

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

**INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD
ÁREA ACADÉMICA DE NUTRICIÓN**

Comparación de la Asociación entre la Estatura y
la Masa Libre de Grasa y la Masa Grasa con el
Índice de Masa Corporal en Niños de 4 a 7 Años
de Edad.

T E S I S

Que para obtener el título de
Licenciada(o) en Nutrición

P R E S E N T A

Sandra Ixchel Ponce Castillo

Bajo la Dirección de:
Dr. Salvador Villalpando Hernández



Pachuca, Hgo. Septiembre 2008.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los catedráticos y los directivos de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por la formación académica en el ámbito de la nutrición, así como las atenciones prestadas.

Mi muy sincero agradecimiento al Dr. Salvador Villalpando Hernández por la oportunidad de integrarme a su equipo de trabajo, por la motivación y compromiso para la realización de este proyecto.

Dedico este proyecto de Tesis

A mis padres, Miguel y Mirna, quienes con su fortaleza me han ofrecido una educación, exhortándome a seguir mis planes, siempre manifestándome su amor, comprensión y paciencia. Mi admiración y respeto por ser un buen ejemplo.

A mi hermana Ana Luz, por su amistad y tolerancia que siempre me ha demostrado.

A mi familia, por el apoyo y cariño.

A mis amigos, por compartir el mismo tiempo y espacio.

A Joshua, bienvenido a mi vida.

“Un pensamiento puede ser una cosa excelente, pero la realidad principia en la acción”

Waterlinck.

ÍNDICE

Tema	Página
Índice	4
1. Resumen	7
Palabras clave	8
Summary	8
Key Words	9
2. Marco Teórico	10
2.1 Crecimiento y desarrollo de la composición corporal en niños	10
2.2 Definición de Obesidad y su diagnóstico	12
2.3 Complicaciones de la obesidad infantil	14
2.3.1 Diabetes	15
2.3.2 Hipertensión arterial	15
2.3.3 Enfermedades cardiovasculares	16
2.4 Epidemiología de la obesidad en México	19
2.5 Composición Corporal	20
2.5.1 Métodos Biofísicos para determinar la composición corporal	21
2.5.1.1 Antropometría	21
2.5.1.2 Hidrodensitometría	22
2.5.1.3 Pletismografía	22
2.5.1.4 Dilución Isotópica: Agua Corporal Total	23
2.5.1.5 Análisis de Impedancia Bioeléctrica (BIA)	24
2.5.1.6 Absorción Dual de Rayos-X de Energía (DEXA)	25

2.5.1.7 Contador de Cuerpo Entero	26
2.5.1.8 Potasio Corporal Total (PCT)	27
2.5.1.9 Acelerador de Neutrones	27
2.6 Índice de Masa Corporal	29
3. Antecedentes	31
4. Problema de investigación	36
5. Justificación	37
6. Objetivos General	38
7. Objetivos Específicos	38
8. Hipótesis	38
9. Diseño metodológico	39
9.1 Criterios de inclusión y exclusión	39
9.2 Definición de variables	40
9.3 Medición antropométrica	40
9.4 Medición de la Densidad Corporal	41
9.5 Cálculo de la Masa Grasa	43
9.6 Modelos para evaluar el ajuste de la Masa Grasa a la estatura	43
9.7. Análisis estadístico	44
10. Resultados y Discusión	45
10.1 Resultados	45
10.1.1 Modelos regresión	47
10.2 Discusión	55

11 Conclusión	57
12 Recomendaciones	58
13 Referencias bibliográficas	59
14 Anexos	64

1. RESUMEN

La obesidad es la acumulación excesiva de grasa corporal que incrementa el peso por arriba del peso saludable. La composición corporal se define como la suma de elementos que integran el cuerpo humano. El termino composición corporal se usa en varios contextos dependiendo el grado de complejidad en que se analiza la composición del cuerpo, así el modelo más simple denominado modelo de dos compartimentos, es considerado como la suma de la grasa y la masa libre de grasa. Otros modelos agregan más complejidad a los elementos medidos como el modelo de cuatro compartimentos que diferencia la masa grasa, la masa muscular, la masa ósea y el volumen circulante (Heymsfield, 1996). Para propósitos de este estudio nos referiremos a composición corporal mediante el modelo de dos compartimentos. El Índice de Masa Corporal (IMC) correlaciona el tamaño corporal, sin embargo, no tiene poder discriminatorio entre Masa Grasa (MG) y Masa Libre de Grasa (MLG). En este estudio se aplicaron métodos para determinar la composición corporal en niños de 4 a 7 años, mediante antropometría (estatura y peso) y pletismografía (densidad corporal) evaluando la posibilidad de predecir un indicador más sensible de MG y MLG referidos a la estatura y compararlo con la categorización del IMC según los criterios de International Obesity Task Force (IOTF).

Objetivo: Analizar la relación entre el tejido adiposo y MLG con la estatura aplicando los supuestos en los cuales se basó la concepción del IMC, para evaluar su uso como indicador más preciso de la adiposidad relativa.

Resultados: Estudio transversal comparativo de 320 niños, con una media de edad de 5.9 años. De acuerdo con la Clasificación de Cole 256 niños tenían IMC normal, 34 niños sobrepeso y 30 obesidad. La media de la MLG expresada de manera absoluta en kilos fue 15.4 (± 1.8), 17.2 (± 1.7) y 19.5 (± 2.2) y para MG en kilos fue 3.89 (± 1.4), 7.2 (± 2.0) y 11.6 (± 3.3) para niños con IMC normal, sobrepeso y obesidad. Se analizaron asociaciones mediante modelos de regresión lineal y cuadrática entre MLG y MG en gramos sobre talla en centímetros y al cuadrado, como variables dependientes de manera alternativa con las categorías del IMC según Clasificación de Cole, los cuales nos expresan una variabilidad cerca al 50% al ajustar la MLG con la talla, pronosticando una

clasificación errónea de la obesidad en comparación con el ajuste de la MG con un 64% de variabilidad que tiene como capacidad predecir una categorización significativa.

Conclusiones: Mediante los datos presentados en este estudio, el IMC es buen indicador de MG para evaluar obesidad, pero predice mal la medición de MLG, en los casos con proporciones muy altas o muy bajas de MLG en relación al peso corporal, es decir, cuando un niño es diagnosticado como normal según la Clasificación de Cole, el error de que se encuentre en el grado de sobrepeso es de 1.2, mientras que si es clasificado en obesidad puede que el niño tenga sobrepeso subestimando el valor del IMC. Se sugiere un modelo de regresión entre la MG y la estatura al cuadrado como la mejor manera de expresar los resultados de adiposidad.

PALABRAS CLAVE: Obesidad, Estatura, Índice de Masa Corporal, Masa Grasa, Masa Libre de Grasa, Composición Corporal, Preescolares, Indicador.

SUMMARY

Obesity it is excessive accumulation of body fat that increases the weight by above the healthy weight. Body composition is defined like the sum of elements that integrate the human body. Finish body composition is used in several contexts depend the degree of complexity in which body composition is analyzed. That the model simpler called model of two compartments, is considered as the sum of fat mass and fat free mass. Other models add more complexity to the elements measured as the model of four compartments that difference fat free, muscular mass, osea mass and circulating volume. (Heymsfield, 1996) For purpose of this study we refer to body composition by means of the model of two compartments.

Body Mass Index (BMI) correlates the corporal size, so, haven't to be able discriminatory among Mass Fat (BF) and Mass Free Fat (MFF). In this study they applied methods to determine the corporal composition in children of 4 to 7 years, by means of anthropometric (height and weight) and pletismography (body density) evaluating the possibility of predict a more sensitive indicator of MF and

MFF described to stature and to compare it with the categorization of the BMI according to the criteria of International Obesity Task Force (IOTF).

Objective: Analyse relation between adipose tissue and MFF with the stature, application supposes which based the conception of BMI, for to evaluate its use how indicator more precision of relative adipose.

Results: Comparative cross study of 320 children, with an mean of age of 5.9 years. According to Cole Classification 256 children they had BMI normal, 34 children overweight and 30 obesity. The mean of MFF aforesaid in an absolute way in kilograms was 15,4 (± 1.8), 17,2 (± 1.7) and 19,5 (± 2.2) and for MF in kilograms was 3,89 (± 1.4), 7,2 (± 2.0) and 11,6 (± 3.3) for children with BMI normal, overweight and obesity. Associations were analyzed by means of models of quadratic and lineal decline between MFF and MF in grams on size in cm and to the square, as dependent variables of way alternative with the categories of the BMI according to Cole Classification, which they express us a changeability fence to 50% upon adjusting the MFF with the size, foretelling an erroneous classification of the obesity in comparison with the adjustment of the MF with a 64% of changeability that has as capacity to predict a significant categorization.

Conclusion: By means of the data presented in this study, the BMI is good indicator of MF to evaluate obesity, but predicts badly the measurement of MFF, in the cases with very high proportions or very drops of MFF relating to body weight, when a child diagnosed normal in accordance with Cole Classification the error tha is match in overweight degree is 1.2, is classification in obesity can the child have overweight subestimated the valor of BMI. A model of decline between the MF is suggested and the stature to the square as the best way to express the results of adiposity.

KEY WORDS: Obesity, Stature, Body Mass Index, Fat Mass, Fat Free Mass, Body Weight, Childhood, Index.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Crecimiento y desarrollo de la composición corporal en niños

El crecimiento y el desarrollo son procesos donde los organismos multicelulares alcanzan su madurez. Definimos crecimiento como un proceso discontinuo que ocurre por el aumento acumulativo diario y regulación de pequeñas cantidades de masa, en función del tamaño y la masa previa, del sexo genético y la edad biológica. Mientras que desarrollo es una consecuencia de la diferenciación celular.

El ser humano cursa por diversas etapas: En la primera etapa se distinguen dos brotes de crecimiento, el primer brote abarca desde la concepción hasta los 10 o 12 años de vida extrauterina, el segundo al iniciar la etapa puberal hasta el desarrollo final. La velocidad del primer brote de crecimiento es máxima (11cm/mes) entre el cuarto y quinto mes de vida intrauterina, después de alcanzar su máximo la velocidad de crecimiento disminuye, modificándose poco o nada con el nacimiento y continua declinando en la vida extrauterina hasta llegar al brote puberal, que comienza aproximadamente a los 10 años en las mujeres y a los 12 años en los varones.

En el crecimiento extrauterino participan las hormonas como la insulina que tiene un efecto importante en los últimos meses de crecimiento fetal, las hormonas tiroideas estimulan prácticamente todo el metabolismo, su deficiencia durante la infancia determina un retraso irreversible del desarrollo del sistema nervioso central, además disminuye hasta un 50% la tasa de proliferación del cartílago de crecimiento en huesos y la osificación de éste se retrasa. Para que este cartílago crezca también es esencial la hormona hipofisaria del crecimiento, que a través de las somatomedinas promueve el depósito de fosfato en el cartílago, esta hormona además promueve la síntesis proteica en todos los tejidos.

El crecimiento es evaluado por somatometría donde se considera el peso y el tamaño corporal, así como sus incrementos a lo largo del tiempo, expresándose como incremento en gramos/kg/mes y como incremento en mm/cm/mes, tomando en cuenta la proporcionalidad de las dimensiones y la composición corporal.

La cinemática del crecimiento describe el proceso independientemente de los factores que lo determinan. Puede determinarse de varias maneras.

- a) Tamaño y tasa de cambio: el tamaño en un determinado momento depende de la masa acumulada, usando medidas como kilogramos (kg), milímetro (mm), centímetro (cm) o metro cuadrado (m²). En la tasa de cambio estas unidades son expresadas por unidad de tiempo, los gramos aumentados por mes (g/mes). Se hace referencia al tamaño que tenía el sujeto en el momento en el que se inicia el lapso durante el cual ocurre el cambio.
- b) Incremento proporcional: cambio de tamaño por unidad de tamaño, por ejemplo, gramos ganados por cada kilogramos de peso no se considera tiempo.
- c) Tasa de crecimiento: cambio de tamaño por unidad de tiempo respecto al tamaño en el momento en que se inicia el cambio mm/cm/mes.
- d) Incremento relativo de crecimiento: expresa porcentualmente el incremento de peso o de longitud dentro de un lapso determinado se toma como 100% el valor inicial dos por mes (g/mes).

El crecimiento de los diferentes tejidos, órganos aparatos y sistemas es desigual, en algunos casos el crecimiento es relativamente rápido durante los primeros años de vida, por ejemplo la tasa de crecimiento del cerebro y la cabeza y en general del sistema nervioso es muy grande en los primeros años de vida, a los 2 años de edad el tamaño del cerebro ya es del 50% con respecto al de un adulto, a los 6 años el porcentaje es del 80% al 85% otros órganos, por ejemplo el intestino delgado crecen a una tasa similar. Los órganos genitales por el contrario crecen muy lentamente durante los primeros 10 años, al cumplirse esta edad el tamaño de los genitales es de solo el 10% del tamaño de un adulto, con la pubertad se inicia una fase de crecimiento acelerado que culmina aproximadamente a los 20 años. El crecimiento de las vísceras y de los sistemas vasculares es gradual

desde el nacimiento hasta la edad adulta. El tejido linfoide alcanza su máximo crecimiento a los 11 años de vida postnatal coincidiendo en forma aproximada con la aparición de las funciones reproductivas, después decrece hasta estabilizarse al final de la pubertad. (Ramos, 1998; Caíno, 2003)

2.2 Definición de Obesidad y su diagnóstico.

La obesidad es la acumulación excesiva de grasa corporal que incrementa el peso por arriba del peso saludable. Resulta del desequilibrio positivo entre la ingestión de energía y el gasto de energía para mantener las funciones corporales, la actividad física y el crecimiento y desarrollo, que trae como consecuencia la acumulación neta de las reservas grasa en el cuerpo. Esta acumulación de grasa ha sido clasificada según su grado en sobrepeso y obesidad, el indicador más utilizado para clasificarlos es el Índice de Masa Corporal (IMC), dependiendo también de criterios de referencia internacional para establecer los puntos de corte. En los varones, la grasa corporal representa el 12-20 por ciento del peso corporal, mientras que en las mujeres, representa el 20-30 por ciento del peso corporal. (Padrón, 2002; OMS, 2007, Casanueva, 2001; Kathleen, 2000)

La obesidad puede ser clasificada con 5 criterios:

- a) Anatómico: células hiperplásicas o hipertróficas.
- b) Cuantitativo de acuerdo al Índice de Masa Corporal (IMC) = $\text{Peso}/\text{Estatura}^2$: Bajo <20, Normal 20-25, Sobrepeso > 25, Obesidad > 30, Mórbida > 40.
- c) Distributivo: Según el acumulo de grasa visceral; abdominal, andrógena o centrípeta ginecoide, periférica o centrífuga. Se utiliza en Índice cintura (medición a nivel del ombligo)/cadera (A nivel de la cresta ilíaca), con valores en hombre > 0.95 y en la mujer > 0.80.
- d) Energético de acuerdo con la actividad que realice y a la ingesta, calculándose la cantidad de Kcal/día. Los valores oscilan entre 116 y 124 kcal/día.

- e) Etiológico, considerando factores genéticos, endocrinológicos, farmacológicos, psicosociales y del medio ambiente. También asociada a la Hipertensión arterial, dislipidemias, diabetes, aterosclerosis, siendo su etiología multifactorial. (Vidal, 1994)

f)

Mientras que los criterios de mayor uso para clasificar sobrepeso y obesidad en los niños son:

- a) Criterio recomendado por el Comité Norteamericano de Expertos sobre obesidad del niño. Donde se definió como con sobrepeso a los que tienen un IMC con el percentil 85 y 95 según edad y sexo, mientras que para obesidad sobre el percentil 95 el cual fue adoptado como referencia por la del NCHS/OMS. Actualmente se encuentra en desuso.
- b) Este criterio fue más tarde adoptado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), substituyendo al criterio anterior. Este criterio define sobrepeso cuando los niños se encuentran entre una y dos desviaciones estándar del patrón antropométrico internacional (NCHS/OMS) y para obesidad cuando se encuentra más de dos desviaciones estándar por arriba de la media. Este criterio esta basado en una distribución normal de la relación peso para talla. (Amigo, 2003)
- c) El criterio más frecuentemente utilizado es el adoptado por la International Obesity Task Force (IOTF), se basa fundamentalmente en el criterio desarrollado por Tim J. Cole quien evaluó a 6 diferentes etnias del mundo (Brazil, Hong Kong, Netherlands, Singapore y Estados Unidos), tomando en cuenta las tablas percentiles diseñadas para cada país, obteniendo los puntos de corte correspondientes en cada grupo de edad de 2 a 18 años de edad y sexo proyectados al IMC de 25 y 30 kg/m² que son los que determinan sobrepeso u obesidad en el adulto, por ello también se le conoce como criterio de Cole. Este criterio es el que identificaría un menor número de niños con exceso de peso, sin embargo no se puede indicar que se trata de un criterio de menor sensibilidad porque la definición del estándar de oro o la precisión del verdadero punto de corte para definir

exceso de peso u obesidad no ha sido establecido aun. (Amigo, 2003; Osuna, 2006)

2.3 Complicaciones de la obesidad infantil

La obesidad es un trastorno nutricional que afecta a niños entre 6 y 11 años de edad y es un factor de riesgo para el desarrollo de diversas patologías. La etiología de la obesidad comprende factores modificables y no modificables, en estos últimos tanto el ambiente como la genética interaccionan de una forma compleja con las variables, comprendidas por influencias psicológicas y culturales lo mismo que mecanismos reguladores fisiológicos. Los cambios de hábitos alimentarios y la disminución de la actividad física propiciada por el sedentarismo han sido atribuidos al estilo de vida, junto con la mayor disponibilidad de alimentos, especialmente de más alta densidad de energía y a la más eficiente forma de producir y adquirir alimentos, siendo estos unos factores modificables en el estado de salud. (OMS, 2007, Casanueva, 2001; Kathleen, 2000)

Algunos factores genéticos podrían desempeñar un papel crucial actuando a nivel metabólico, manifestándose en el desequilibrio del balance energético. La obesidad consiste en un fallo crónico de equilibrar la ingestión de nutrimentos con su utilización. (Vidal, 1994; Azcona, 2005)

Las personas que sufren obesidad corren mayor riesgo de desarrollar enfermedades crónicas. Un 20% de aumento en el peso corporal incrementa sustancialmente el riesgo de hipertensión, dislipidemias, cardiopatía coronaria, y diabetes. También es un factor de riesgo para artropatía, cálculos biliares, apnea del sueño obstructiva y otros trastornos respiratorios.

La obesidad infantil aumenta el riesgo de obesidad adulta, un 30% de los casos comienza en esta etapa. El niño que es obeso después de los 6 años incrementa su probabilidad de obesidad un 25% en la adultez. Los riesgos son significativamente mayores si la madre o el padre son obesos. (Azcona, 2005)

La distribución de las grasas es útil en el pronóstico de mortalidad prematura y los riesgos de contraer enfermedades del corazón, hipertensión, diabetes tipo 2, enfermedades de la vesícula biliar y algunos tipos de cáncer. La distribución de la grasa, fundamentalmente el aumento de la grasa abdominal y visceral, son de utilidad para hacer pronósticos sobre los riesgos de la salud relacionados con la obesidad. La obesidad puede modificar la función cardíaca, el metabolismo de lípidos o la glucosa, para provocar enfermedades o que conducen a la muerte. (Moreno, 1997)

2.3.1 Diabetes

La Diabetes es una compleja y heterogénea enfermedad metabólica caracterizada por altas concentraciones de glucosa en sangre, asociadas a un deterioro de la producción de insulina (tipo 1) o de su acción (tipo 2) que resulta en una incapacidad del organismo para metabolizar adecuadamente prácticamente todos los nutrientes. El tipo de Diabetes 2 (DT2), suele presentarse en personas mayores de 30 años de edad. Por otra parte, el aumento excesivo de peso, así como el sobrepeso, son los principales factores nutricionales que aumentan el riesgo de desarrollar DT2. (Kathleen, 2000; Vidal, 1994; Crespo, 2003; Maíz, 1997)

2.3.2 Hipertensión Arterial

La Hipertensión Arterial es una enfermedad en la cual las personas que la padecen pueden no presentar síntomas durante muchos años y luego sufrir un ataque cardíaco letal. Una definición general de la hipertensión es una presión arterial sistólica de 140 mmHg (mililitros de Mercurio) o más, o una presión arterial diastólica de 90 mmHg, o bien ambas a la vez, la hipertensión se clasifica en etapas basadas en el riesgo de desarrollo de enfermedad cardiovascular. Este problema es un poco más frecuente en varones (26%) que en mujeres (22%). La adiposidad corporal por arriba de 25% en niños y 30% en niñas aumenta el riesgo de hipertensión arterial. A medida que aumenta el peso se eleva las cifras de presión arterial, siendo más evidente en menores de 40 años y mujeres. Esta comprobado que un aumento en el peso corporal de 10kg supone una diferencia

de mm de 3 mmHg en la presión sistólica y de 2,2 en la tensión arterial diastólica. En el estudio de Framingham, el cual se realizó en esta comunidad al oeste de Boston, Estados Unidos con una muestra representativa (5209 hombres y mujeres) en 1948, menciona un aumento en el peso relativo de 10% predijo un incremento en la presión arterial de 7 mmHG. (Kathleen, 2000, Maíz, 1997; Martínez, 1994)

Algunos de los cambios fisiológicos propuestos para explicar la relación entre el sobrepeso y la presión arterial son resistencia a la insulina e hiperinsulinemia, activación del sistema nervioso simpático y de renina-angiotensina y cambios físicos en el riñón, como consecuencia de cambios hemodinámicos, macrovasculares y microvasculares, causados a su vez por disfunción del endotelio vascular y el remodelado de la pared de las arteriolas de resistencia, responsables de mantener el tono vascular periférico. Estos cambios, que anteceden en el tiempo a la elevación de la presión, producen lesiones orgánicas específicas y definidas clínicamente. Se ha postulado que la obesidad podría explicar esta asociación al generar resistencia insulínica, con la consiguiente hiperinsulinemia. La insulina reduce la excreción renal de sodio y a través de ello podría expandir el volumen extracelular, aumentando el gasto cardíaco y la resistencia periférica, que son los principales componentes reguladores de la presión arterial. Además, la hiperinsulinemia aumenta el tono simpático y altera los iones intracelulares (retención de Na, Ca y alcalosis), lo que aumenta la reactividad vascular y la proliferación celular. Todo lo anterior favorece la hipertensión. A pesar de todo, es un hecho indiscutible que una de las medidas más efectivas para mejorar la hipertensión en un individuo obeso es la reducción del peso. (Kathleen, 2000, Maíz, 1997; Martínez, 1994; Onatra, 1997)

2.3.3 Enfermedades cardiovasculares

La obesidad está relacionada con la hipercolesterolemia y la cardiopatía isquémica. Las alteraciones de los lípidos y las lipoproteínas plasmáticas frecuentes en sujetos obesos son la disminución de las lipoproteínas de alta densidad (HDL) (antiaterogénicas), el incremento de ácidos grasos libres y el

aumento de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) (aterógenas). La reducción de las HDL parece relacionada con el descenso de la actividad de la lipoproteinlipasa junto con un aumento de la actividad de la lipasa hepática, con lo que estaría reducida la síntesis e incrementado del catabolismo de los HDL respectivamente, lo que favorece la hipercolesterolemia. (Kathleen, 2000, Maíz, 1997; Onatra, 1997)

Es más frecuente observar una hipertrigliceridemia, con aumento leve del colesterol total y con una notoria disminución de colesterol HDL. El incremento de triglicéridos se debe a una mayor síntesis hepática, proveniente de un aumento de la oferta de ácidos grasos libres en un estado de hiperinsulinemia por resistencia insulínica, aumenta la secreción de lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) y por ello la hipertrigliceridemia. La reducción del colesterol de HDL es explicable por la hipertrigliceridemia, ya que en estas circunstancias, y por transferencia intravascular de lípidos, las HDL reciben triglicéridos y aceleran su catabolismo a través de una mayor actividad de la lipasa hepática. Algo similar sucede con las LDL, que reciben triglicéridos y son metabolizados parcialmente por la lipasa hepática, transformándose en pequeñas y densas LDL, que tienen mayor potencial aterogénico. Estos cambios aumentan el riesgo de enfermedad cardiovascular como la cardiopatía isquémica en el individuo obeso, haciéndolo más susceptible a desarrollar aterosclerosis. Otros factores de riesgo asociados a la obesidad son hipertensión arterial y diabetes, también aumentan el riesgo de cardiopatía isquémica. La arteriosclerosis, es un proceso que comienza en la niñez y progresa lentamente durante la adolescencia; en la primera y segunda décadas de la vida aparecen bandas de grasa en la luz de las arterias (estría fibrosa), que podrán complicarse en la cuarta década, por hemorragia, trombosis o calcificación. (Maíz, 1997; Martínez, 1994; Onatra, 1997)

Gran parte del aumento de riesgo cardiovascular derivado de la obesidad central, se debe a la asociación de la misma con la hipertensión arterial y resistencia a la insulina, que se produce, por un incremento en el flujo portal de ácidos grasos libres, disminuyendo la sensibilidad del hígado a la insulina. Además, las personas obesas tienen generalmente hipertrigliceridemia y niveles bajos de HDL,

siendo la obesidad el factor de riesgo más importante para el desarrollo de diabetes. (Onatra, 1997)

La obesidad es un factor de riesgo para la litiasis biliar porque favorece la formación de bilis sobresaturada de colesterol. El sistema esquelético del organismo humano no está ideado para soportar un peso excesivo; el traumatismo prolongado que significa el sobrepeso condiciona la aparición de artrosis. (Martínez, 1994)

Las estrategias de prevención de la obesidad deben comenzar en la infancia; debido a que en los últimos años existe una mayor tendencia a la obesidad en edades jóvenes. El riesgo para las enfermedades crónicas descritas arriba se modifica sustancialmente con la corrección de la obesidad, teniendo en cuenta que en lo posible se debe evitar estimulando hábitos de vida saludable desde la edad infantil. La educación, la dieta y el ejercicio ajustados a cada persona son la base del esquema terapéutico en pacientes obesos. La educación al paciente acerca del estilo de vida y de sus complicaciones por el descontrol metabólico, deben ser individualizada a su capacidad de entender la información, para coadyuvar al tratamiento y control, evitando complicaciones desagradables que afecten su calidad de vida.

2.4 Epidemiología de la obesidad en México

Durante el levantamiento de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de 1999 y 2006, se evaluó el estado nutricional de preescolares, mediante índices antropométricos con base en las mediciones de peso, estatura y edad. Los indicadores utilizados fueron el peso esperado para la edad, estatura esperada para la edad y peso esperado para la estatura.

La prevalencia nacional de sobrepeso y obesidad de 1999, fue de 18.6%, 20.2% en niñas y 17% en niños, de 5 a 11 años de edad. (Rivera y col., 2001)

Para el 2006 en niños de 5 a 11 años, la prevalencia nacional de sobrepeso y obesidad fue de alrededor de 26% para ambos sexos, 26.8% en niñas y 25.9% en niños. La prevalencia de sobrepeso aumento progresivamente entre los 5 y 11 años de edad tanto en niños de 12.9 a 21.2%, como en niñas de 12.6 a 21.8%. La prevalencia de obesidad aumento entre las mismas edades en niños de 4.8 a 11.3%, y en niñas de 7.0 a 10.3%, en el 2006.

Entre 1999 y 2006, la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad en ambos sexos aumento un tercio, siendo mayor en la obesidad y en el sexo masculino, por lo que el incremento de la obesidad en los últimos 7 años es alarmante, es necesario aplicar medidas preventivas y estrategias de control de la obesidad principalmente en niños para evitar complicaciones posteriores en la edad adulta. (Rivera y col., 2006)

2.5 Composición Corporal

El término composición corporal se usa en varios contextos dependiendo el grado de complejidad como que se analiza la composición del cuerpo, así el modelo más simple denominado modelo de dos compartimentos es considerado como la suma de la grasa y la Masa Libre de Grasa. Otros modelos agregan más complejidad a los elementos medidos como el modelo de cuatro compartimentos que diferencia la Masa Grasa, la masa muscular, la masa ósea y el volumen circulante. Para propósitos de este estudio nos referiremos a composición corporal mediante el modelo de dos compartimentos. (Heymsfield, 1996)

También puede estudiarse desde varios niveles de organización, desde el contenido total de elementos (C, O, H, etc.), moléculas (agua, grasa) y tejidos. El cuerpo humano tiene cinco componentes principales: agua (50-70%), proteínas (12-20%), lípidos (10-30%), hidratos de carbono (1-2%) y minerales (5-10%). De acuerdo a los métodos que se utilizan para su evaluación se pueden tener modelos de dos hasta cuatro compartimentos. (William, 2002)

- Modelo de 2 compartimentos

Es un modelo que divide al cuerpo humano en: Masa Grasa (MG) y Masa Libre de Grasa (MLG), para su medición. La Masa Libre de Grasa comprende principalmente los tejidos que contienen células metabólicamente y otros componentes inertes como la masa mineral y el agua extracelular. Mientras que la Masa Grasa corresponde a la cantidad de grasa almacenada en el cuerpo, la cual no contiene agua y es metabólicamente poco inactiva. (Heymsfield, 1996)

- Modelo de 4 compartimentos

Este modelo divide al cuerpo humano en: Agua Corporal Total, Masa Grasa, Masa Ósea y Residual. El Agua Corporal Total representa un 60% del peso total, dividida en agua intracelular (34%) y agua extracelular (26%). La Masa Ósea constituye un 14% del peso total. (Heymsfield, 1996)

Al aumentar la edad disminuye el contenido de agua y proteínas en el cuerpo y aumenta el contenido de grasa en ambos sexos. En la etapa de crecimiento es notable el aumento de la estatura, al mismo tiempo que se incrementa la cantidad de grasa, de masa muscular y el volumen sanguíneo. (William, 2002)

2.5.1 Métodos Biofísicos para determinar la Composición Corporal

2.5.1.1 Antropometría

El estado de nutrición es evaluado frecuentemente por antropometría que consiste en una serie de mediciones sistematizadas que expresan las dimensiones del cuerpo humano, realizadas por personal capacitado utilizando un método estandarizado, que incluye entre otras variables la estatura, el peso, perímetros corporales y pliegues cutáneos.

La estatura es un indicador de crecimiento lineal, medida por la longitud mediante un estadímetro, con el sujeto de pie, sin zapatos, sin adornos en la cabeza ya que dificultan la medición, cerciorándose que el individuo se mantenga en posición de firmes frente al observador, de modo que los talones estén unidos a los ejes longitudinales de ambos pies y guarden entre si un ángulo de 45 grados, los brazos deben colgar libre y naturalmente a lo largo del cuerpo, la cabeza debe mantenerse de manera que el plano de Frankfort se conserve horizontal, colocará ambas manos sobre el borde inferior del maxilar inferior del explorado, ejerciendo una mínima tracción hacia arriba, la medición se realiza aproximándola a milímetros cuidando el plano de la medición. (Roche, 1996; Gibson, 1990)

El peso es tomado mediante una báscula que se debe encontrar en una superficie plana, horizontal y firme, comprobando con anterioridad su funcionamiento, teniendo al sujeto con un mínimo de ropa, sin zapatos, de preferencia en ayuno, ocupando una posición central y simétrica en la plataforma de la báscula. (Roche, 1996; Gibson, 1990)

2.5.1.2 Hidrodensitometría (Peso bajo el agua)

Este método determina el Volumen Corporal, derivando de este dato la Densidad Corporal base para el cálculo de la Masa Grasa. Debido a que el tejido magro y la grasa tienen densidades diferentes al agua, las personas con mayor volumen y menos peso tienen mayor Masa Grasa. Primero es calculado el Volumen Corporal, después la Densidad Corporal y por último el porcentaje de grasa.

El cálculo del sujeto estudiado, es pesarlo en seco expirando todo el aire posible de sus pulmones para determinar su capacidad residual pulmonar, luego es sumergida completamente en un estanque especial con agua durante algunos segundos, a determinada temperatura es pesado nuevamente bajo el agua. Para el cálculo de la Densidad Corporal se deben considerar el aire de los pulmones (Volumen Residual Pulmonar). Una vez calculada la densidad se aplican ecuaciones validadas para la determinación de Grasa Corporal Total, que consideran la densidad de la grasa corporal y de la Masa Libre de Grasa (ecuaciones de Siri y Brozek).

Esta técnica tiene una exactitud entre 3-4% para una población sana, por lo que se considera el estándar de oro para la determinación de composición corporal. Dentro de sus desventajas, encontramos que es un equipo caro, con un equipo complejo, instalaciones especiales amplias, se necesita colaboración del sujeto, que limita su aplicación en niños, subestima el porcentaje de grasa corporal de atletas y sobreestimar el porcentaje de grasa en ancianos, la fuente de error más grande es la determinación del volumen residual. (Schoeller, 1996)

2.5.1.3 Pletismografía

El uso del BOD POD, funciona al medir la cantidad de aire que desplaza el cuerpo, y con ello calcular la Densidad Corporal, la cual se mide dividiendo el Volumen Corporal entre el peso.

La medición se realiza introduciendo al sujeto dentro de una cabina hermética cerrada; se pide al paciente que permanezca sentado en el interior de la cabina,

se les solicita que respire por la boca a través de una boquilla y con una pinza en la nariz, inhalando y exhalando un volumen en particular (CFR), realizando una maniobra de jadeo tranquilo para que el sujeto se adapte correctamente a la boquilla del pletismógrafo, entonces cada cierto tiempo el explorador cierra durante unos segundos la entrada de aire al sistema y el sujeto hace esfuerzos respiratorios para vencer el obstáculo. Cuando la válvula se reabre el sujeto realiza inmediatamente una espiración forzada seguida de una inspiración forzada hasta capacidad pulmonar total y de nuevo una maniobra espiratoria forzada para después respirar tranquilamente y así terminar la prueba. Gracias a esta maniobra, se producen cambios de presión y volumen en la cabina que permiten calcular los parámetros mencionados.

En todo momento el observador explica al paciente como debe respirar. Allí se pueden realizar dos mediciones principalmente: El volumen del gas intratorácico y la resistencia de la vía aérea.

Es una técnica muy cara, que requiere de equipo especial. (Schoeller, 1996)

2.5.1.4 Dilución Isotópica: Agua Corporal Total (ACT)

El Agua Corporal Total (ACT) es el compuesto más abundante del cuerpo humano en el cual ocurren los procesos vitales, juega un papel central en la regulación del volumen celular, transporte de nutrimentos, remoción de desechos y regulación térmica, en individuos sanos el volumen total está regulado, distribuyéndose en agua intracelular y extracelular. En la Composición Corporal, el cuerpo está compuesto de Masa Grasa y Masa Libre de Grasa, donde el agua se encuentra en esta última, por lo que se permite determinar ambos compartimentos a partir de la medición del Agua Corporal Total y como un indicador de la Masa Libre de Grasa.

Este método utiliza isótopos radiactivos y no radioactivos, por medio de la dilución de deuterio, tritio, bromo y O^{18} . En humanos actualmente solo se usan isótopos estables (no radioactivos). El trazador se administra por vía oral o intravenosa,

tras un periodo de equilibrio, se obtienen muestras de sangre, saliva u orina en las que se determina el isótopo por diferentes técnicas como espectrometría de masas, cromatografía de gases, resonancia nuclear magnética, espectrometría por infrarrojos, etc. La técnica asume que la distribución e intercambio de estos isótopos es igual a la del agua corporal, y que las cantidades de isótopos usadas no son tóxicas para el organismo. Depende de las características de la muestra estudiada, en hombres y mujeres sanos el equilibrio del deuterio en saliva, plasma, y orina ocurre después de dos horas de la ingestión del trazador, y la concentración en estos fluidos permanece constante durante unas tres horas. Como se conoce la cantidad administrada de isótopo, puede deducirse el agua corporal total, a partir de la que se estima la Masa Libre de Grasa según la ecuación ($MLG = 1,37 \times ACT$).

En niños sólo se usa deuterio y O^{18} que no son radiactivos. Sus limitaciones son la variación de parámetros fisiológicos (edad y sexo) y patológicos. Solo reconoce un modelo corporal de dos componentes: Masa Libre de Grasa y Masa Grasa, es un estudio que requiere tiempo y de alto costo. (Schoeller, 1996)

2.5.1.5 Análisis de Impedancia Bioeléctrica (BIA)

Es un método que consiste en utilizar un dispositivo portátil que mide la resistencia o impedancia a una corriente eléctrica aplicada mediante placas o electrodos, es decir, mide la resistencia de la corriente a medida que esta viaja a través del músculo y grasa, cuanto más músculo tenga una persona, más agua almacena el cuerpo. Cuanta más agua tenga el cuerpo, la corriente eléctrica pasa con más facilidad.

Primero se pesa a la persona, se ingresan datos del sujeto a la computadora, mientras el sujeto esta recostado, se colocan electrodos en varias partes del cuerpo y se circula una ligera corriente eléctrica. La medición toma unos segundos y el sistema funciona a base del paso de una corriente eléctrica no invasora de baja frecuencia que se transmite a través de las placas eléctricas colocadas en el paciente.

Los niveles altos de grasa provocan más resistencia a la corriente. El tejido graso contiene de 10% a 20% de agua, mientras que la masa magra (que incluye al músculo, hueso y el agua ubicada fuera de los músculos) contiene un promedio de 70% a 75% de agua. El valor del análisis BIA depende de la edad de la persona. La MLG, que contiene la mayoría de fluidos y electrolitos corporales, es un buen conductor eléctrico (baja impedancia), mientras que la grasa actúa como un aislante (alta impedancia). La medida de la impedancia corporal proporciona una estimación directa del ACT y permite estimar también la MLG y la MG. La corriente eléctrica suele ser de 800 A; las frecuencias altas atraviesan el agua intracelular y pueden dar una mejor representación del ACT, en sus componentes intracelular y extracelular.

Es un método de bajo costo, fácil transporte, inocuidad, sencillez de manejo, poca colaboración del paciente y baja variabilidad del observador. Como desventaja, es muy sensible a cambios bruscos en el contenido hídrico del organismo (retención hídrica o deshidratación) lo que induce a errores en la estimación de los compartimentos corporales. (Baumgartner, 1996)

2.5.1.6 Absorción Dual de Rayos-X de Energía (DEXA)

Es una técnica de elevada precisión que permite distinguir entre Masa Ósea, Masa Libre de Grasa no ósea y Contenido de Mineral Óseo.

Consiste en utilizar rayos X de dos frecuencias diferentes, empleando un tubo de rayos X como fuente de fotones de bajo nivel para calcular la cantidad de grasa corporal, músculo y hueso en su cuerpo, pasando a través de diferentes segmentos corporales. Se registra a través de los huesos, que se asume a la cantidad de mineral óseo. También puede utilizar otros tejidos, como el graso, pero no puede diferenciar la masa muscular.

El paciente se recuesta en una camilla permaneciendo inmóvil, solicitándole que contenga la respiración por unos segundos mientras se toma la imagen de rayos x para reducir la posibilidad de que ésta resulte borrosa, un generador de rayos x se

encuentra ubicado debajo del paciente y un dispositivo de imágenes, o detector, se posiciona arriba.

El examen periférico de DEXA (pDEXA) es más simple. El dedo, la mano, el antebrazo o el pie del paciente, se coloca en un pequeño dispositivo que obtiene una lectura de densidad ósea en pocos minutos.

El examen de densidad ósea de DEXA por lo general se realiza en 10 a 30 minutos, dependiendo del equipo utilizado y las partes del cuerpo examinadas.

Las ventajas de esta técnica son que es rápida, sencilla y repetible, toma en cuenta al hueso cuando se compara la grasa corporal con el músculo, Como desventaja es una técnica muy costosa, el aparato no es transportable. (Lohman, 1996)

2.5.1.7 Contador de Cuerpo Entero

El conteo radioactivo es una técnica analítica basada en las propiedades físicas de los elementos. Se requiere mínima cooperación del sujeto evaluado, para niños pequeños la medición es un poco más difícil.

Existen 3 requerimientos del equipo para la determinación de K^{40} , como los detectores eficientes de rayos y, están cerca del sujeto que lo protegen, para reducir los niveles de radiación, que producen contaminantes radioactivos. Se requiere de instrumentos computarizados para la identificación únicamente de los rayos y provenientes de K^{40} . Este último no se puede identificar con facilidad ya que el cuerpo humano produce también otros isótopos radioactivos (torio, cesio, radio), en pequeñas cantidades, este contenido varía entre los sujetos, por lo que el resultado en la medición podría verse confundido. Se utiliza un detector NaI (iodo sódico, cristal inorgánico) para discriminar los rayos y detectores con analizadores de pulso-estatura.

La detección de K^{40} producida utilizando plástico y los detectores líquidos, tiene poca resolución de energía, así que la inferencia de isótopos naturales no puede ser resuelta completamente.

El sujeto debe tener un mínimo movimiento, está sobre una cama, que es movida lentamente bajo el detector de NaI. Contiene una protección que esta ubicada alrededor del detector y a través de los lados de la cama por lo que tiene la ventaja de ser más ligero en peso que el cuarto completo de protección. Tiene como desventaja largos tiempos de medición con poca precisión y complicada calibración para diferentes tamaños corporales. (Ellis, 1996)

2.5.1.8 Potasio Corporal Total (PCT)

El Potasio (K) es un electrolito principalmente intracelular, que no está presente en los depósitos de triglicéridos. El K^{40} es un isótopo radiactivo natural que emite una radiación gamma, cuya medición externa en un contador de cuerpo entero, permite estimar la Masa Libre de Grasa en seres humanos. El isótopo representa una fracción fija del Potasio Corporal Total y, como el Potasio se localiza casi exclusivamente en la Masa Libre de Grasa con una concentración constante, podemos estimar la Masa Libre de Grasa con su medida. Sus ventajas y limitaciones son similares a las de la determinación del Agua Corporal Total. (Ellis, 1996)

2.5.1.9 Acelerador de Neutrones

Es una técnica de reacciones nucleares que expone la totalidad del organismo a un flujo conocido de neutrones y la determinación de la radiactividad inducida. La dosis de radiación que reciben las personas es baja. El oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno corresponden al 95% del peso corporal y sodio, potasio, fósforo, cloro, calcio, magnesio y azufre comprenden el 99,5% del peso corporal. Algunos elementos mantienen relación estable con otros compuestos por lo que permite la evaluación de otros componentes.

Consiste en irradiar el cuerpo mediante la liberación de un haz con neutrones capturados por el potasio, calcio o nitrógeno corporales que se vuelven temporalmente radiactivos, creando isótopos inestables que retornan a su condición estable por la emisión de los rayos gamma, al medir su emisión de radiactividad se puede calcular el contenido total de calcio, fósforo, nitrógeno, sodio, cloro y carbono en el organismo. El nivel de energía identifica el elemento y el nivel de actividad su abundancia

Tiene como desventaja ser un equipo costoso, difícil de calibrar y poco práctico para la aplicación masiva. La Composición Corporal refleja los resultados de la actividad física y las prácticas alimenticias. (Ellis, 1996)

2.6 Índice de Masa Corporal

El Índice de Masa Corporal (IMC) fue descrito y publicado por el astrónomo Lambert Adolph Quetelet en 1871, en su obra “La antropometría, o medida de las diferentes facultades del hombre”, que resume sus investigaciones en estadística aplicada a variables antropométricas y del comportamiento social. Siendo un indicador que pretende determinar, a partir de la estatura y peso, el intervalo más saludable de masa corporal respecto a la estatura que puede tener una persona. Expresa que si el hombre creciera igualmente en las tres dimensiones, el peso debería ser función cúbica de la estatura. Durante el primer año de vida el aumento del peso es mucho mayor que el de la estatura. Después del primer año de vida y hasta el fin del desarrollo, el peso aumenta en relación al cuadrado de la estatura. (Puche, 2005)

El IMC, se utiliza como indicador nutricional desde principios de 1980. Resulta de la división de peso en kilogramos entre el cuadrado de la estatura expresada en metros. A pesar de que no hace distinción entre los componentes grasos y no grasos de la masa corporal total, éste es el método más práctico para evaluar el grado de riesgo asociado con la obesidad. (Puche, 2005)

Los puntos de corte del IMC, en niños y adolescentes, son basados en las curvas percentiladas de IMC, para la valoración de patrones de crecimiento, como punto de referencia para la definición de sobrepeso y para el control de cambios del estado nutricional; la Internacional Obesity Task Force (IOTF) ha propuesto los puntos de corte del IMC, para cada medio año de edad hasta los 18 años dependiendo de la edad y sexo. (14) Los puntos para clasificar a niños con sobrepeso y obesidad de acuerdo al criterio de la IOTF relaciona los pesos y las estaturas por edad y sexo con las categorías que en adultos permiten diagnosticar sobrepeso y obesidad. Están basados en referencias internacionales que incluyen población de diferentes países y que permiten utilizar los mismos criterios de IMC para discriminar entre sobrepeso (>25) y obesidad (>30).

Tim J. Cole, evaluó 6 grupos de población representativas de diferentes etnias en el mundo (Brasil, Singapur, Gran Bretaña, Hong Kong, Netherlands y Estados Unidos), para estas poblaciones se tomaron en cuenta las tablas de percentiles diseñadas para cada país, dispersando los datos de cada población, obteniendo los puntos de corte correspondientes en cada grupo de edad y sexo al IMC de 25 y 30 kg/m² que son los que determinan sobrepeso u obesidad en el adulto. (Osuna, 2006) (Ver Anexo 1 Datos de referencia de Cole)

Las curvas resultantes fueron promediadas para proporcionar los datos en edades de 2 a 18 años de edad. Ha significado ser de amplia aplicación para definir sobrepeso y obesidad en la población infantil y no tomar solo la percentil 95 o mayor, para diagnosticar sobrepeso en niños, sin embargo ambos criterios son estadísticos ya que a diferencia de los criterios para adultos, los puntos de corte no están basados en el riesgo de Enfermedad Cardiovascular. (Osuna, 2006)

Es obvio que la utilización de los puntos de corte para varones de la masa grasa corporal, obtenidos por métodos de referencia, sería el mejor criterio para la identificación de niños con sobrepeso y obesidad. Sin embargo, aún no hay una aceptación sobre el valor de los puntos de corte para el porcentaje de masa grasa en niños y adolescentes.

El problema del IMC es que las mediciones de peso y estatura de algunas personas las colocan en la categoría de bajo peso u obesidad cuando en realidad son muy esbeltos o musculosos, o bien como personas sanas cuando en realidad tienen un exceso de grasa con poco tejido magro. (Osuna, 2006; Rodríguez, 2006; Gibson, 2000)

3. ANTECEDENTES

Quetelet y colaboradores, diseñaron un índice en el cual se relacionaba el peso corporal con el cuadrado de la estatura como un indicador de adiposidad, el cual fue ampliamente adoptado de manera más universal para establecer el diagnóstico de obesidad. Varios estudios han confirmado la validez de su base conceptual y matemática, aceptando que existe cierta variabilidad si el exponente o poder de la estatura se ubica por arriba o debajo de 2.

Así, observó que la relación entre las estaturas y pesos mínimos (e , p) y máximos (E , P) para cada sexo era aproximadamente de $5/6$ ($e/E = p/P = 5/6$) y observó que existía la misma proporción entre peso y estatura para los valores extremos de la distribución: $p/e = 5/6$ y $P/E = 5/6$. Por lo tanto, las dos ecuaciones llegan al mismo resultado, debido a ello derivó: $e/E = p/e$, concluyendo que $e^2/E = p$, (E es la asíntota de la estatura (una constante)).

Bøe, Hommerfelt y Wedervang, analizaron el peso y la estatura de hombres y mujeres entre 25 y 29 años de edad, en la ciudad de Bergen (Noruega) observando el comportamiento de las relaciones P/E , P/E^2 y P/E^3 para estaturas entre 162.5cm y 186.5cm. Estos investigadores encontraron que mientras P/E disminuye y P/E^3 aumenta con la estatura, P/E^2 es aproximadamente constante (más en hombres que en mujeres). La independencia de P/E^2 con la estatura califica al índice como muy conveniente para efectuar comparaciones, además es semejante en ambos sexos, para sujetos de la misma estatura. Los criterios que utilizaron Bøe y colaboradores, para elegir un índice ideal fue que debía correlacionar con el peso y ser independiente de la estatura. Otros dos índices examinados (P/E y P/E^3), también satisfacen dichos criterios. Billewicz, Kemaley y Thompson (1962) y Khosla y Lowe (1967) confirmaron las conclusiones de Bøe y colaboradores.

Watson y colaboradores, concluyeron que no habría mayores ventajas en el empleo de cualquiera de los tres índices (P/E , P/E^2 y P/E^3), ya que las correlaciones entre ellos contra el contenido de grasa corporal, producen

coeficientes de correlación con el mismo nivel de significado. Es probable que los antecedentes históricos del índice P/E^2 , hayan decidido su elección.

En 1985, Garrow y Webster midieron el contenido de grasa corporal en 104 mujeres y 24 hombres, de 14 a 60 años de edad, aplicando tres métodos: Densidad Corporal, Contenido Corporal de Agua y Contenido Corporal de Potasio. El promedio de estas tres determinaciones para cada paciente fue llamado “valor verdadero” del contenido corporal de grasa. Observaron que la regresión entre G/E^2 vs P/E^2 fue de 0.955 para las mujeres y 0.943 para los hombres. Debido al alto grado de asociación entre G/E^2 y P/E^2 , multiplicaron ambos lados de la ecuación de regresión por E^2 para obtener ecuaciones, para cada sexo, con lo cual pudieron predecir la masa grasa en función de la estatura. Esta estimación de los kilogramos de grasa, no fue muy diferente del “valor verdadero”. Destacan los autores que el cálculo con base a la estatura es independiente de los métodos analíticos mencionados. El índice P/E^2 exhibe una curva bifásica en función de la edad, con un mínimo hacia los 5-8 años, tendiendo a una asíntota en la madurez. Para facilitar la interpretación del valor del índice en jóvenes de 2 a 20 años, para cada sexo, propusieron los siguientes criterios bajo peso: índices por debajo del quinto percentil; en riesgo de sobrepeso: entre los percentiles 85 y 95 y sobrepeso, índices por encima del percentil 95.

Gurricci y colaboradores, publicaron un gráfico del porcentaje de grasa corporal corregido por edad (15 a 40 años). Los valores definen rectas, con muy poca variancia de los datos y sustancialmente diferentes entre hombres y mujeres. Sin embargo, el hecho de que la variable edad figure en ambos ejes, sugiere que dicha asociación se ve confundida por este hecho por lo cual han sido poco utilizadas.

El Índice de Benn, fue calculado como peso/estatura³ (W/H^3) donde: $P = (b \cdot H)/W$, donde B es el coeficiente de regresión para el peso por la estatura. H es la estatura media y W es el peso medio. El peso y el tejido adiposo se relacionan con el mismo poder con la estatura, los sujetos bajos y altos diferirán en adiposidad. Una tercera e importante característica del modelo de IMC es que la adiposidad, definida como la masa del tejido adiposo sobre el peso, se

correlaciona de manera máxima con peso/estatura^β cuando β es igual a 2. Aunque la adiposidad sea el interés central en relación con el IMC, otros compartimientos de importancia contribuyen a la correlación entre el peso y la estatura. Hay una hipótesis no bien sustentada de que los sujetos con el mismo IMC, pero quienes difieren en estatura, tiene una misma cantidad relativa de músculo esquelético, hueso y componentes, diferentes al tejido adiposo.

Varios estudios encuentran una asociación positiva entre grasa corporal y la edad, mientras encuentran una asociación negativa entre masa libre de grasa y la edad, que ha sido confirmado en estudios longitudinales. A medida que avanza la edad, la masa celular del cuerpo disminuye, por lo tanto la masa libre de grasa. A pesos iguales, la grasa corporal aumenta con la edad. Existe un aumento más grande en el porcentaje masa grasa con la edad en hombres que en mujeres. El IMC es un indicador aceptado del tamaño del cuerpo con capacidad para predecir la adiposidad corporal. La masa grasa aumenta casi 10kg entre IMC 25 kg/m² y 30 kg/m², tanto en los hombres como las mujeres. Así, por cada aumento de una unidad en IMC, la masa grasa aumenta 2kg. Mientras que el IMC es lineal (hombres) o casi lineal (mujeres) en relación a la cantidad absoluta de grasa corporal, se encontró una relación curvilínea con el porcentaje de grasa corporal. A medida que aumenta la edad la asociación entre la grasa y la masa libre de se hace mas negativa.

Deurenberg, encontró al analizar la relación entre el peso y la estatura el exponente óptimo fue cercano a 1,0 para predecir la Masa Grasa y de 2,0 para predecir el porcentaje de grasa corporal. Para exponentes de la estatura entre 0,0 a 3,0, la Masa Grasa es mejor predicha ya que muestra coeficientes de correlación más altos que el porcentaje de grasa corporal. Mientras la relación entre Masa Grasa y peso/estatura es lineal, la relación entre porcentaje de grasa corporal e IMC (o cualquier índice de peso para estatura) es curvilínea. Aún en mujeres, la relación es moderadamente curvilínea. A menudo se ha sugerido que un índice óptimo de obesidad debe tener una correlación baja con la estatura, un índice de la obesidad debe ser independiente de la estatura, pero no se ha desarrollado un índice con tales características.

Billewicz, Khosla y Lowe, afirman que el IMC ha sido el índice más extensamente utilizado como peso relativo. Pero argumentan que su interpretación no es adecuada ya que la relación del Índice de Masa Corporal con la Composición Corporal no varía con el sexo y la edad. Por ejemplo, dos personas del mismo sexo y edad con IMC igual pueden tener Composición Corporal totalmente diferente. La Composición Corporal cambia con el envejecimiento mientras el IMC puede quedarse en el mismo rango. Otro problema es la relación entre grasa e IMC, por lo tanto, las relaciones entre la Composición Corporal y el IMC tienen que ser interpretadas con cuidado.

Gallager, asume un modelo de Composición Corporal de dos compartimientos, la Masa Grasa y la Masa Libre de Grasa, las determinantes del porcentaje de grasa para adultos son la edad, la raza, y el sexo.

Los Institutos Nacionales de la Salud de los Estados Unidos y la OMS definieron los puntos de corte para diagnosticar sobrepeso y obesidad basados en el IMC en sustitución del peso. Aunque el IMC no sea una medida muy precisa de la Composición Corporal, es considerado comúnmente un índice de obesidad a causa de la correlación alta entre IMC y el porcentaje de grasa en niños.

Keys y colaboradores, cambiaron el nombre de Índice de Quetelet por el de “Body Mass Index” en 1972, fue de los primeros de muchos en examinar las correlaciones entre la adiposidad (tejido adiposo o masa grasa/peso) y peso/estatura^B con $B = 2$ en IMC.

Tim Cole, propuso que un IMC de 17 para 18 años no era conveniente para una definición internacional de delgadez en niños y adolescentes ya que no había un ajuste para la pubertad. Se cree que ninguna de estas diferencias invalida el principio fundamental del corte, que es de proporcionar un instrumento sencillo suficientemente bueno para comparar las frecuencias a través de poblaciones que son inevitablemente heterogéneas. La categoría de sobrepeso, por ejemplo, puede ser definido como la proporción de niños con IMC alto para sobrepeso o la proporción con IMC entre sobrepeso y la obesidad. Así que el grupo de sobrepeso

hace o no incluye el grupo obeso, y bastante a menudo fallan los indicadores para la definición utilizada.

Flegal, mostró en su estudio la prevalencia de sobrepeso infantil en EU, donde realizó la comparación d CDC-US growth charts con métodos de referencia para evaluar al IMC, estos métodos se utilizaron cautelosamente debido a sus posibles limitaciones. Los primeros estudios incluyen valores de IMC para la edad donde se usan los percentiles 85 y 95 para definir el sobrepeso y obesidad respectivamente. La referencia de Must deriva de la NHANES donde recomiendan el uso internacional de los criterios de la WHO publicados en 1995.

El método que propone Cole representa los valores de referencia encontrados con la combinación de los datos de diferentes países. Las comparaciones se basan en el uso de un estándar internacional. Los valores de referencia para definir sobrepeso en niños así el criterio de percentiles donde se observa una tendencia similar en el tiempo (edad, crecimiento) para los niños de la NHANES reporta prevalencias considerablemente más altas de obesidad.

Las diferencias entre métodos no son sistemáticas. El método de Cole estima prevalencias por debajo de las estimadas de los otros 2 métodos. El IMC no parece ser un pronosticador óptimo de grasa corporal. Sin embargo, relaciona óptimamente con el porcentaje de grasa corporal, pero debido a la relación curvilínea, cada aumento de la unidad en IMC de aproximadamente 35 kg/m² y hacia arriba, sólo producirá aumentos secundarios en el porcentaje de grasa corporal. Peso/Estatura parece ser el índice óptimo para la predicción de Masa Grasa. Peso/Estatura está relacionada linealmente a la Masa Grasa y esta relación está más cerca que entre IMC y porcentaje de Masa Grasa. La gran ventaja del IMC es su uso general que permite a la comunidad científica establecer comparaciones estandarizadas.

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El Índice de Masa Corporal no es capaz de distinguir los componentes corporales, solamente su masa global, es decir, no distingue entre Masa Grasa y Masa Libre de Grasa, ya que no discrimina entre un exceso de grasa corporal y un aumento de masa muscular. Lo anterior puede inducir errores en la predicción de la adiposidad a nivel individual. De esta manera, una persona podría tener un IMC más alto debido a un mejor estado físico (más cantidad de músculo) y no a un aumento del tejido graso, y erróneamente clasificada como obesa. Algo similar ocurre con personas demasiado esbeltas, en donde su porcentaje de masa libre de grasa es el adecuado pero por su IMC es clasificada como emaciada. Los individuos diagnosticados como normales según IMC pueden tener un porcentaje de masa grasa elevado (falsos negativos), y otros diagnosticados como obesos por un $IMC > 30$ pueden tener un porcentaje de grasa dentro de límites normales (falsos positivos).

El IMC no es un indicador específico de adiposidad, más si del grado de masa corporal en relación a la estatura, en donde se asume que la mayor parte de la masa está determinada por el tejido adiposo, se puede clasificar a un niño solo por su masa corporal y no por el porcentaje que representa su Masa Libre de Grasa o su Masa Grasa. Por lo tanto para un mismo IMC el contenido de grasa teóricamente podría ser muy diferente, es decir, un niño clasificado como normal su porcentaje de grasa esta dentro de los rangos establecidos, mientras que otro niño también clasificado como normal su porcentaje de Masa Grasa sea mayor. Por lo cual es necesario explorar otros ajustes que permitan mejorar la precisión de este predictor.

5. JUSTIFICACIÓN

El Índice de Masa Corporal (IMC), es el indicador más utilizado para diagnosticar la obesidad, pero tiene limitaciones en personas musculosas o demasiado esbeltas, donde el diagnóstico puede ser inadecuado, debido a que su capacidad de predecir la adiposidad disminuye en estos extremos de la distribución.

En niños resulta un poco más complejo determinar su composición corporal debido a la etapa de crecimiento en la que se encuentran, sin embargo una mejor predicción en el clasificación de la obesidad mejorará las intervenciones para controlar esta enfermedad y prevenir consecuencias futuras.

Una manera de alcanzar mayor precisión en el diagnóstico de Obesidad basado más en la adiposidad, sería ajustar las mediciones de Masa Libre de Grasa y Masa Grasa en niños de 4 a 7 años por otra función independiente como podría ser la estatura siguiendo el mismo modelo que dio lugar al diseño del Índice de Masa Corporal.

6. OBJETIVO GENERAL

Analizar la relación entre el tejido adiposo y Masa Libre de Grasa con la estatura aplicando los mismos supuestos en los cuales se basó la concepción del Índice de Masa Corporal, para evaluar su uso como indicador más preciso de la adiposidad relativa.

7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir la Masa Libre de Grasa y Masa Grasa en un grupo de niños de 4 a 7 años residentes de la ciudad de Cuernavaca, Morelos.
- Ajustar los indicadores de Composición Corporal como son Masa Grasa y Masa Libre de Grasa, con la estatura, y comparar tal ajuste con la categorización obtenida con el Índice de Masa Corporal según los criterios Internacional Obesity Task Force (IOTF).

8. HIPÓTESIS

La Masa Grasa en kilogramos (kg) o porcentaje (%) del peso corporal ajustada por la estatura predice mejor la adiposidad relativa en sujetos con masas corporales extremas, que el Índice de Masa Corporal.

9. DISEÑO METODOLÓGICO

Estudio Transversal Comparativo, en donde se seleccionó una muestra de 328 niños y niñas, que acudían a uno de 5 jardines de niños (Selma Lagerloff, Colegio Morelos, Julio Cáceres, Vicente Guerrero y Resurgimiento), en la ciudad de Cuernavaca, Morelos, durante la segunda mitad del ciclo escolar Enero-Julio 2007. Los jardines de niños fueron seleccionados con base a su ubicación en vecindarios de niveles socioeconómicos, bajo, medio y alto.

El presente estudio forma parte del proyecto titulado “Contribución de los patrones de alimentación, actividad física y gasto total de energía en la génesis de la obesidad durante la etapa escolar”, del cual fue tomado el tamaño de la muestra para la realización del mismo.

9.1 Criterios de inclusión y de exclusión

Se incluyeron niños sanos de 4 a 7 años de edad, que cursaban el tercer grado de preescolar, los padres o tutores autorizaron la participación en el estudio firmando una carta de consentimiento informado. (Ver Anexo 2, Carta de Consentimiento)

Se excluyeron los niños que tuvieran alteraciones físicas que impidieran una correcta medición del peso y la estatura.

9.2 Definición de Variables

Variable	Definición	Escala de medición
Peso	Masa corporal total	Kilogramos (Kg)
Estatura	Longitud corporal máxima	Centímetros (cm)
IMC	Indicador del estado de nutrición	Kg/m ²
Masa grasa	Cantidad de adiposidad corporal	Gramos (g)
Masa libre de grasa	Cantidad de masa magra corporal	Gramos (g)
Edad	Edad cronológica	Años
Género	Sexo biológico	Femenino Masculino

9.3 Medición Antropométrica

El peso y la estatura fueron medidos por personal entrenado y estandarizado de acuerdo al método de Habicht. La estatura, fue medida en un estadímetro (Shorr Productions, Modelo 17802, precisión 1mm), colocado en una pared recta, el niño estaba sin zapatos y sin adornos en la cabeza; de pie, en posición de firmes, con los talones, pantorrillas, nalgas, espalda y cabeza pegados a la pared, los pies ligeramente separados de las puntas y juntos de los talones. El observador con su mano izquierda tomó de la barbilla al niño con el fin de colocar la cabeza en el plano de Frankfort y con la mano derecha deslizó el estadímetro hasta tocar la parte coronal de la cabeza. La estatura se midió en dos ocasiones al milímetro (0.1cm) más cercano. (Ver Anexo 3 Estatura)

El peso, fue medido con una báscula electrónica (Tanita Corporation, Japan, Modelo BWB-627-A, precisión 100g), previa calibración con 2 pesas de 10 kg cada una. La báscula fue recalibrada cuando la medición difirió $\pm 0.02k$. Se situó en una superficie plana, con el niño se colocó en la parte central de la báscula vestido con traje de baño de lycra, sin zapatos, ni adornos, en posición de firmes, mirando hacia enfrente, con los brazos a los lados del cuerpo y sin moverse, el

peso se registró en kilogramos y gramos. El peso se midió en dos ocasiones para corroborar el dato. (Ver Anexo 4 Peso)

9.4 Medición de la Densidad Corporal

Se utilizó la Pletismografía para la determinación de la Composición Corporal, mediante el BOD-POD (Life Measurement Inc. Modelo 1SB-060M, USA), que mide el volumen de aire que desplaza una persona.

El BOD-POD se compone de:

- Pletismógrafo que mide el volumen corporal del individuo.
- Sistema de computo (CPU, monitor e impresora), donde el software controla las funciones de la cabina.
- Cilindro de calibración, usado para calibrar el equipo.
- Tubos para respirar, son de plástico y flexibles, con ayuda de un clip que se coloca en la nariz, se fuerza la respiración por la boca con el tubo para conocer el volumen pulmonar.

El equipo, se prendió y calentó por 30 minutos; se inició el programa computacional. Se prosiguió con la calibración, donde en “analysis hardware”, se determinó si existía algún problema con el sistema del equipo. El equipo se calibró siguiendo las instrucciones que indicaba el programa, con ayuda del cilindro de metal con un volumen de 49.273L (volumen conocido del cilindro en el sistema para la calibración), para determinar que no existan fallas en el sistema, se realizaron 5 mediciones sin sacar el cilindro, en cada una de ellas apareció en la pantalla como un punto en la gráfica superior izquierda, se imprimió el resultado de la calibración, donde se indicó el promedio (29.378L) y la desviación estándar (8ml) de las mediciones del cilindro. El volumen promedio debe ser ± 100 del volumen del cilindro y la desviación estándar debe de ser < 75 ml, si no es así se debía repetir el proceso.

El procedimiento para medir a un sujeto, consistió en que este debía llegar en ayuno o por lo menos debían transcurrir 3 horas desde la última vez que probó alimento, en la mañana y después de haber ido al baño. Vistió con traje de baño de lycra, sin ropa interior, sin portar ningún objeto de metal (aretes, anillos, pulseras, cadenas, collares o relojes), se colocó en el cabello una gorra de lycra que cubrió con todo el cabello, (porque afecta la medición).

Una vez dentro de la cápsula del BOD-POD, el niño fue medido, estando relajado y sin movimiento, para determinar su densidad corporal. Los datos del niño evaluado (nombre, edad, peso, estatura, género, folio), se pusieron en la ficha de identificación de la computadora. Antes de cada medición se colocó el cilindro para calibrar la cápsula. Al realizar la medición con tubo se explicó de manera rápida y concreta la utilidad y uso del mismo al niño. Se colocó una pinza en la nariz del niño para evitar que respirará por ella, con el objetivo de eliminar aire de los pulmones en la medición). Se le dio un tubo que el mismo sostuvo y colocó en su boca, el cual cubrió con la boca completamente cerrada por el cual iba respirando y conduciendo aire, Durante la medición, la pantalla indicaba en una gráfica las curvas del ritmo respiratorio del niño, después el equipo avisó el instante en que se dio la indicación de que expirará 3 veces en el tubo. Se realizaron dos mediciones, y una tercera si el niño se movió o si cambio de ritmo respiratorio. En caso de que la medición sea incorrecta, se debía repetir la operación instruyendo al niño con mayor hincapié en el error. El manejo del equipo durante la medición, estaba basado con el software de la computadora. Es importante resaltar que no se tocó el BOD-POD durante la medición, porque podría dañar la medición. De acuerdo a los puntos de cohorte se indicaron si el niño presentaba sobrepeso u obesidad.

En la bitácora de BOD-POD se anotaron las mediciones de cada niño evaluado, es decir, sus datos y resultados, así como también la calibración del equipo antes de la realización de la medición.

(Ver Anexo 5 BOD-POD)

9.5 Cálculo de la Masa Grasa

La Composición Corporal de los niños se estimó a partir de la medición de Densidad Corporal realizada mediante plestimografía, el porcentaje de grasa fue calculado según la ecuación de Siri que se expone a continuación:

$$\% \text{ Grasa Corporal} = ((4.95 / D) - 4.5) \times 100$$

Siendo D la Densidad Corporal, misma que fue determinada directamente en el pletismógrafo BOD-POD. Conocida la cantidad de grasa corporal se puede calcular la Masa Libre Grasa o Masa Magra, sustrayendo la grasa total del peso corporal. (Siri, 1961)

9.6 Modelos para evaluar el ajuste de la Masa Grasa a la Estatura

Se utilizaron las siguientes ecuaciones de un modelo tradicional alométrico para evaluar el ajuste de los componentes de la Composición Corporal (Masa Grasa y Masa Libre de Grasa) a la estatura.

$$Y = \alpha \times X^B E$$

Dónde

Y: masa corporal o componentes de la masa corporal

X: estatura

^B: exponente que se evalúa

α : constante de la proporcionalidad

E: término de error aleatorio.

La segunda opción es convertirla a la forma logarítmica:

$$\log_e y = \log_e \alpha + B \log_e x + \log_e E$$

Si B es asumida para ser 2 como en IMC y el valor verdadero difiere de 2, existe la posibilidad de ajustar la tendencia del peso o componentes de masas. Dividiendo peso o componentes de la masa corporal entre estatura², cuando B

difiere de 2, puede sobre o sub corregir entre diferencias individuales en la estatura.

Otra precaución que se tendrá es evaluar cual es el cociente entre el componente de masa corporal a estudiar y el peso corporal ajustado individualmente para la estatura.

$$\text{Componente} = \alpha_1 \text{estatura}^{B_1}$$

$$\text{Peso} = \alpha_2 \text{estatura}^{B_2}$$

$$\text{Por lo tanto: Componente/peso} = \alpha_1 / \alpha_2 \text{estatura}^{B_1 - B_2}$$

Cuando B_1 y B_2 son iguales (el componente y peso corporal escalan de manera colineal) el valor de B es 0 y un número cero elevado al poder de cero es igual a 1. Así no habrá asociación entre B_1 y B_2 si está en 0 ó cerca de 0. Si la diferencia entre B_1 y B_2 en la última ecuación no es cero, la masa fraccionaria del componente escalará positivamente o negativamente a la estatura. Si un componente y el peso escalado a la estatura son diferentes, los sujetos cortos y altos no tendrán la misma composición corporal.

En los estudios de Keys y colaboradores, examinaron las correlaciones entre la adiposidad (tejido adiposo o masa grasa/peso) y peso/estatura^B con $B = 2$ en IMC. Los datos resultantes serán usados para estimar R^2 (variación) de los valores de B para el componente de interés, y la inspección visual será usada para seleccionar el valor B o valores asociados con la correlación máxima. (Heymsfield, 2007)

9.7 ANALISIS ESTADISTICO

Se utilizaron modelos de regresión múltiple para predecir la asociación entre los componentes Masa Grasa y Masa Libre de Grasa, así como el IMC como variables dependientes y la estatura elevada a las potencia 1 y 2 utilizando como covariables la edad y el sexo. La R^2 obtenida de cada regresión lineal será comparada para ver la colinealidad del ajuste entre cada uno de los componentes de la composición corporal (Masa Grasa y Masa Libre de Grasa) y la estatura.

10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1 Resultados

La muestra final fue de 320 niños después de eliminar a 8 que no tenían datos de peso, estatura o mediciones de Composición Corporal. Las características de la muestra se describen en la Tabla 1. La media (intervalo) de edad fue de 5.97 años (4.92-7.3 años), de peso de 21.15 kg (14-44.4 kg) y la estatura de 113.6cm (100.4-131 cm).

De acuerdo con la Clasificación de Cole 256 niños tenían IMC normal, 34 niños sobrepeso y 30 obesidad.

Tabla 1. Características de la muestra de niños

Sujetos	Normal n= 256 niños		Sobrepeso n= 34 niños		Obesidad n= 30 niños	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Edad niños (años)	5.96	.41	5.97	.39	6.04	.37
Peso (kilos)	19.31	2.42	24.43	2.12	31.26	4.5
Estatura (centímetros)	112.86	5.14	115.43	2.12	118.69	6.19

En la Tabla 2, se describen las variables de la Composición Corporal estratificadas por categoría de IMC según la Clasificación de Cole. La media de la Masa Libre de Grasa expresada de manera absoluta en kilos fue $15.4 \pm 1.8\text{kg}$, 17.2 ± 1.7 y de $19.5 \pm 2.2\text{kg}$ para los niños con IMC normal, sobrepeso y obesidad respectivamente. La media de la Masa Grasa en kilos fue $3.89 \pm 1.4\text{kg}$, $7.2 \pm 2.0\text{kg}$ y de $11.6 \pm 3.3\text{kg}$ para los niños con IMC normal, sobrepeso y obesidad respectivamente. La media de la Masa Libre de Grasa expresada de una manera absoluta en porcentaje fue $80 \pm 6.4\%$, $70.6 \pm 6.8\%$ y de $63.1 \pm 6.1\%$ para niños con IMC normal, sobrepeso y obesidad respectivamente. La media de la Masa

Grasa expresada de manera absoluta en porcentaje fue $19.9 \pm 6.4\%$, $29.3 \pm 6.8\%$ y de $36.8 \pm 6.1\%$ para niños con IMC normal, sobrepeso y obesidad respectivamente.

Tabla 2. Variables relacionadas con la composición corporal estratificadas por categoría de IMC, según el Criterio de Cole.

Composición corporal	Normal		Sobrepeso		Obesidad	
	X	DS	X	DS	X	DS
Masa libre de Grasa en kilos	15.40	1.88	17.22	1.77	19.56	2.20
Masa Grasa en kilos	3.89	1.49	7.22	2.00	11.69	3.31
Masa Libre de Grasa en porcentaje	80.00	6.48	70.67	6.86	63.11	6.12
Masa Grasa en porcentaje	19.93	6.43	29.32	6.86	36.89	6.12

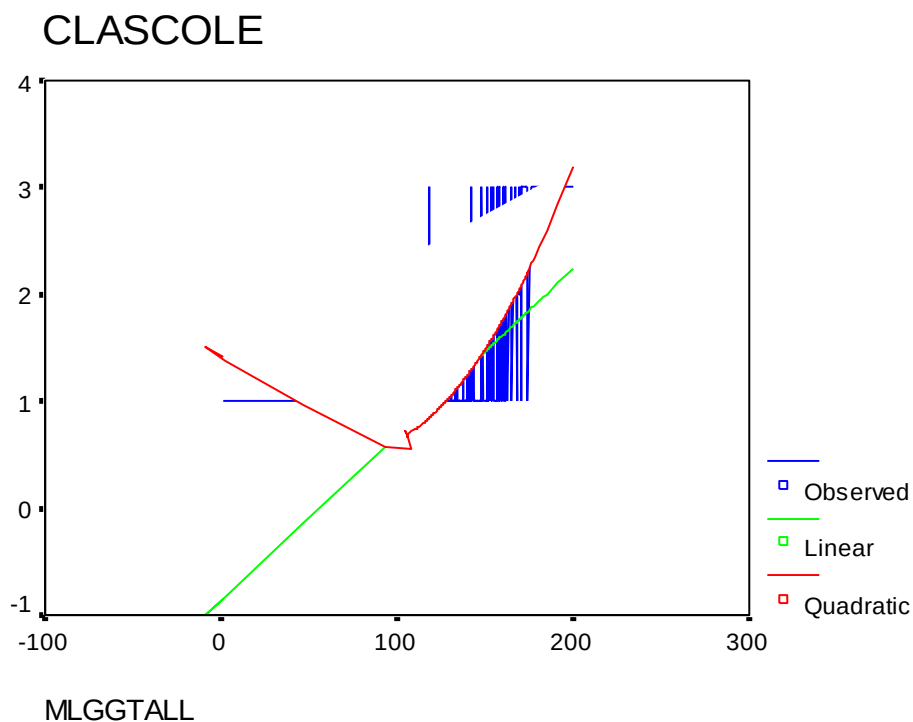
En las siguientes gráficas se presentan los resultados de los modelos de regresión, en los cuales se analizaron las asociaciones entre la Masa Libre de Grasa en gramos sobre talla en centímetros, la Masa Grasa en gramos sobre talla en centímetros, la Masa Libre de Grasa en gramos sobre la talla al cuadrado, la Masa Grasa en gramos sobre talla al cuadrado como variables dependientes de manera alternativa con las categorías del Índice de Masa Corporal según la Clasificación de Cole. Como referencia se muestran dos regresiones entre la Masa Libre de Grasa por talla² y la Masa Grasa por talla² como variables dependientes y el IMC de manera continua como variable independiente.

10.1 Modelos de regresión

Modelo 1

La asociación entre Masa Libre de Grasa en gramos ajustada por Talla en centímetros con las categorías de IMC según la Clasificación de Cole el modelo explica solamente el 35 % de la variabilidad ($p=0.0001$) de las categorías de IMC, cuando el modelo es lineal, ya que el modelo cuadrático no fue significativo (Figura 1 y Tabla 3).

Figura 1. Comparación de la asociación entre Masa Libre de Grasa en gramos ajustada por Talla en centímetros con las categorías de IMC según la Clasificación de Cole, en dos modelos uno lineal y otro cuadrático.

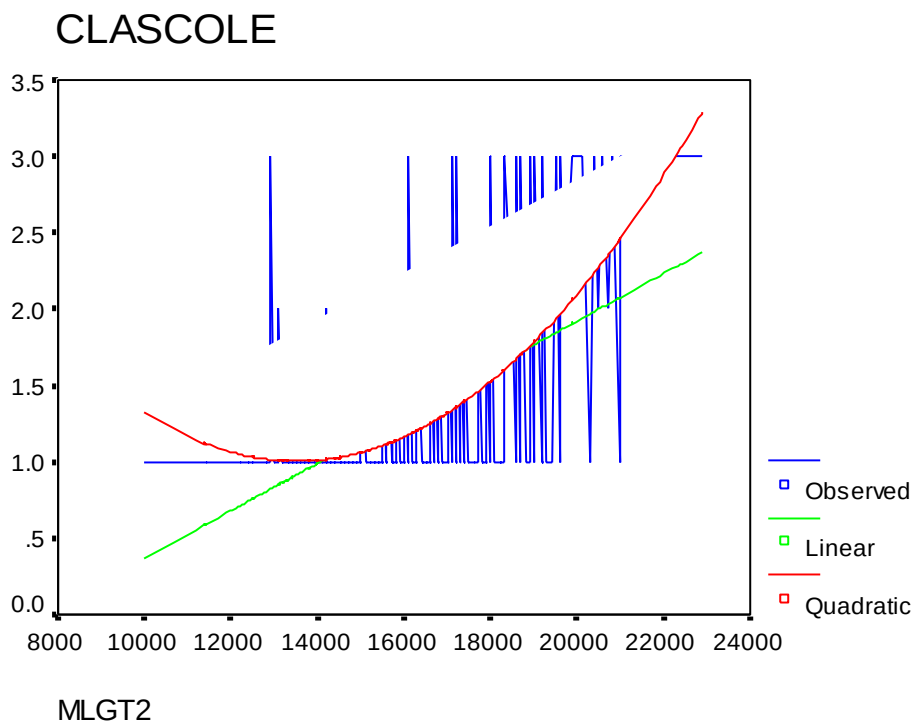


Modelo 2

La asociación entre Masa Libre de Grasa en gramos ajustada por Talla al cuadrado con las categorías de IMC según la Clasificación de Cole el modelo lineal explica el 40 % de la variabilidad ($p=0.0001$) de las categorías de IMC, cuando el modelo es lineal, ya que el modelo cuadrático aunque es significativo. La R^2 es menor (Figura 2 y Tabla 3).

El error de esta regresión para predecir la categoría de IMC según Cole fue de 1.2 unidades de IMC en la cola inferior (A) y de 1.0 unidades de IMC en la cola superior (B).

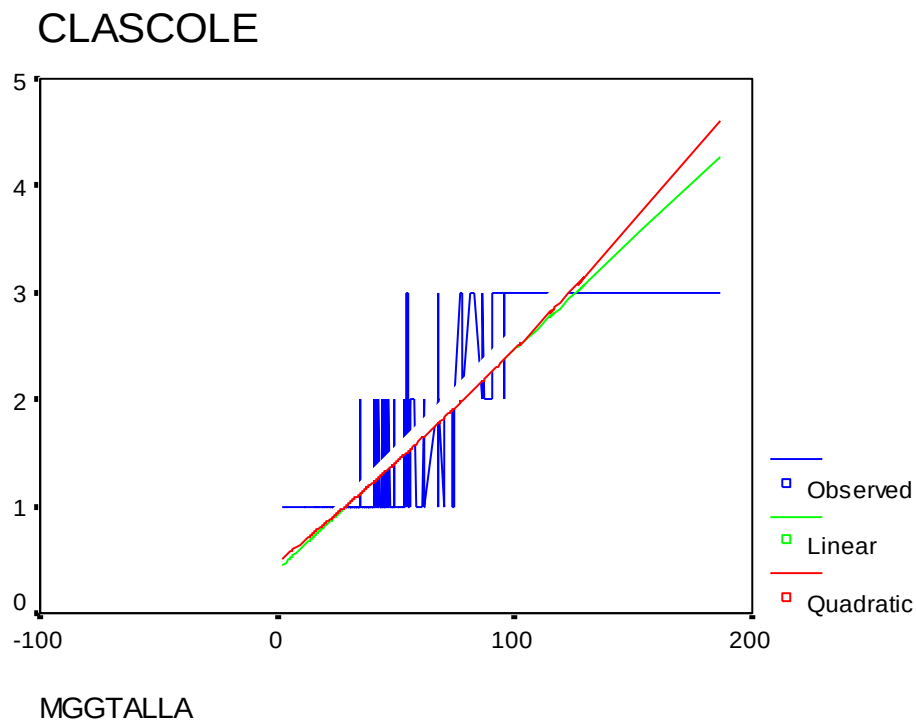
Gráfica 2. Comparación de la asociación entre Masa Libre de Grasa en gramos ajustada por Talla al cuadrado con las categorías de IMC según la Clasificación de Cole, en dos modelos uno lineal y otro cuadrático.



Modelo 3

La asociación entre Masa Grasa en gramos ajustada por Talla en centímetros con las categorías de IMC según la Clasificación de Cole el modelo lineal explica el 64% de la variabilidad ($p=0.0001$) en las categorías de IMC, tanto cuando el modelo es lineal como cuando es cuadrático (Figura 3 y Tabla 3).

Figura 3. Comparación de la asociación entre Masa Grasa en gramos ajustada por Talla en centímetros con las categorías de IMC según la Clasificación de Cole, en dos modelos uno lineal y otro cuadrático.

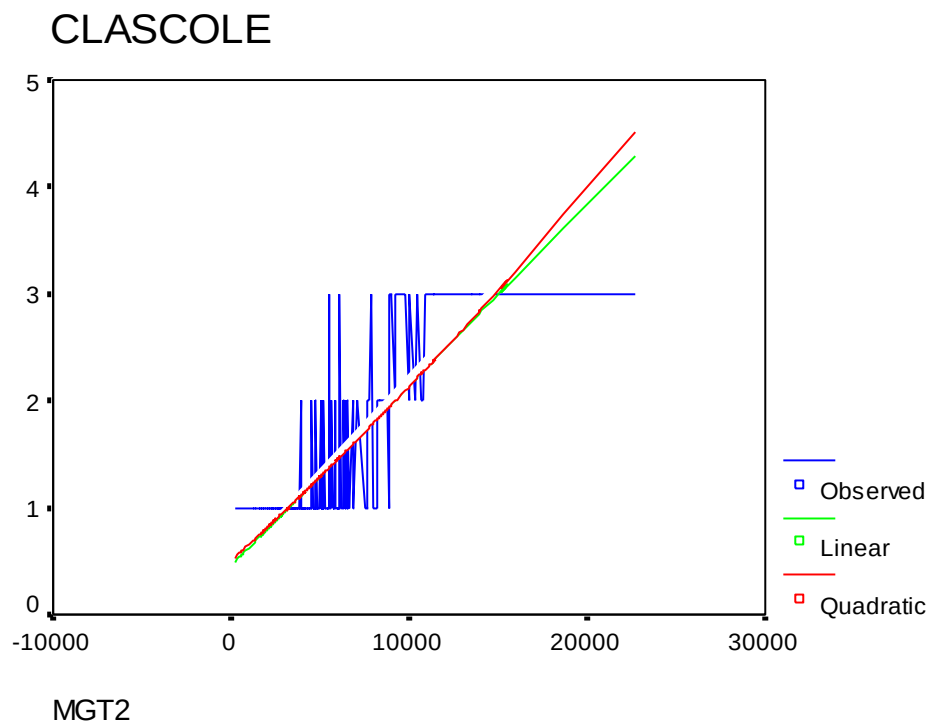


Modelo 4

La asociación entre Masa Grasa en gramos ajustada por Talla al cuadrado con las categorías de IMC según la Clasificación de Cole el modelo lineal explica el 64% de la variabilidad ($p=0.0001$) en las categorías de IMC, tanto cuando el modelo es lineal como cuando es cuadrático (Figura 4 y Tabla 3).

El error de esta regresión para predecir la categoría de IMC según Cole fue de 0.0 unidades de IMC en la cola inferior (A) y de 0.2 unidades de IMC en la cola superior (B).

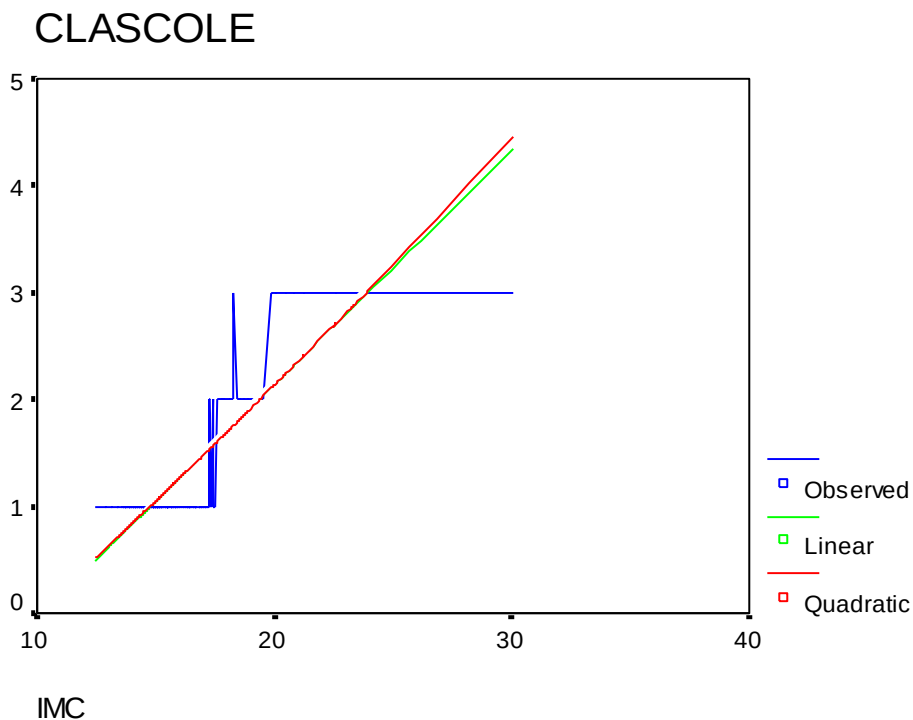
Figura 4. Comparación de la asociación entre Masa Grasa en gramos ajustada por Talla al cuadrado con las categorías de IMC según la Clasificación de Cole, en dos modelos uno lineal y otro cuadrático.



Modelo 5

La asociación entre el Índice de Masa Corporal (IMC) como variable continua con las categorías de IMC según la Clasificación de Cole el modelo explica el 75% de la variabilidad ($p=0.0001$) en las categorías de IMC, tanto cuando el modelo es lineal como cuando es cuadrático (Figura 5 y Tabla 3).

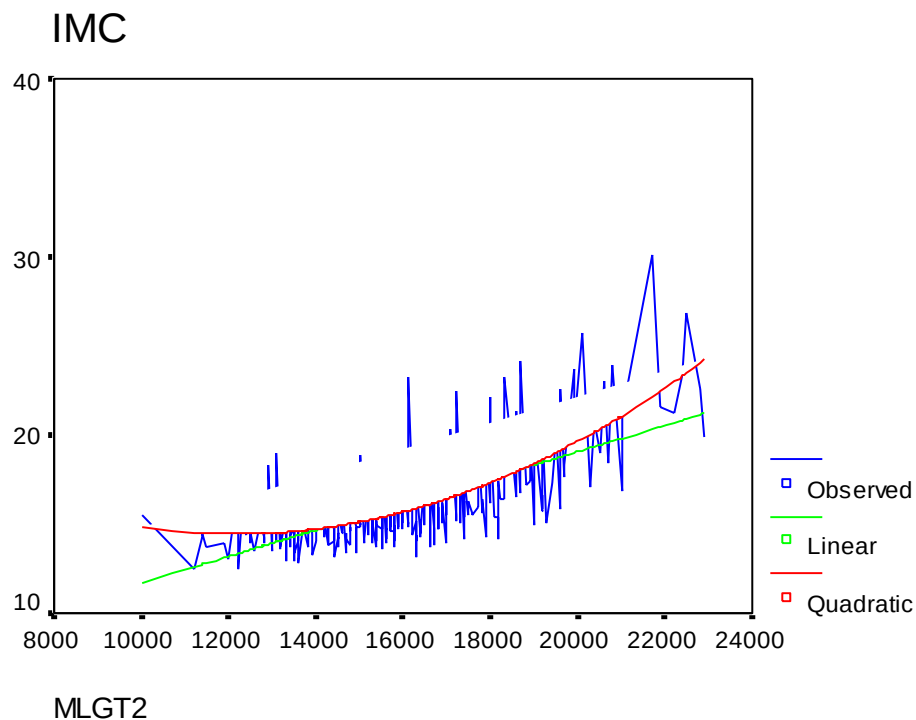
Figura 5. Comparación de la asociación entre el Índice de Masa Corporal (IMC) como variable continua con las categorías de IMC según la Clasificación de Cole, en dos modelos uno lineal y otro cuadrático.



Modelo 6

La asociación entre la Masa libre de Grasa en gramos ajustada por Talla al cuadrado con el Índice de Masa Corporal (IMC) como variable continua el modelo explica el 51% de la variabilidad ($p=0.0001$) en el IMC, tanto cuando el modelo es lineal como cuando es cuadrático (Figura 6 y Tabla 3).

Figura 6. Comparación de la asociación entre la Masa Libre de Grasa en gramos ajustada por Talla al cuadrado con el Índice de Masa Corporal (IMC) como variable continua, en dos modelos uno lineal y otro cuadrático.



Modelo 7

La asociación entre la Masa Grasa en gramos ajustada por Talla al cuadrado con el Índice de Masa Corporal (IMC) como variable continua el modelo explica el 76% de la variabilidad ($p=0.0001$) en el IMC, cuando el modelo es lineal como cuando es cuadrático (Figura 7 y Tabla 3).

Figura 7. Comparación de la asociación entre la Masa Grasa en gramos ajustada por Talla al cuadrado con el Índice de Masa Corporal (IMC) como variable continua, en dos modelos uno lineal y otro cuadrático.

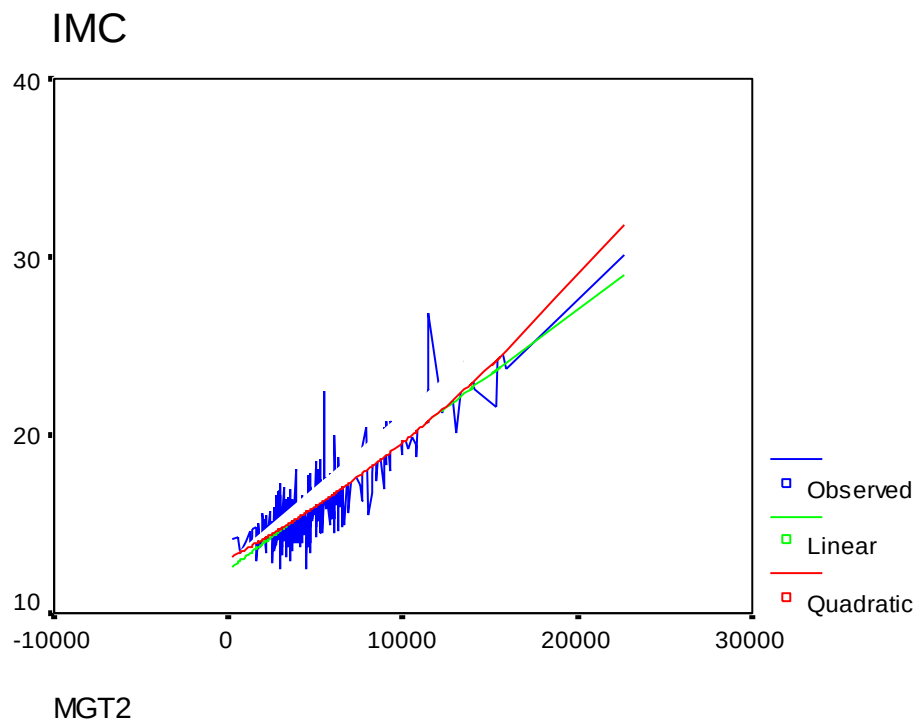


Tabla 3. Comparación de las R^2 y valores de p de las regresiones.

	R^2	p	Error cola A (unidades IMC)	Error cola B (unidades IMC)
Modelo 1 Masa Libre de Grasa en gramos ajustada por talla en centímetros	0.353	0.0001		
Modelo 2 Masa Libre de Grasa en gramos ajustada por talla al cuadrado	0.408	0.0001	1.2	1.0
Modelo 3 Masa Grasa en gramos ajustada por talla en centímetros	0.645	0.0001		
Modelo 4 Masa Grasa en gramos ajustada talla al cuadrado	0.642	0.0001	0.0	0.2
Modelo 5 Índice de Masa Corporal ajustado por Clasificación de Cole	0.754	0.0001		
Modelo 6 IMC ajustado por MLG y Talla al cuadrado	0.510	0.0001		
Modelo 7 IMC ajustado por MG y Talla al cuadrado	0.761	0.0001		

10.2 Discusión

En este estudio presentamos evidencia de que la Masa Libre de Grasa ajustada por estatura predice mal las categorías de IMC de acuerdo a la Clasificación de Cole, mientras que la Masa Grasa ajustada por talla al cuadrado tiene la mayor capacidad para predecirla. El error de la Masa Libre de Grasa para predecir una categoría de Cole fue igual o mayor a una categoría de Cole en los dos extremos de la curva. Es decir, que si utilizáramos la relación Masa Libre de Grasa talla al cuadrado la posibilidad de confundir un IMC normal con sobrepeso es muy alto. En cambio utilizando la relación Masa Grasa talla al cuadrado el error de predicción tendió a cero. Es decir, que la posibilidad de error de predicción fue muy baja.

Sin embargo estas consideraciones solamente pueden hacerse cuando se cuenta con mediciones directas de tanto de la Masa Libre de Grasa como de la Masa Grasa, lo cual no resulta practico durante el ejercicio diario de la nutrición o en grandes estudios de población. En teoría debemos considerar que el IMC es un buen indicador de adiposidad que se ve confundido por la contribución de la Masa Libre de Grasa al peso corporal. Lo anterior significaría que su error de predicción sería la suma algebraica de los errores demostrados en este estudio para la Masa Libre de Grasa y para la Masa Grasa. En nuestro estudio las categorías de Cole tuvieron una alta concordancia con la masa grasa con una r^2 de 0.75, por lo que se demuestra su utilidad para evaluar la obesidad, como lo encontraron Cole y Keys.

Otros estudios, como el de Billewicz, Khosla y Lowe, han demostrado también que el IMC induce a error en la predicción de la adiposidad a nivel individual. Algunos sujetos pueden ser clasificados con sobrepeso u obesidad con IMC mayores a 25 kg/m² o 30kg/m² respectivamente, aun cuando su porcentaje de Masa Grasa medida es menor al valor máximo sugerido.

En este estudio, la Masa Libre de Grasa en gramos sobre talla en centímetros y al cuadrado no es significativa al compararse con la Clasificación de Cole y el IMC, mientras que la Masa Grasa en gramos sobre la talla al cuadrado, tiene una

mayor asociación con la Clasificación de Cole y el IMC en comparación de la Masa Libre de Grasa sobre talla al cuadrado, lo que indica que son óptimos para determinar la masa grasa, pero no para discriminar la Masa Libre de Grasa, tal como lo sugieren autores como Benn, Larsson, Gallagher, Flegal, Deurenberg.

La discordancia entre el IMC y la Masa Libre de Grasa puede explicarse en parte por las diferencias en la Composición Corporal. Es probable que en sujetos con mayor nivel de actividad física, un aumento en la Masa Libre de Grasa contribuya parcialmente al exceso de peso y a un mayor IMC.

La estimación de la Masa Grasa a través de ecuaciones predictivas que incluyan el IMC, la edad y sexo como variables independientes ha sido analizada por investigadores como Gurrici, Garrow y Webster, Larsson, Boe, Watson, concordando que la relación está bien representada por ecuaciones lineales o cuadráticas.

En este estudio se observó que la variable independiente con mayor peso estadístico para predecir la validez de la Clasificación de Cole y del IMC es la Masa Grasa en gramos sobre talla al cuadrado. Este resultado esta es similar al encontrado por otros autores, como Gallagher, Benn, Larsoon, Keys.

Los resultados del presente estudio demuestran que no es necesario hacer mediciones directas de la Masa Grasa para clasificar la obesidad de un sujeto, ya que el IMC es un buen predictor. Que en efecto tiene error al clasificar a sujetos que se encuentran en los dos extremos de la curva de distribución de la relación Masa Grasa entre talla al cuadrado. Este error es inducido principalmente por la falta de asociación entre la Masa Libre de Grasa y el IMC.

11. CONCLUSIONES

Entre los criterios que se han desarrollado para clasificar a niños con sobrepeso y obesidad, se ha aceptado de manera internacional la propuesta de la IOTF de utilizar la Clasificación de Cole. Los fundamentos para esta decisión incluyen que están contruidos con una muestra poblacional procedente de varios países con suficiente variabilidad antropológica, la validez de esta herramienta para el diagnóstico de obesidad está basada en que los límites de cohorte están basados en predicciones del IMC que los niños alcanzarían durante la edad adulta.

De acuerdo a los datos que presentamos en esta investigación mediante modelos de regresión lineal y cuadrática, el IMC es un buen indicador de la Masa Grasa para evaluar la obesidad, pero predice mal la medición de la Masa Libre de Grasa. La Masa Libre de Grasa ajustada por la talla o la talla al cuadrado explica una variabilidad cercana al 50% de IMC, lo cual interfiere con la capacidad del IMC para identificar a la obesidad, especialmente en los casos con proporciones muy altas o muy bajas de Masa Libre de Grasa en relación al peso corporal.

Las mediciones directas de la Masa Libre de Grasa y la Masa Grasa deben ser usadas solamente para estudios fisiológicos, mientras que para diagnosticar poblaciones, el IMC puede ser útil como predictor de obesidad.

Los resultados del presente estudio sugieren que un modelo de regresión entre la Masa Grasa y la talla al cuadrado es la mejor manera de expresar los resultados de adiposidad.

12. RECOMENDACIONES

El IMC es un buen indicador de adiposidad, sin embargo para tener una mejor clasificación de obesidad en los niños se debe considerar su edad y sexo. Es necesario validar los puntos de corte del IMC según la Clasificación de Cole en la población mexicana ya que la proporcionalidad entre la Masa Grasa y la Masa Libre de Grasa es diferente a la de otras poblaciones y por lo tanto su precisión para diagnosticar sobrepeso y obesidad sería menor.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Heymsfield, B. S., Wang, Z., Withers, T. R. 1996. Chapter 7: Multicomponent Molecular Level Models of Body Composition Analysis. En: Human Body Composition. 10a Edition. (ed) Roche, F. A., Heymsfield, B. S., Lohman, G. T. Ed. Human Kinetics. United States of America. pp: 129-147.

Padrón, M, 2002. Obesidad infantil: un problema creciente. Nutrición Clínica. 5 (4) 258-262.

Organización Mundial de la Salud 2007. Nota descriptiva #311 Obesidad y sobrepeso. ¿Qué son la obesidad y el sobrepeso? Actualización: Septiembre 2006. Dirección: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>

Casanueva, E., Kaufer-Horwitz M, Pérez-Lizuar, A., Arroyo, P., 2001. Nutriología Médica. 2ª Edición. Editorial Panamericana. México.

Kathleen, M. L., Escott, S. S. 2000. Nutrición y Dietoterapia de Krause. 10ª Edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México.

Vidal, V. O., Cordido, C. F., Martínez, R. F., Méndez, J. 1994. Capítulo 2: Clasificación y Clínica de las obesidades. En: La obesidad. Monografía de la Sociedad Española de Endocrinología. 1ª Edición. (ed) Soriguer, E. F. Editorial Díaz de Santos. España. Pp: 19-22.

Amigo, H. 2003. Obesidad en el niño en América Latina: situación, criterios de diagnóstico y desafíos. Esc Nac Sau Pub. 20 (1): 90-102.

Osuna, R. I., Hernández, P. B., Campuzano, J., Salmerón, J. 2006. Índice de Masa Corporal y percepción de la imagen corporal en una población adulta mexicana: la precisión del autoreporte. Salud Pública Méx. 48(2): 94-103.

Ramos, G. R., Villalpando, H. S. 1998 Crecimiento y desarrollo. En Muñoz-Martínez EJ, García. X. Fisiología. Células, órganos y sistemas. Tomo VI. México: Secretaría de Salud, UNAM, Centro de Investigación de Estudios Avanzados, IMSS, Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, Fondo de Cultura Económica, 1998:55-64.

Caíno S, L., Kelmansky D. 2003. Crecimiento diario: ¿Proceso continuo, periódico, saltatorio, pulsátil o caótico?. Arch argent pediatr 101:205-210.

Azcona, S-J. C., Romero, M. A., Bastero, M. P., Santamaría, M. E. 2005. Obesidad Infantil. Rev. Esp. Obes. 3(1): 26-39.

Moreno, G. M. 1997. Diagnóstico de obesidad y sus métodos de evaluación. Bol. Esc. Med. Pont. Uni. Cat. Ch. 26(1): 9-13.

Crespo, V. N., Rosales, G. E., González, F. R., Crespo, M. N., Hernández, B. J. 2003. Caracterización de la Diabetes Mellitus. Rev Cubana Med Gen Integr. 19(4)
Maíz, G. A. 1997. Consecuencias patológicas de la obesidad: hipertensión arterial, diabetes mellitus y dislipidemias. Bol. Esc. Med. Uni. Cat. Ch. 26(1)

Martínez, V. J., Carmena, R. 1994. Capítulo 4: Obesidad y riesgo cardiovascular. En: La obesidad: Monografía de la Sociedad Española de Endocrinología. 1ª Edición. (ed) Soriguer, E. F. Editorial Díaz de Santos. España. Pp: 35-38.

Onatra, H. W. 1997. Lipoproteínas, obesidad y riesgo cardiovascular. Rev. Col. Meno. 3(1)

Rivera, D. J., Shamah, L. T., Villalpando, H. S., Rivera, P. M., Cuevas, N. L., Mejía, R. F., Barquera, C. S. 2001. Preescolares. En: Encuesta Nacional de Nutrición 1999: Estado nutricional de niños y mujeres en México. 1ª Edición. (ed) Rivera, D. J., González, C. T., Shamah, L. T., Villalpando, H. S., Hernández, P. B., Sepúlveda, J. Instituto Nacional de Salud Pública, México. Pp: 30, 34.

Rivera, D. J., Shamah, L. T., Rojas, R., Villalpando, H. S., Cuevas, N. L., Ávila, A. M., Jiménez, A. A. 2006. Estado Nutricio. En: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006. 1ª Edición. (ed) Olaíz, G. Rivera, D. J., Shamah, L. T., Rojas, R., Villalpando, H. S., Hernández, A. M., Sepúlveda, J. Instituto Nacional de Salud Pública, México. Pp: 86-88, 92-95, 97.

William, H. M. 2002. Capítulo 10: Peso y Composición Corporal para la salud y el deporte. En: Nutrición para la salud, la condición física y el deporte. 1ª Edición. (ed) Williams, H. M. Editorial Paidotribo. Barcelona, España. Pp: 314-321.

Roche, F. A. 1996. Chapter 9: Anthropometry and Ultrasound. En: Human Body Composition. 10a Edition. (ed) Roche, F. A., Heymsfield, B. S., Lohman, G. T. Ed. Human Kinetics. United States of America. pp: 167-179.

Gibson, S. R. 1990. Chapter 10: Anthropometry assessment of growth. En: Principles of Nutritional Assessment. 9a Edition. Gibson, S. R. Oxford University Press, Inc. United States of America. Pp: 165-171.

Schoeller, A. D. 1996. Chapter 2: Hydrometry. En: Human Body Composition. 10a Edition. (ed) Roche, F. A., Heymsfield, B. S., Lohman, G. T. Ed. Human Kinetics. United States of America. pp 25-43.

Baumgartner, N. R., 1996. Chapter 5: Electrical Impedance and Total Body Electrical Conductivity. En: En: Human Body Composition. 10a Edition. (ed) Roche, F. A., Heymsfield, B. S., Lohman, G. T. Ed. Human Kinetics. United States of America. pp: 79-107.

Lohman, G. T., 1996. Chapter 4: Dual Energy X-ray Absorptiometry. En: Human Body Composition. 10a Edition. (ed) Roche, F. A., Heymsfield, B. S., Lohman, G. T. Ed. Human Kinetics. United States of America. pp: 63-77.

Ellis, J. K. 1996. Chapter 3: Whole-Body Counting and Neutron Activation Analysis. En: Human Body Composition. 10a Edition. (ed) Roche, F. A., Heymsfield, B. S., Lohman, G. T. Ed. Human Kinetics. United States of America. pp: 45-61.

Puche, C. R. 2005. El Índice de Masa Corporal y los razonamientos de un astrónomo. Fund. Rev. Med. BA. 65(4): 361-365.

Rodríguez M. G., Gallego V. S., Fleta Z. J., Moreno A. L., 2006. Uso del Índice de Masa Corporal para valorar la obesidad en niños y adolescentes. Rev Esp Obes 4 (5): 284-288.

Ross, D. W., Kerr, A. D. 2004. Fraccionamiento de la Masa Corporal: Un Nuevo Método para Utilizar en Nutrición, Clínica y Medicina Deportiva. Rev Actua Cien Dep 1(3): 203-220.

Gallagher, D., Song, M-Y. 2003. Evaluation of body composition: practical guidelines. Prim Care Clin Office Pract 30(1): 249–265.

Siri, W. E. 1961. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In: Techniques for Measuring Body Composition. Edited by J. Brozek and A. Henschel. Washington, DC: Natl. Acad.

Heymsfield, B. S., Gallagher, D., Mayer, L., Beetsch, J., Pietrobelli, A. 2007. Scaling of human body composition to stature: new insights into body mass index. Am. J. Clin. Nutr. 86(1) pp: 82-91.

Bray, A. G. 2003. Evaluation of obesity: Who are the obese? Postgrad. Med.Rev. 114(6) pp: 19-27.

Cole, T. J., Bellizzi M. C., Flegal, K. M., Dietz, W. H. 2000. Establishing a standard for child overweight and obesity worldwide: international survey. BMJ, pp: 320-1240.

Cole, T. J. Flegal, M. K. Nicholls, D, Jackson, A. A. 2007. Body Mass Index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. BMJ, pp: 1-8.

Gallagher, D. Song, M. 2003. Evaluation of body composition: practical guidelines. Prim Care Clin Office Pract 30 (2003) pp: 249-265.

Larsson, I. Henning, B. Lindroos, A. K. 2006. Optimized predictions of absolute and relative amounts of body fat from weight, height, other anthropometric predictors, and age. Am J Clin Nutr 83. pp: 252-9.

Flegal, K. M. Ogden. C. L. Wei. R. Kuczmarski R. L. Johnson C. L. 2001. Prevalence of overweight in US children: comparison of US growth charts from the Centers for Disease Control and Prevention with other reference values for body mass index. Am J Clin Nutr. 73. pp 1086-93.

14. ANEXOS

ANEXO 1 Datos de referencia de Cole.

International cut off points for body mass index for overweight and obesity by sex between 2 and 18 years, defined to pass through body mass index of 25 and 30 kg/m ² at age 18, obtained by averaging data from Brazil, Great Britain, Hong Kong, Netherlands, Singapore, and United States				
	Body mass index 25 kg/m ²		Body mass index 30 kg/m ²	
Age (years)	Males	Females	Males	Females
2	18.4	18.0	20.1	20.1
2.5	18.1	17.8	19.8	19.5
3	17.9	17.6	19.6	19.4
3.5	17.7	17.4	19.4	19.2
4	17.6	17.3	19.3	19.1
4.5	17.5	17.2	19.3	19.1
5	17.4	17.1	19.3	19.2
5.5	17.5	17.2	19.5	19.3
6	17.6	17.3	19.8	19.7
6.5	17.7	17.5	20.2	20.1
7	17.9	17.8	20.6	20.5
7.5	18.2	18.0	21.1	21.0
8	18.4	18.3	21.6	21.6
8.5	18.8	18.7	22.2	22.2
9	19.1	19.1	22.8	22.8
9.5	19.5	19.5	23.4	23.5
10	19.8	19.9	24.0	24.1

10.5	20.2	20.3		24.6	24.8
11	20.6	20.7		25.1	25.4
11.5	20.9	21.2		25.6	26.1
12	21.2	21.7		26.0	26.7
12.5	21.6	22.1		26.4	27.2
13	21.9	22.6		26.8	27.8
13.5	22.3	23.0		27.2	28.2
14	22.6	23.3		27.6	28.6
14.5	23.0	23.7		28.0	28.9
15	23.3	23.9		28.3	29.1
15.5	23.6	24.2		28.6	29.3
16	23.9	24.4		28.9	29.4
16.5	24.2	24.5		29.1	29.6
17	24.5	24.7		29.4	29.7
17.5	24.7	24.8		29.7	29.8
18	25	25		30	30

Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey

Tim J Cole, *professor of medical statistics*^a, Mary **C Bellizzi**, *health policy officer*^b, **Katherine M Flegal**, *senior research scientist*^c, **William H Dietz**, *director*^d.

ANEXO 2 Carta de consentimiento

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA CENTRO DE INVESTIGACION EN NUTRICION Y SALUD.

Proyecto: Contribución de los patrones de alimentación, actividad física y gasto total de energía en la génesis de la obesidad durante la edad escolar.

Carta de Consentimiento Informado.

Yo _____ acepto que mi hijo(a) _____ participe en el proyecto de investigación titulado **“CONTRIBUCIÓN DE LOS PATRONES DE ALIMENTACIÓN, ACTIVIDAD FISICA Y GASTO TOTAL DE ENERGÍA EN LA GENESIS DE LA OBESIDAD DURANTE LA EDAD ESCOLAR”** que dirige el Dr. Salvador Villalpando Hernández del Centro de Investigación en Nutrición y Salud, perteneciente al Instituto Nacional de Salud Pública (INSP).

Así mismo declaro que he sido informado y he comprendido que la investigación tienen como propósito estudiar el posible desarrollo de obesidad en los niños de primer año de la escuela, y ver cuantos alimentos y de que tipo consumen, conocer a que hora durante el día y con que intensidad realizan actividad física, y cuanta energía gastan durante el día como posibles causas de que un niño desarrolle obesidad después de su ingreso a la escuela primaria.

He sido informado que a mi hijo (a) se le medirá el peso y talla, juntos daremos información sobre los alimentos que consume a lo largo de una semana, durante la cual cargara en su ropa un aparato que sirve para conocer la cantidad de actividad física que realiza durante el día. Se le administrará en dos ocasiones una dosis de un agua especial conocida como agua deuterada, la cual no implica ningún riesgo para el, y que se le tomaran dos muestras de saliva en cada ocasión. Finalmente, será introducido y acostado en una pequeña tienda de plástico, por donde circulan aire y oxígeno, para conocer la cantidad de Oxígeno que su cuerpo consume y la cantidad de Bióxido de carbono que excreta.

Que este estudio no representa riesgo conocido de ningún tipo para mi hijo, que me brindaran orientación acerca de su salud, nutrición y posibles ajustes a su dieta o actividad física. También he sido informado (a) que los miembros del equipo de investigación me brindaran información para resolver las dudas o preguntas que me surjan en el transcurso del estudio.

Este documento me brinda la libertad de retirar a mi hijo del estudio por cualquier motivo, sin repercusión en relación al apoyo del equipo de investigación, ni a los servicios que brinda la escuela. La información que se obtenga de mi hijo (a) será confidencial y será utilizada únicamente con fines de investigación y apoyo al bienestar del niño(a).

La participación de de mi hijo en el estudio no implica un gasto económico de nuestra parte y si lo hubiera será absorbido por el presupuesto del proyecto.

Nombre y firma del Padre del niño (a)

Nombre y firma de la Madre del niño (a)

Dirección:

Dirección:

Testigo

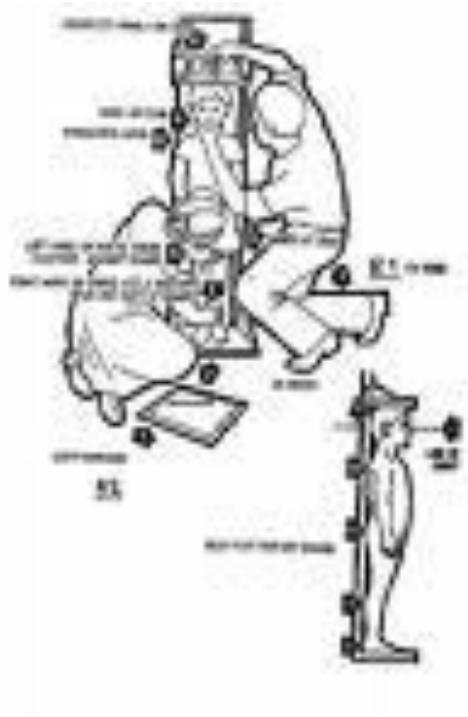
Nombre y firma

Testigo

Nombre y firma

El equipo de investigación me podrá atender por vía telefónica en caso de cualquier duda o pregunta, al Tel. 10 12 936 en horario de oficina.

ANEXO 3 Estatura



ANEXO 4 Peso



ANEXO 5 BOD-POD

