Durante el crecimiento, los niños tienen un aumento en el metabolismo anaeróbico más que en el metabolismo aeróbico. Cuando los niños incrementan el trabajo físico, el aumento del VO2 es más rápido que en los adultos (cinética del consumo de oxígeno), lo cual puede deberse a que tienen mayor capacidad para la entrega de oxígeno y para la utilización de éste a nivel muscular.

Un parámetro importante obtenido durante las pruebas de ejercicio es la curva VR/VCO<sub>2</sub>, obtenida por regresión lineal de la ventilación y la exhalación del dióxido de carbono, los cuales se pueden medir continuamente durante el ejercicio. Otro parámetro obtenido durante las pruebas de ejercicio es la curva de consumo de oxígeno efectivo (OUES por sus siglas en inglés). Esta curva representa el rango de incremento de VO<sub>2</sub> en respuesta a una VE dada durante el aumento de la actividad, indicando qué tan efectivo es la extracción y entrega de oxígeno al cuerpo. La OUES está determinada por la relación lineal de VO<sub>2</sub> (eje de las y) contra el logaritmo de VE (eje de las x) durante el ejercicio:

$$VO_2 = \log_{10} VE + b$$

en donde la OUES y b se intersecan. La transformación logarítmica de VE está dirigida a linealizar la relación curvilínea que guarda con el VO<sub>2</sub>, así la OUES o consumo de oxígeno efectivo teóricamente, es independiente del nivel del esfuerzo físico del paciente. Dicha curva es un parámetro que indica el estado de perfusión sistémico y pulmonar, lo cual explica la correlación con el VO<sub>2m</sub><sup>16,17</sup>.

Otra forma de calcular el VO<sub>2</sub> máx es mediante la fórmula de Astrand<sup>18</sup>, la cual valora por método indirecto en niños sanos el consumo de oxígeno y se espera el cálculo mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Niños: } 69.7 - (0.612 \times \text{edad})$$

$$\text{Niñas: } 44.4 - (0.343 \times \text{edad})$$

## REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS

Existen múltiples revisiones en donde se señala el requerimiento basal energético para un paciente pediátrico de una edad y sexo determinados. La publicación de Torun en 2001, señaló que podría calcularse mediante ecuaciones predictivas derivadas de estudios en donde se utilizaron varios modelos matemáticos (gráficas lineales, múltiples, polinomiales, etc.). *Anexo 1*. La estimación con menor rango de error se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Niños: } 310.2 + 63.3 \text{ kg} - 0.263 \text{ kg}^2$$

$$\text{Niñas: } 263.4 + 65.3 \text{ kg} - 0.454 \text{ kg}^2$$

#### **a) Energía requerida para el crecimiento**

La energía necesaria para el crecimiento depende de dos componentes: la energía utilizada para sintetizar tejidos en crecimiento y la energía depositada en esos tejidos en forma de grasa y proteínas, ya que los carbohidratos contenidos en estos tejidos es mínima. La energía utilizada en la síntesis es parte del requerimiento energético calculado por el método anterior, por lo tanto, solo la energía depositada en estos tejidos se añadió a la fórmula para calcular los requerimientos en estos niños.

El requerimiento de energía para el metabolismo basal se realizó mediante las ecuaciones de Schofield, 1985, utilizando la media de peso para cada año de edad. En los reportes de 1981, se utilizaba el cálculo de requerimientos calóricos en niños menores de 10 años, de acuerdo a la ingesta dietética, y en aquellos mayores de 10 años se realizó con estimación por factores y el gasto energético, adoptado por la OMS en 1985. En la actualidad, se utilizan los valores de Torun 2001 ya que, comparado con las estimaciones previas, los niños tienen en promedio un requerimiento menor en 18% y las niñas del 20% (menores de 7 años), y 12% y 5% menos, respectivamente, niños y niñas de 7 a 10 años de edad. Para aquellos de 12 años en adelante, los requerimientos propuestos son en promedio, 12% mayores para ambos sexos.

#### **b) Influencia de la actividad física en los requerimientos energéticos**

Los requerimientos energéticos varían con el nivel de actividad física habitual. Los niños y adolescentes de los estudios realizados para tomar valores de referencia, tenían actividades físicas promedio, y en algunos casos moderadas, no sedentarios. Los niños y adolescentes que habitan en medio rural, tiene un estilo de vida con mayores actividades, respecto a aquellos que habitan en medio urbano.

El estudio Torun 2001, estimó un promedio basado en coeficientes de variación, de las recomendaciones para aumentar o reducir en 15% el requerimiento de los grupos control que son menos o más activos que el promedio, tomando en cuenta desde los 6 años de edad. *Anexo 1.*

### **ACTIVIDAD HORMONAL Y EJERCICIO**

En los niños, el crecimiento y la maduración intervienen alterando de manera positiva o negativa los efectos de un entrenamiento físico.

Se conoce poco sobre el impacto que tiene la edad y la maduración en el entrenamiento durante la infancia y la adolescencia. Sin embargo, se ha documentado que las hormonas anabólicas tienen influencia, aumentando sobre todo durante la pubertad.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las intervenciones para reducir la obesidad en niños, a nivel mundial, han sido de poco éxito, y es que se requieren de modificaciones decididas en el estilo de vida, lo que resulta difícil para la mayoría de los pacientes con esta enfermedad, así como para sus familias. En general, estas intervenciones son las que mejores resultados a corto plazo han tenido.

En México ya se han iniciado diversos programas para disminuir la prevalencia de sobrepeso y obesidad en los niños. Sin embargo, a pesar de ello, en las dos últimas encuestas nacionales de salud y nutrición, la prevalencia de sobrepeso y obesidad lejos de disminuir, ha incrementado.

La experiencia mundial en el tratamiento de la obesidad infantil indican que las intervenciones deberán incluir de manera simultánea modificaciones en los hábitos de alimentación, incremento de la actividad física, disminución del sedentarismo, autogestión y autoevaluación del sujeto intervenido, y finalmente, involucro y compromiso de la familia. Se ha visto también, que considerar las condiciones del entorno comunitario puede ayudar a una mayor trascendencia sobre este aspecto, de tal forma que al incluir también a maestros, compañeros, vecinos, etc., será factible incorporar los aspectos culturales que harán a las intervenciones más apropiadas y específicas para cada población.

A nivel mundial, no se cuenta con un programa de actividad física establecido de manera oficial, como aquél que debe seguirse en los pacientes obesos. Se han señalado que los entrenamientos de resistencia, combinados con fuerza, podrían ser los que mejores resultados han arrojado, aunque en pequeñas poblaciones de estudio. Otros autores, mencionan que alternar entrenamientos aeróbicos y anaeróbicos, podrían ser de gran beneficio en esta población para la reducción rápida del índice de masa corporal. Por lo tanto, es necesario el desarrollo e implementación de un nuevo programa de actividad física en el niño obeso que demuestre su eficacia y sea reproducible para la reducción de la obesidad.

## **JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

No se encuentra en la literatura un programa de actividad física desarrollado para la población infantil obesa, de acuerdo al consumo de oxígeno, kilocalorías requeridas, resistencia aeróbica y acondicionamiento deportivo neuromuscular.

La disminución del IMC impacta en el riesgo de futuras complicaciones cardiovasculares, ya que la función cardíaca es subestimada en niños, habiendo pocos estudios que mencionan el daño a corto plazo sobre el sistema cardiovascular de los niños obesos.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuáles son los beneficios de un programa de actividad física individualizado sobre el IMC y la capacidad funcional de niños obesos?

## **OBJETIVOS**

- Analizar las diferentes variables que se toman en cuenta para implementar un programa de actividad física: edad, peso, consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) y umbral ventilatorio aeróbico (VAT).
- Determinar la prueba de ejercicio físico más adecuada para la utilización de las variables antes mencionadas.
- Correlacionar la reducción del índice de masa corporal y la mejoría de la capacidad funcional con un programa de actividad física individualizado que mantiene mets de manera constante.

## **HIPÓTESIS**

Los pacientes obesos que se someten a un programa de actividad física individualizado y de manera rutinaria durante seis meses, disminuyen su índice de masa corporal y mejoran su capacidad funcional.

## **VARIABLES**

- Variable dependiente o de desenlace: IMC (índice de masa corporal) definido como peso entre talla elevada al cuadrado.
- Variable independiente: programa de actividad física.
- Variables confusoras: sexo, edad (expresada en años) y peso (expresado en kg).

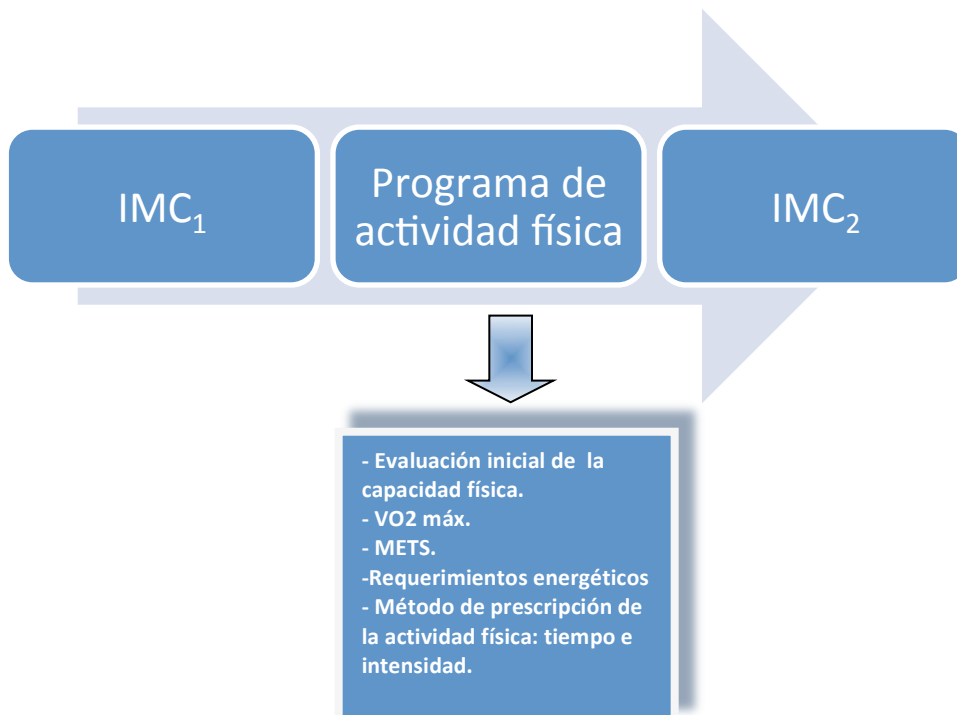


## MATERIAL Y MÉTODO

Es un estudio cuasiexperimental con una duración de 6 meses, en donde se reunieron 44 pacientes de forma aleatoria, de edades entre 6 y 17 años, con el diagnóstico de obesidad.

### INTERVENCIÓN

Los 44 pacientes fueron sometidos a un programa de actividad física, determinado de acuerdo al consumo de oxígeno y METS individualizados. Se ajustaron los requerimientos calóricos y la actividad física a realizar, de acuerdo a las visitas mensuales de control de peso.



- **VARIABLE DEPENDIENTE**

1. Índice de masa corporal

El índice de masa corporal, se midió al principio (IMC<sub>1</sub>) y al final (IMC<sub>2</sub>) de la intervención. Para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$IMC = \frac{\text{Peso}}{\text{Talla}^2}$$

- **VARIABLES INDEPENDIENTES**

2. Programa de actividad física

Para construir un programa de actividad física individualizado, se determinaron los siguientes parámetros:

### **2.1. Evaluación inicial de la capacidad física**

Para la evaluación inicial, se sugirió a los participantes abstenerse de ejercicios extenuantes 48 hrs previas a la prueba. Se realizó la prueba de caminata de 6 minutos, la cual consistió en solicitar a los pacientes que completaran este tiempo lo más rápido posible y permitiendo la caminata lenta, en caso de que la caminata rápida no fuera tolerada. Las pruebas se realizaron en un trayecto de 200 metros en patios y áreas libres dentro del hospital. Se registró el tiempo en que se completó la distancia, así como la FC, la saturación de oxígeno (SO<sub>2</sub>), y la distancia caminada durante los 6 minutos.

### **2.2. Cálculo de VO<sub>2</sub>máx**

Para el cálculo del consumo de oxígeno máximo durante la actividad física (VO<sub>2</sub>máx), se utilizó la fórmula, siendo (d) la distancia en metros:

$$VO_2máx = \frac{d - 405}{45}$$

### **2.3. Cálculo de METS**

Siendo los METS unidades de trabajo, se calcularon con base en el consumo de oxígeno máximo obtenido durante la prueba, con la siguiente fórmula:

$$METS = \frac{VO_2máx}{3.5}$$

### **2.4. Cálculo de requerimientos energéticos**

Se tomaron los valores de referencia de acuerdo a la publicación de Torun 2001, en donde se incluye el tipo de actividad física (leve, moderada, severa) que debe indicarse a un paciente de acuerdo a edad, sexo, kilocalorías de la dieta que consume e IMC actual.

## 2.5. Método para prescripción de la actividad física

### 2.5.1 Tiempo de actividad física recomendada

El tiempo de actividad se obtuvo con las fórmulas de VO2máx y METS individualizados, argumentando de esta manera el gasto de energía (expresado en kilocalorías) necesaria para mantener un balance entre la ingesta calórica y la actividad física diarias. Para la determinación del tiempo estimado de actividad física diaria, se utilizaron la frecuencia cardiaca máxima (FCmáx), la frecuencia cardiaca al 60% (FC60), los METS y el VO2máx, con el fin de obtener el gasto calórico aproximado de cada paciente durante un minuto de ejercicio.

#### 2.5.1 a) Cálculo de FCmáx:

Para el cálculo de la frecuencia cardiaca máxima se utilizó la fórmula de Karnoven, de esta manera, se determinó la intensidad de ejercicio máximo que debe realizar un sujeto, mediante una constante, y la edad del paciente en años.

$$FCmáx = 220 - edad$$

#### 2.5.1 b) Cálculo de FC60:

La FC60 o frecuencia cardiaca al 60%, se obtuvo para asegurar que la FC a la que se llevaría al paciente con el programa de actividad física no tuviera riesgos sobre la salud, y fuera únicamente una actividad de acondicionamiento físico. Se calculó de la siguiente manera:

$$FC60 = FCmáx(0.6)$$

#### 2.5.1.c) Cálculo de METS individuales:

Tomando en cuenta que 1 MET equivale a 3.5ml de O2 consumidos, de manera individual se calcularon los METS de acuerdo al VO2máx consumido durante la prueba inicial, con la siguiente fórmula:

$$METS = \frac{VO2máx}{3.5}$$

#### 2.5.1.d) Cálculo del gasto calórico:

El gasto calórico (GC) es la energía necesaria para realizar una actividad física, expresado en kilocalorías, en este caso, determinado durante un tiempo preciso (un minuto). Con el cálculo del GC se estimó el tiempo de actividad física que debía realizar el paciente para quemar las kilocalorías. Se obtuvo mediante los METS individuales, el peso, y la constante 200, que se refiere a la distancia, con la siguiente fórmula:

$$GC = \frac{[METS(3.5)(peso)]}{200}$$

## 2.5.2 Intensidad de la actividad física.

La intensidad de actividad física recomendada se determinó con base en las kilocalorías consumidas al día, dadas por un recordatorio de alimentos durante la consulta mensual de control de los pacientes, ajustando dichas kilocalorías de acuerdo a las recomendaciones de Torun 2001.

Con cada cita mensual se determinaba el grado de intensidad de ejercicio a realizar para las cuatro próximas semanas.

Se incluyeron actividades que implicaban ejercicio aeróbico, fuerza y resistencia muscular recomendados por las asociaciones antes mencionadas. Estas actividades se clasificaron de la siguiente manera:

- Actividad física leve: caminata ligera, ejercicios de elasticidad, trabajo dentro del hogar.
- Actividad física moderada: caminata rápida, clases de aeróbicos, bailar, saltar la cuerda.
- Actividad física intensa: escaladora o subir escaleras por el tiempo determinado a una velocidad constante, jugar algún deporte por el tiempo estimado para cada paciente (volleyball, trotar o correr, football).

Posteriormente, se organizaron todos los datos en tablas del programa EXCEL, dando el seguimiento mensual para cada paciente, de la siguiente manera:

DATOS DEL PACIENTE			MEDICIONES BASALES Y REQUERIMIENTOS POR EDAD Y SEXO										
# PAC	SEXO	EDAD	PESO (kg)	TALLA (m)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	FC (x')	FR (x')	TA (mmHg)	SAT (%)	DIETA(KCAL)	DIETA TORUN (Kcal)	ACTIVIDAD REQUERIDA	KCAL META
27	M	12A8M	73.2	1.526	31.43	86	20	116/78	97	2300	2175	LEVE	125

MEDICIONES POST PRUEBA 6 MINUTOS					CÁLCULOS INDIVIDUALIZADOS POSTPRUEBA FÍSICA				
DISTANCIA(m)	FR (x')	SAT (%)	FC60(x')	FC máx (x')	FCmáx (%)	METS (mlkgmin)	GASTO CALÓRICO (kcal/min)	TIEMPO EJECUCIÓN (min)	VO2Neto (mlO2)
700	29	93	124	207.33	57.9	9.92	12.71	10.327	4.35

## 2.6 Cálculo de z score

Se empleó el valor de z-score para el IMC, ya que es una prueba estadística recomendada por la OMS desde la década de los 80, y existen diversas publicaciones sobre su uso, mediante la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{x_1 - X}{DE}$$

En donde:

X<sub>1</sub> = medida observada.

X = mediana de la población de referencia.

DE = desviación estándar.

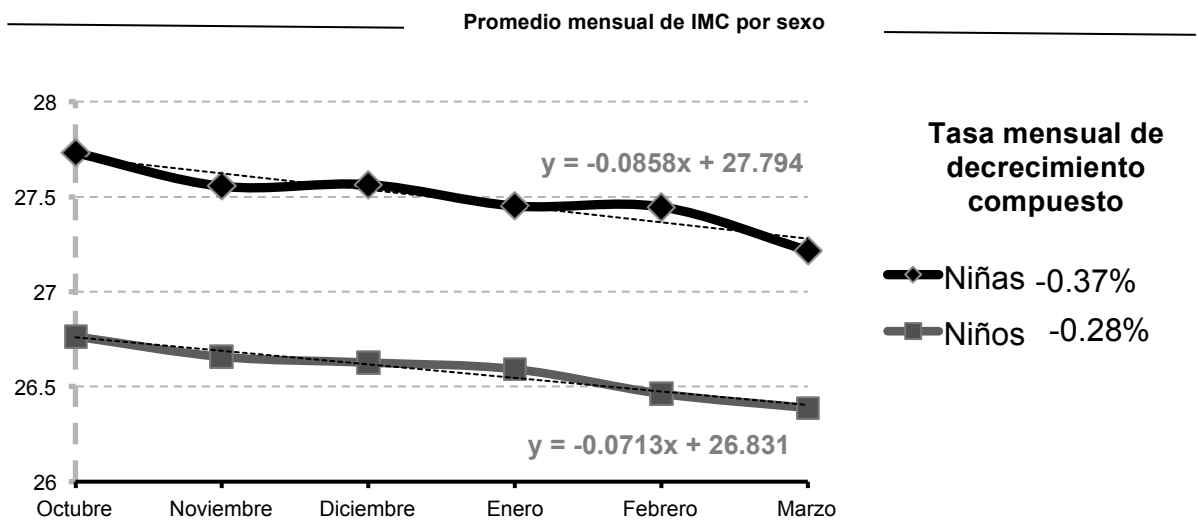
## RESULTADOS

El total de la muestra fue de 44 pacientes, de los cuales 25 eran del sexo masculino, y 19 del sexo femenino. Se dio seguimiento a lo largo de 6 meses, ajustando los requerimientos calóricos de acuerdo al tipo de actividad física y tiempo recomendados.

La prueba inicial de capacidad física (prueba de los 6 minutos) fue de gran utilidad para determinar tanto el umbral ventilatorio, como la FC máx, y el VO2 máx. Así, el programa de actividad física era individualizado para cada paciente de acuerdo al gasto calórico, para una FC determinada, es decir, se llevó al 60% de esfuerzo máximo (FC60), para asegurar un ejercicio físico adecuado y sin riesgos para la salud del paciente.

Del monitoreo a los 44 pacientes durante este tiempo, y con visitas mensuales, se obtuvo la siguiente información:

**GRÁFICA 1. Distribución del cambio de IMC a lo largo del seguimiento, ordenados de acuerdo a sexo.**



En la gráfica 1 de promedio mensual de IMC por sexo, se observa que en ambos grupos se redujo el índice de masa corporal, siendo que en el grupo de las niñas se obtuvo una tasa mensual de decrecimiento compuesto -0.37%; mientras que en el caso de los niños, la tasa observada alcanzó -0.28%, lo cual representa que las niñas tienen una disminución más lenta del IMC.

Se muestra una tendencia en ambos grupos a continuar la reducción del IMC, lo cual se explica mediante la pendiente de la ecuación de la recta de tendencia, siendo para ambos negativa (Niñas: -0.08 y Niños: -0.07).

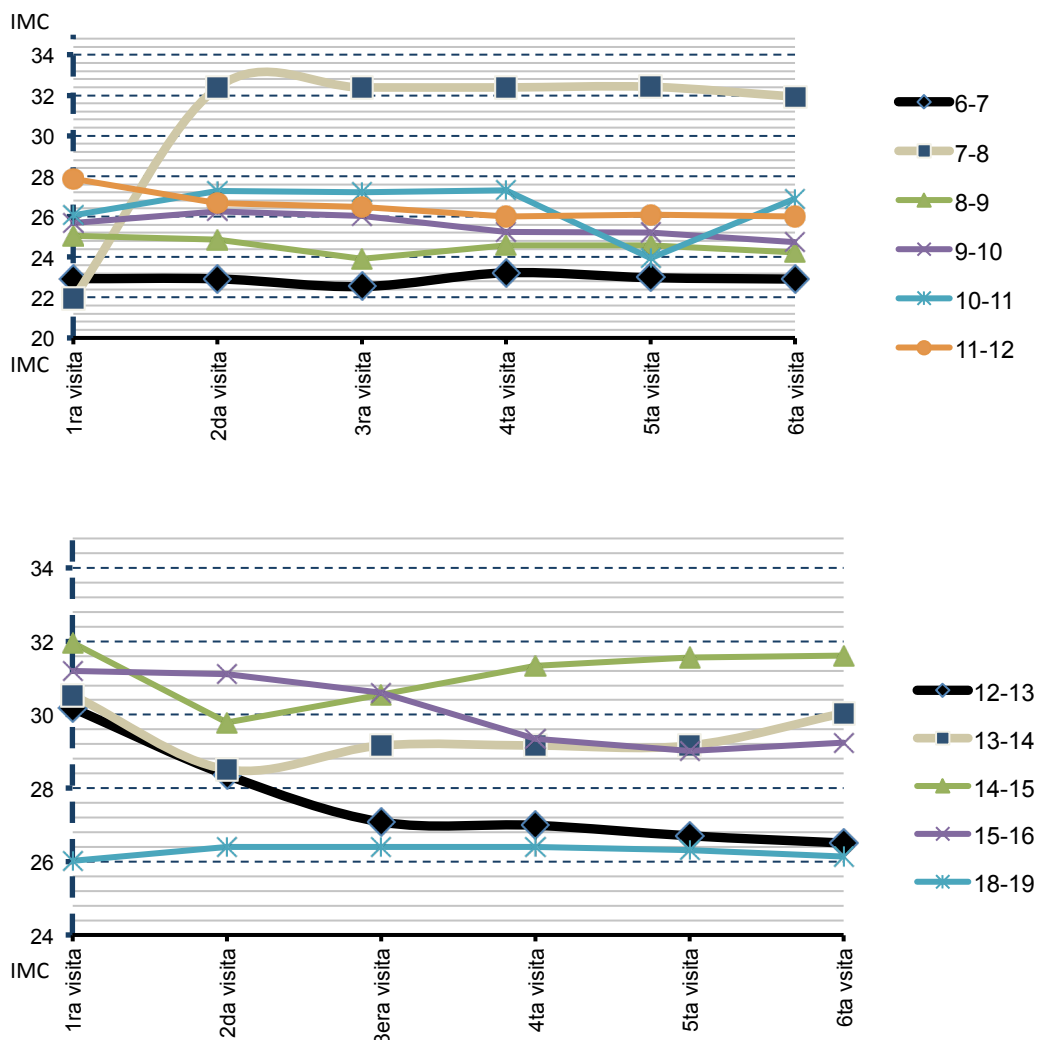
<b>Tabla 1. Promedio mensual de IMC total de los pacientes de acuerdo al mes de consulta</b>	
<b>NÚMERO DE VISITA</b>	<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>1ra visita</b>	27.18
<b>2da visita</b>	27.04
<b>3ra visita</b>	27.03
<b>4ta visita</b>	26.96
<b>5ta visita</b>	26.16
<b>6ta visita</b>	26.75

En la Tabla 1 se observa que el decremento de IMC mensual fue gradual, y aunque en la 6ta visita hubo un aumento del IMC respecto a la quinta visita, el resultado final de las medianas demuestra la reducción del IMC al final del programa de actividad física.

Cuando se separó al grupo de estudio, clasificándolos por edad y sexo, se observó que más del 90% de los rangos de edad tuvieron disminución del IMC; solo los 2 de ellos, presentaron aumentos en IMC (rangos de 7-8 y 18-19 años). Gráfica 2.

El rango de edad que presentó una mayor reducción del IMC de manera constante, fue el de 12-13 años, cuya tasa a la que redujo el IMC fue -2.564%. El rango de edad que menor reducción del IMC mostró fue el de 6-7 años, con una tasa de reducción de -0.009%, como se muestra en la gráfica 2.

**GRÁFICA 2. Distribución de cambios de IMC a lo largo del seguimiento, distribuidos por grupos de edad.**



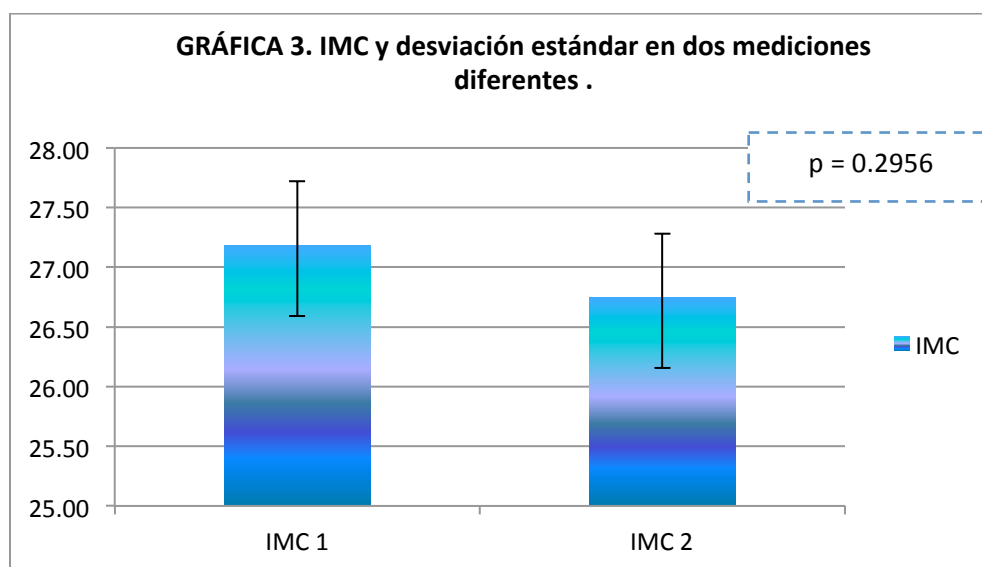
Para el análisis del comportamiento del IMC en cada uno de los 44 pacientes, fue necesario registrar su IMC en dos mediciones, obteniendo la mediana y la desviación estándar para cada una de las mediciones:  $IMC_1$  e  $IMC_2$ , como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 2. Promedios de IMC y desviación estándar en dos mediciones**

	$IMC_1$	$IMC_2$
	Medición 1	Medición 2
<b>PROMEDIO</b>	<b>27.1± 3.82</b>	<b>26.7±3.69</b>

$p = 0.2956$

En la Tabla 2, se comparan la medición 1, correspondiente al mes de Octubre de 2011 que inició el programa de actividad física; y la medición 2, que corresponde al mes de Marzo de 2012 que finalizó el programa. La representación gráfica de la disminución del IMC y la desviación estándar durante la segunda medición se muestra a continuación en la Gráfica 2:



Esta gráfica de barras, además de mostrar la reducción del IMC en la segunda medición, respecto a la primera, podemos observar que la desviación estándar en dicha medición es menor (3.82 v.s. 3.69), lo cual, si se ubicara en una gráfica de distribución normal, señalaría que en la segunda medición, el grupo de observación se acerca más a la media de IMC, de acuerdo a los valores normales esperados para edad y sexo.

n= 44	IMC <sub>1</sub>	IMC <sub>2</sub>
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27.18	26.74
zScoreIMC	3.01±3.8	2.52±3.6

En la tabla 3 observamos mediante medianas, la reducción del IMC en la medición final, así como la disminución del valor de Z-Score IMC, lo cual implica que mientras más nos acerquemos a la media, el programa de actividad física funciona para disminuir de manera gradual el IMC.

En cuanto al consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>), el promedio de VO<sub>2</sub> neto fue mayor en los pacientes del sexo masculino; siendo el consumo de oxígeno mayor en el grupo de edad entre 10 y 12 años, como se muestra en la tabla 4, lo cual es relevante para la relación que existe entre el mayor consumo de oxígeno y la reducción del IMC señalado anteriormente para dicho grupo de edad. Sin embargo, la muestra es reducida, por lo cual no podemos darle un significado estadístico.



**TABLA 4. Promedio del consumo de oxígeno neto por grupo de edad**

Edad (años)	n= 44	VO2 (l/min)
6-7	1	0.760
7-8	1	3.244
8-9	5	1.271
9-10	8	3.961
10-11	9	4.570
11-12	9	4.450
12-13	4	3.771
13-14	2	3.924
14-15	3	2.472
15-16	1	6.356
18-19	1	0.200

Dentro de las pruebas realizadas para el consumo de oxígeno individualizado, en 5 pacientes se efectuó una prueba final de medición de VO2 (medición 2) mediante la prueba de capacidad física de 6 minutos, y se comparó con la medición inicial de VO2 (medición 1), a continuación en la Tabla 5.

**TABLA 5. Promedios mensuales de VO2 máx y METS durante dos mediciones**

	Medición 1	Medición 2
	n=5	n=5
VO2m (mlkgmin)	5.978	8.1333
METS (mlO2)	5.362	14.142

p = 0.0173

En la comparación de ambas pruebas, se encontró que hubo un aumento en el VO2 en la segunda medición (Marzo 2012), al término del programa de actividad física, lo cual documenta que al mejorar la capacidad física del individuo, la reducción del IMC será mayor, demostrada como un mayor consumo de oxígeno durante una actividad física, y a la vez, mayor trabajo, evidenciado con aumento en los METS al final de este estudio. Sin embargo, el valor de p no es estadísticamente significativo.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos durante el monitoreo de los 44 pacientes a lo largo de 6 meses, se plasmaron en tablas y gráficas en el programa EXCEL, obteniendo media, mediana y desviación estándar de estos datos, así como el cálculo de z-score.

Para el análisis de resultados del IMC, se empleó la prueba T de student, calculada también mediante el programa mencionado.

Dicha prueba mostró que la probabilidad asociada con el valor T es 0.2956. Ya que el valor de p no es menor de 0.05, no podemos decir que la reducción del índice de masa corporal durante este periodo de tiempo, sea estadísticamente significativa; sin embargo, si consideramos que el periodo de tiempo de observación es corto, y que la reducción del IMC se documentó mediante dos mediciones (al principio y al final del programa), podemos suponer que al llevar a cabo un seguimiento del programa de actividad física por un mayor tiempo, la reducción del IMC podría ser significativa.

La mediana de zscoreIMC obtenida a partir de la medición 1 ( $3.01 \pm 3.8$ ) fue mayor respecto a la medición 2 ( $2.52 \pm 3.6$ ), de tal forma que nos acercamos a la media en la curva de distribución normal. Aunque la reducción del IMC con el programa de actividad física fue pequeña, ésta se conservó y fue suficiente para acercarnos cada vez más al IMC esperado para la edad y sexo del paciente. Sin embargo, estadísticamente no fue significativo, de acuerdo al valor de p.

Mediante las tablas de IMC por grupo de edad, a lo largo de los 6 meses, se observó que los coeficientes de variación se modifican con la edad, siendo que el grupo de edad que mayor reducción del IMC tuvo fue entre los 10 y los 13 años. Coincidiendo de manera importante con el aumento del consumo de oxígeno durante la actividad física en este mismo grupo de edad.

Los resultados de las gráficas obtenidas al registrar el promedio del IMC a lo largo del periodo de estudio, permitió documentar el decremento gradual de éste, que en cierta forma es adecuado para la salud del paciente; sin embargo, cuando se separaron los resultados de estos promedios por grupos de edad, observamos que en el grupo de 6-7años tuvieron un aumento en el IMC, para lo cual la única explicación evidente fue la falta de seguimiento al programa de actividad física.

Debido a que es una muestra pequeña de estudio, no se puede decir que el grupo de pacientes entre 6-7años de edad, tenga una tendencia a una menor reducción del IMC, o bien, que el grupo de 10-12años de edad, tenga una mayor reducción del IMC, de manera estadísticamente significativa, siendo el valor de p mayor a 0.05.

A pesar de que el consumo de oxígeno y los METS solo fueron medidos por segunda ocasión en 5 pacientes del total de la muestra (44 pacientes), se obtuvieron resultados benéficos, demostrados con el aumento del promedio de consumo de oxígeno y METS en la prueba final. Sin embargo, el valor de p, no fue menor a 0.05, por lo que estadísticamente, no es significativo el cambio. Lo anterior puede relacionarse a la pequeña muestra que se utilizó para realizar la prueba.

Por otro lado, con base en el  $VO_2$  se puede inferir que el desarrollo de una capacidad física adecuada, ayuda a disminuir el IMC de manera gradual, probablemente, aumentando el consumo de

oxígeno a nivel celular, mayor trabajo en un menor tiempo de actividad física, y por lo tanto de gran beneficio para el acondicionamiento físico del paciente.

Dentro de las condiciones para ingresar a este programa, se encontraba la ausencia de otras enfermedades asociadas, excluyendo a pacientes con asma, alergias, o alguna otra enfermedad concomitante; y mentales como la disponibilidad del paciente y los familiares, así como asegurarnos de la absoluta comprensión de los involucrados para la realización del tipo de actividad física, el tiempo y el espacio que debían ocupar, por lo que en pacientes menores a 6 años, sería muy poco probable que dieran un adecuado seguimiento, lo cual explica, que en este rango de edad se llevó a cabo la menor reducción del IMC. Además, la muestra de este grupo de edad fue de solo 2 pacientes al final del estudio.

El apego del paciente al programa de actividad física solo pudo ser valorado con cada consulta de manera verbal y registrada en el expediente que se llevó de manera individual, de tal forma que en 6 pacientes (13.6%) se documentó fracaso terapéutico (3 = 50%) y falta de apego (3 = 50%).

En 4 pacientes (9%) se registró falta por dos meses, específicamente los meses de diciembre y enero, argumentando solo de manera verbal como motivo de ausencia el periodo vacacional.

Ningún paciente fue dado de baja del programa de actividad física por cuestiones de salud; no hubo ningún evento adverso registrado durante el seguimiento de los pacientes, y solo un paciente cumplió la mayoría de edad durante el periodo de observación.

## CONCLUSIONES

El cálculo de valores predictivos para el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx) y otros parámetros, se puede llevar a cabo mediante fórmulas validadas, ya sea de manera directa o indirecta, como se realizó en este estudio. Los valores obtenidos dependerán de las características del individuo, tales como sexo, edad e IMC, por lo que deberán ser ajustados de acuerdo a la actividad física realizada y la capacidad funcional individual.

Cuando los niños incrementan el trabajo físico, el aumento del VO<sub>2</sub> es más rápido que en los adultos (cinética del consumo de oxígeno), lo cual puede deberse a que tienen mayor capacidad para la entrega de oxígeno y para la utilización de éste a nivel muscular, por lo que a mayor VO<sub>2</sub> durante una actividad física, ésta es mejor aprovechada, y menor será el metabolismo anaerobio secundario al exceso de actividad.

Con base en lo anterior, los programas de entrenamiento anisométrico, seguidos de contracciones isométricas, han demostrado ser de mayor eficacia para el incremento de la fuerza, aunque hay estudios que reportan que la aplicación de ejercicios con un peso libre mínimo, no causan ninguna repercusión en el crecimiento o desarrollo del paciente pediátrico.

La edad y maduración del paciente influyen de manera importante en el entrenamiento, pues la fuerza muscular se incrementa de manera proporcional a la edad y la maduración. Puede ser que la influencia de las hormonas sexuales, obvia durante la pubertad, tenga alguna relación con una pérdida de peso y aumento de talla de manera más pronunciada que en otra etapa de la vida, reflejándose en el decremento del IMC. En este estudio, se evidenció que el periodo de edad entre 10 y 13 años, en ambos sexos, obtuvo una mayor reducción del IMC, por lo que a pesar de que en promedio el total de la población observada disminuyó su IMC, en este grupo de edad en específico podrían correlacionarse los factores hormonales, de crecimiento y maduración.

Está comprobado mediante correlación de coeficientes que la intervención sobre los programas de entrenamiento debe ser de manera prolongada y progresiva, debido a que se observa una mejoría en los niveles de IMC, sobre todo en los niños, durante las primeras semanas, ya que son capaces de desarrollar fuerza muscular y desarrollo neurológico durante esta etapa del entrenamiento. Es posible que estos cambios involucren cambios estructurales como la hipertrofia muscular, la cual de manera controversial ha sido discusión de varios autores en edades muy tempranas de maduración.

Aunque se ha visto que los ejercicios aeróbicos disminuyen el IMC, los programas de actividad física que son por un largo período de tiempo e incluyen sesiones de fuerza muscular y resistencia, combinados con ejercicio aeróbico, intensificándose de manera gradual, han demostrado ser los de mayor beneficio en la reducción del IMC.

La falta de apego, apoyo de familiares, y el periodo vacacional, se asociaron a la pérdida seguimiento en algunos pacientes, de acuerdo al interrogatorio dirigido, y esto tuvo gran efecto sobre el resultado, ya que en algunos casos se documentó fracaso terapéutico y falla a las consultas por uno o dos meses.

El éxito de cualquier programa de actividad física en la edad pediátrica, dependerá no solo de elegir el mejor tipo de actividad con base en el consumo de oxígeno, la edad, sexo y kilocalorías de la dieta, sino también de los factores sociales agregados, como son el apoyo familiar, educacional, la presencia o no de otras alteraciones a nivel físico y mental (trastornos de depresión y ansiedad). Así que el apoyo y evaluación constante de la situación del paciente en todos estos niveles, será de gran importancia para la obtención de resultados benéficos para la salud física y emocional de cada paciente.

De tal forma que, el paciente obeso, debe ser visto de manera integral. El abordaje de la enfermedad desde etapas tempranas, evitará el desarrollo de las enfermedades concomitantes a este padecimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- <sup>1,2</sup> Zappalla, F. Childhood obesity and future cardiac risk: what should physicians be looking for? *Ped Health* 2010 4 (3) 255-265.
- <sup>3,4</sup> Expert Committee recommendations regarding the prevention assessment and treatment of child and adolescent overweight and obesity: summary report (2007).
- <sup>5,6</sup> Hinkle S, Principles of conditioning, Research starters, 2008.
- <sup>7</sup> Singh T. et.al. "Determinants of heart rate recovery following exercise in children". *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2008. 40 (4): 601-605.
- <sup>8</sup> Stroescu C, et.al. The contribution of exercise testing in the prescription and outcome evaluation of exercise training in pulmonary rehabilitation. *J of Clin Med*, 2012; 7(1): 80-86
- <sup>9</sup> Tanaka H. Blood pressure and cardiovascular autonomic function in healthy children and adolescents". *Journal of Pediatrics*, 2000. 137 (1): 63-67
- <sup>10</sup> Behringer M, et.al. Effects of resistance training in children and adolescents: A Meta-analysis. *Pediatrics* 2010; 236 (5): 1199-1210
- <sup>11</sup> DuBose K. et al. "Aerobic Fitness Attenuates the Metabolic Syndrome Score in Normal-Weight, at Risk of Overweight, and Overweight Children". *Pediatrics* 2007; 120: 1262-68.
- <sup>12</sup> Faigenbaum A, Westcott W, et al. "The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children". *Pediatrics* 1999; 104: 1-5.
- <sup>13</sup> Stroescu C, et.al. The contribution of exercise testing in the prescription and outcome evaluation of exercise training in pulmonary rehabilitation. *J of Clin Med*, 2012; 7(1): 80-86
- <sup>14</sup> Castro-Piñero J. et.al. "Percentile values for aerobic performance running/walking field tests in children aged 6 to 17 years; influence of weight status". *Nutr Hosp*. 2011;26(3):572-578.
- <sup>15</sup> Piñeiro J, et.al. Percentile values for aerobic performance running/walking field tests in children aged 6 to 17 years; influence of weight status. *Nutr Hosp*. 2011; 26(3): 572-78.
- <sup>16</sup> Baba R. Nagashima Y., "Role of the oxygen uptake efficiency slope in evaluating exercise tolerance". *Archives of Disease in Childhood*. 1999, 81(1): 73-75
- <sup>17</sup> Marinov B. Kostianev S., "Exercise performance and oxygen uptake efficiency slope in obese children performing standardized exercise", *Acta Physiologica et Pharmacologica Bulgarica*". 2007 . 27(2-3): 59-64
- <sup>18</sup> Gandía, Martínez et.al. "Valoración del método indirecto para cálculo de VO<sub>2</sub> máx con tablas de Astrand en niños sanos" *Vitoria Gaster*. 1989: 1-6.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Actividad física y requerimientos energéticos. TORUN 2001.

Requerimientos energéticos en NIÑOS con tres niveles de intensidad de actividad física

Edad años	Peso kg	Actividad física LEVE					Actividad física MODERADA					Actividad física INTENSA				
		Requerimiento energético diario				PAL	Requerimiento energético diario				PAL	Requerimiento energético diario				PAL
		MJ/d	kcal/d	kJ/kg/d	kcal/kg/d		MJ/d	kcal/d	kJ/kg/d	kcal/kg/d		MJ/d	kcal/d	kJ/kg/d	kcal/kg/d	
1-2	11.5						4.0	950	345	82	1.45					
2-3	13.5						4.7	1 125	350	84	1.45					
3-4	15.7						5.2	1 250	335	80	1.45					
4-5	17.7						5.7	1 350	320	77	1.50					
5-6	19.7						6.1	1 475	310	74	1.55					
6-7	21.7	5.6	1 350	260	62	1.30	6.6	1 575	305	73	1.55	7.6	1 800	350	84	1.80
7-8	24.0	6.0	1 450	250	60	1.35	7.1	1 700	295	71	1.60	8.2	1 950	340	81	1.85
8-9	26.7	6.5	1 550	245	59	1.40	7.7	1 825	285	69	1.65	8.8	2 100	330	79	1.90
9-10	29.7	7.0	1 675	235	56	1.40	8.3	1 975	280	67	1.65	9.5	2 275	320	76	1.90
10-11	33.3	7.7	1 825	230	55	1.45	9.0	2 150	270	65	1.70	10.4	2 475	310	74	1.95
11-12	37.5	8.3	2 000	220	53	1.50	9.8	2 350	260	62	1.75	11.3	2 700	300	72	2.00
12-13	42.3	9.1	2 175	215	51	1.55	10.7	2 550	250	60	1.80	12.3	2 925	290	69	2.05
13-14	47.8	9.8	2 350	205	49	1.55	11.6	2 775	240	58	1.80	13.3	3 175	275	66	2.05
14-15	53.8	10.6	2 550	200	48	1.60	12.5	3 000	235	56	1.85	14.4	3 450	270	65	2.15
15-16	59.5	11.3	2 700	190	45	1.60	13.3	3 175	225	53	1.85	15.3	3 650	260	62	2.15
16-17	64.4	11.8	2 825	185	44	1.55	13.9	3 325	215	52	1.85	16.0	3 825	245	59	2.15
17-18	67.8	12.1	2 900	180	43	1.55	14.3	3 400	210	50	1.85	16.4	3 925	240	57	2.15

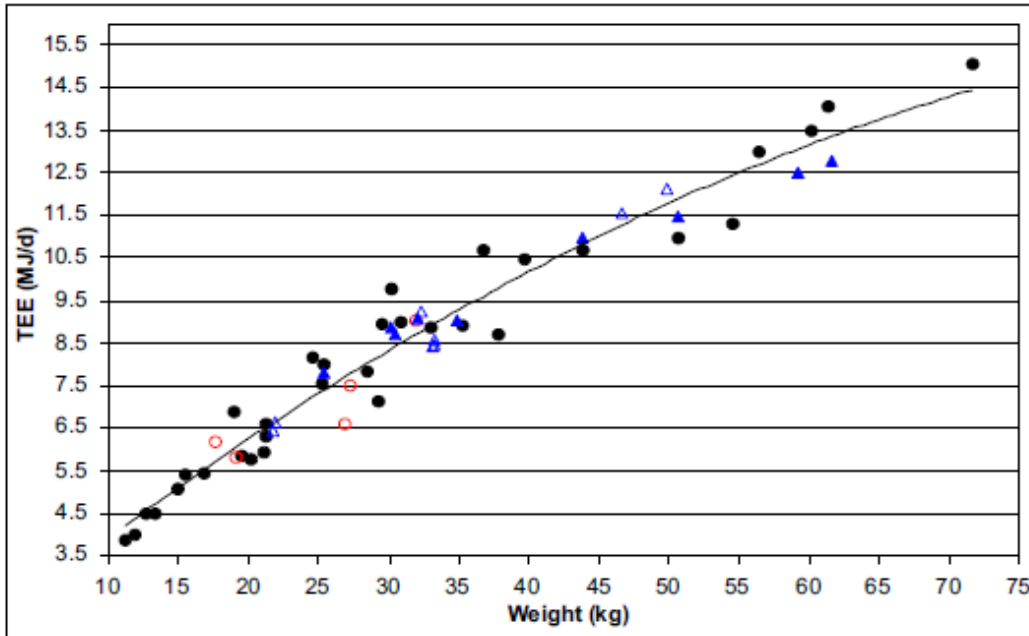
Requerimientos energéticos en NIÑAS con tres niveles de intensidad de actividad física

EDAD (años)	Peso (kg)	Actividad física LEVE					Actividad física MODERADA					Actividad física INTENSA				
		Requerimiento energético diario				PAL	Requerimiento energético diario				PAL	Requerimiento energético diario				PAL
		MJ/d	kcal/d	kJ/kg/d	kcal/kg/d		MJ/d	kcal/d	kJ/kg/d	kcal/kg/d		MJ/d	kcal/d	kJ/kg/d	kcal/kg/d	
1-2	10.8						3.6	850	335	80	1.40					
2-3	13.0						4.4	1 050	335	81	1.40					
3-4	15.1						4.8	1 150	320	77	1.45					
4-5	16.8						5.2	1 250	310	74	1.50					
5-6	18.6						5.6	1 325	300	72	1.55					
6-7	20.6	5.1	1 225	245	59	1.30	6.0	1 425	290	69	1.55	6.9	1 650	335	80	1.80
7-8	23.3	5.5	1 325	235	57	1.35	6.5	1 550	280	67	1.60	7.5	1 775	320	77	1.85
8-9	26.6	6.0	1 450	225	54	1.40	7.1	1 700	265	64	1.65	8.2	1 950	305	73	1.90
9-10	30.5	6.6	1 575	215	52	1.40	7.7	1 850	255	61	1.65	8.9	2 125	295	70	1.90
10-11	34.7	7.1	1 700	205	49	1.45	8.4	2 000	240	58	1.70	9.6	2 300	275	66	1.95
11-12	39.2	7.6	1 825	195	47	1.50	9.0	2 150	230	55	1.75	10.3	2 475	265	63	2.00
12-13	43.8	8.1	1 925	185	44	1.50	9.5	2 275	215	52	1.75	11.0	2 625	245	60	2.00
13-14	48.3	8.5	2 025	175	42	1.50	10.0	2 375	205	49	1.75	11.4	2 725	235	57	2.00
14-15	52.1	8.7	2 075	165	40	1.50	10.2	2 450	195	47	1.75	11.8	2 825	225	54	2.00
15-16	55.0	8.9	2 125	160	39	1.50	10.4	2 500	190	45	1.75	12.0	2 875	220	52	2.00
16-17	56.4	8.9	2 125	160	38	1.50	10.5	2 500	185	44	1.75	12.0	2 875	215	51	2.0
17-18	56.7	8.9	2 125	155	37	1.45	10.5	2 500	185	44	1.70	12.0	2 875	215	51	1.95

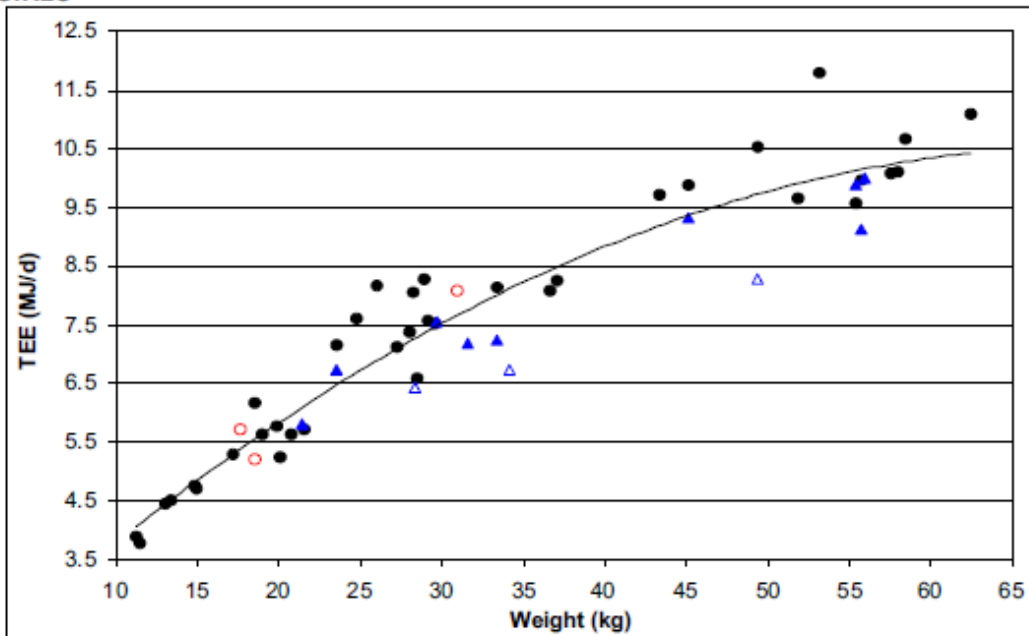
TORUN 2001, FAO ORGANIZATION. HUMAN ENERGY REQUIREMENTS.

**ANEXO 2.** Gráficas de regresión lineal que comparan el gasto energético en ambos sexos, con base en el peso. TORUN 2001

NIÑOS



NIÑAS



Boys:  $y = 1.298 + 0.265x - 0.0011x^2$ ;  $n_{\text{weighted}} = 801$ ,  $r = 0.982$ ,  $\text{see} = 0.518$ .

Girls:  $y = 1.102 + 0.273x - 0.0019x^2$ ;  $n_{\text{weighted}} = 808$ ,  $r = 0.955$ ,  $\text{see} = 0.650$ .

Solid circles: DLW, industrialized countries.

Clear circles: DLW, developing countries.

Solid triangles: HRM, industrialized countries.

Clear triangles: HRM, developing countries.

Source: Torun, 2001.