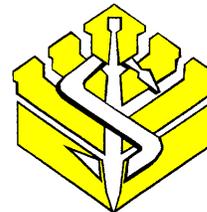




**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
DIRECCIÓN DE POSTGRADO
MAÉSTRÍA DE NUTRICIÓN**



Estimación de composición corporal a través de técnicas nucleares y bioimpedancia eléctrica, en niños escolarizados. Naguanagua 2009.

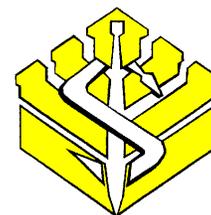
AUTOR: Duno Maryelin. C.I: 13.987.864

TUTOR: M.Sc. María Adela Barón

Bárbula, Julio 2014



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
DIRECCIÓN DE POSTGRADO
MAESTRIA DE NUTRICION**



**ESTIMACIÓN DE COMPOSICIÓN CORPORAL A TRAVÉS DE
TÉCNICAS NUCLEARES Y BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, EN
NIÑOS ESCOLARIZADOS. NAGUANAGUA 2009.**

AUTOR: Duno Maryelin. C.I: 13.987.864

TUTOR: M.Sc. María Adela Barón

Bárbula, Julio 2014



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
DIRECCIÓN DE POSTGRADO
MAESTRIA EN NUTRICIÓN**



VEREDICTO

Nosotros, miembros del jurado designado para la evaluación del trabajo de Grado titulado: **Estimación de composición corporal a través de técnicas nucleares y bioimpedancia eléctrica, en niños escolarizados. Naguanagua 2009.** Presentado por Maryelin Duno Ruiz; para optar al título de Maestría en Nutrición, estimamos que el mismo reúne los requisitos para ser considerado como: _____

Nombre y Apellido

C.I.

Firma del Jurado

DEDICATORIA

A Dios por permitirme vivir, haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud y fortaleza en los momentos de debilidad y brindarme salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

*A mis padres **Marbella y Willian** por ser ellos el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.*

A mi esposo Roger por su apoyo incondicional en todas mis metas propuestas, la compañía constante tanto en los momentos buenos como en los malos y por el inmenso amor que me brinda día a día, el cual me fortalece y me ayuda a no decaer.

A mis hijos Lorens Katherine y José Guillermo por darme la fuerza de seguir siempre adelante y culminar un proyecto que inicié, para yo ser ejemplo y ellos puedan culminar cada meta propuesta en un futuro. Además de haberme enseñado que amar no tiene límites.

A mi Tutora M.Sc. María Adela Barón que me han acompañado durante este largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación.

Y por último y no menos importantes, a mis 5 hermanos Mitherla, Andrés, Liseth, Natacha y Brenda, quienes siempre han estado a mi lado apoyándome con mucho amor durante todos mis estudios, muchísimas gracias.

AGRADECIMIENTOS

La realización de esta Tesis no habría sido posible sin la valiosa ayuda de mi tutora: M.Sc. María Adela Barón. Mi sincero agradecimiento no sólo por la formación académica, la cual sin duda fue muy importante, sino también por la confianza depositada en mí y por su ejemplo de trabajo y dedicación.

A los miembros del Jurado, también hago extensivo el agradecimiento por haber asumido la importante tarea de la corrección y perfeccionamiento de este Trabajo. Por último, la realización de esta Tesis tampoco hubiera sido posible sin el constante apoyo de mis seres más cercanos: mi esposo Roger Pérez y la motivación más importante mis dos grandes tesoros, mis hijos Lorens Katherine y José Guillermo, y toda mi familia: mi mamá, mi papá y mis hermanos.

A todos, Muchas gracias!!!

ÍNDICE GENERAL

| | |
|-----------------------------------|------|
| • Portada..... | i |
| • Veredicto..... | iii |
| • Dedicatoria..... | iv |
| • Agradecimientos..... | v |
| • Índice General..... | vi |
| • Índice de Tablas..... | viii |
| • Índice de Figuras..... | ix |
| • Resumen..... | x |
| • Objetivos..... | 08 |
| • Objetivo General..... | 08 |
| • Objetivos Específicos..... | 08 |
| • Justificación..... | 09 |
| • Capítulo II..... | 14 |
| • Fundamentos teóricos..... | 14 |
| • Antecedentes..... | 14 |
| • Bases teóricas..... | 28 |
| • Capítulo III..... | 73 |
| • Marco Metodológico..... | 73 |
| • Nivel de investigación..... | 73 |
| • Diseño de la investigación..... | 73 |
| • Población y muestra..... | 73 |
| • Criterios de inclusión..... | 74 |
| • Criterios de exclusión..... | 74 |
| • Materiales y Métodos..... | 75 |
| • Capítulo IV..... | 86 |
| • Resultados..... | 86 |

- Capítulo V.....105
- Discusión.....105
- Conclusión.....129
- Recomendaciones.....130
- Referencias bibliográficas.....131

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1 Caracterización de los niños evaluados según grupo etario, género y estrato socioeconómico:87
- Tabla 2: Estadísticos descriptivos de las variables antropométricas y de composición corporal88
- Tabla 3: Comparación entre variables antropométricas y de composición corporal, según género.....90
- Tabla 4: Comparación entre variables antropométricas y de composición corporal, según caracterización nutricional antropométrica92
- Tabla 5: Comparación entre variables antropométricas y de composición corporal, según grupo de edad.....93
- Tabla 6: Análisis de regresión, sesgo y coeficiente de correlación de concordancia (ρ_c) entre el método de dilución isotópica versus bioimpedancia eléctrica y antropometría.....96
- Tabla 7: Sesgo y coeficiente de correlación de concordancia (ρ_c) entre el método de dilución isotópica versus bioimpedancia eléctrica y antropometría, de acuerdo al estado nutricional.....104

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1:Caracterización nutricional antropométrica de los niños evaluados.....91
- Figura 2. Porcentaje de grasa corporal estimado por Bioimpedancia eléctrica versus el método de referencia (dilución isotópica con deuterio). a) Análisis de regresión lineal y b) Gráfica de Bland-Altman.....97
- Figura 3. Porcentaje de grasa corporal estimado por Antropometría versus el método de referencia (dilución isotópica con deuterio). a) Análisis de regresión lineal y b) Gráfica de Bland-Altman.....99
- Figura 4.Análisis de regresión lineal entre el porcentaje de grasa determinado por la técnica de dilución isotópica con óxido de deuterio (D₂O) vs el estimado por bioimpedancia y antropometría, según género.....102
- Figura 5.Análisis de regresión lineal y de Bland-Altman entre el porcentaje de grasa determinado por la técnica de dilución isotópica con óxido de deuterio (D₂O) (Variable dependiente) y el estimado por antropometría (Variable independiente), según género..... 103

ESTIMACIÓN DE COMPOSICIÓN CORPORAL A TRAVÉS DE TÉCNICAS NUCLEARES Y BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA, EN NIÑOS ESCOLARIZADOS. NAGUANAGUA 2009.

Duno, Maryelin

Julio, 2014

Resumen

La evaluación de la composición corporal, constituye el eje central de la valoración del estado nutricional y consiste en el fraccionamiento del cuerpo. El objetivo del estudio fue determinar la composición corporal a través de la técnica de dilución isotópica con deuterio, bioimpedancia eléctrica (BIA) y antropometría, en escolares entre 6 a 11 años de edad. Se observó una alta prevalencia de malnutrición por exceso (36,4%) siendo el mayor porcentaje en el género femenino (20%). Se observaron diferencias significativas en el porcentaje de grasa corporal entre los métodos de medición, con valores superiores para el método de dilución isotópica. Al comparar los resultados obtenidos del porcentaje de grasa corporal por antropometría, BIA y el método de dilución isotópica, se observó una buena correlación; sin embargo, no se encontró una buena concordancia entre los métodos. Tanto para la antropometría como la BIA subestimaron el porcentaje de grasa corporal en comparación con el método de referencia, siendo mayor la subestimación para la antropometría. Se recomienda incluir en la evaluación nutricional la determinación de la composición corporal, debido a la alta prevalencia de malnutrición por exceso. A fin de mejorar la concordancia entre los métodos de estimación de la composición corporal se deben desarrollar y validar ecuaciones de regresión apropiadas para la población venezolana, en los diferentes grupos etarios y estado nutricional; así como continuar con la promoción de líneas de investigación para el estudio de la composición corporal en niños, incluyendo métodos de referencia, como la técnica de dilución isotópica con deuterio.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La niñez es un período de intensa actividad metabólica, con un desarrollo sostenido de la masa muscular y ósea. Las variaciones en estos componentes corporales dependen de la edad, sexo, grupo étnico, herencia, alimentación, actividad física, salud, ambiente físico y psicosocial. Durante el proceso de crecimiento y desarrollo se producen una serie de cambios en la composición corporal, principalmente en el almacenamiento de nutrientes y distribución del tejido muscular, óseo y adiposo, de acuerdo a edad y sexo(1-4).

El crecimiento involucra cambios cuantitativos en el tamaño corporal y cualitativos en la composición química del cuerpo, por lo que su evaluación es un instrumento operacional de gran valor (2,5,6).

En Venezuela, la malnutrición se ha venido diagnosticando por el Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional del Instituto Nacional de Nutrición, a través de la combinación de indicadores de dimensión corporal.

La cobertura para el año 2007 según distritos y municipios sanitarios en niños menores de 15 años fue de 453.447 de ellos 13.240 se encuentran sobre la norma lo que corresponde a 9,5 % y 18.636 corresponde a niños que presentan riesgo de déficit, ya sea leve, moderado y grave que corresponde a 13,3 % (7). La malnutrición bien por déficit o por exceso se refleja en las variaciones de la masa corporal y de los componentes que conforman el cuerpo humano (8).

La malnutrición por déficit se acompaña de una depleción del tejido magro y graso, el cual está formado por la masa celular activa (músculo y víscera), la proteína estructural o tejido de sostén y el tejido celular subcutáneo siendo la primera la que más se modifica en presencia de una reducción significativa de nutrientes. En situaciones de restricción calórica más leve, se observa una disminución variable del tejido graso (8). En el caso de sobrepeso o de la obesidad, el diagnóstico se complica debido a la dificultad para evaluar e interpretar correctamente, si el peso es producto de un exceso de tejido adiposo, o por el contrario se trata de un desarrollo considerable de la masa libre de grasa (9, 10).

La determinación de la composición corporal es una herramienta útil para la evaluación nutricional a distintas edades ya que permite entender de manera más exacta las posibles asociaciones entre la proporcionalidad de

los distintos comportamientos orgánicos y su alteración ante la presencia de enfermedades. En pediatría, la evaluación de la composición corporal es muy importante en la evaluación del estado nutricional; a diferencia de la edad adulta, no se puede asumir una composición constante de la masa magra durante el crecimiento y desarrollo, lo que hace necesario considerar dichos cambios para poder evaluar la composición corporal con precisión. Por otra parte, en los últimos años debido al aumento en la prevalencia de enfermedades que producen variaciones en los distintos compartimientos corporales, como la obesidad, trastornos de la conducta alimentaria, enfermedades crónicas que condicionan el uso de medicamentos en forma prolongados, que modifican en la composición corporal (6,11-13).

Los indicadores antropométricos de carácter global más ampliamente usados en la evaluación nutricional son el peso y la talla. La antropometría es un recurso muy sencillo y práctico; estima la masa corporal pero no discrimina la composición corporal, que es la manera más precisa de valorar el crecimiento. Además, la detección de las alteraciones del crecimiento mediante este método puede resultar tardía para realizar intervenciones oportunas (5,14). El peso corporal y la relación peso para la talla constituyen indicadores claves para la evaluación nutricional tanto poblacional como individual. Sin embargo, estos indicadores no proporcionan información acerca de la composición corporal (14,15).

La evaluación antropométrica se ha utilizado amplia y exitosamente para medir el riesgo nutricional, especialmente en los niños. La obtención de una serie de mediciones tanto de las dimensiones generales del cuerpo, así como de algunos compartimientos corporales, permite la construcción de indicadores que pueden ser aplicados para cuantificar y clasificar las variaciones del estado nutricional (9,16,17). Para el diagnóstico de sobrepeso y obesidad se requiere demostrar un incremento de la grasa corporal, mientras que en la desnutrición interesa la información tanto de grasa como de masa libre de grasa para evaluar la recuperación nutricional (15,18). Sin embargo, existen trabajos que indican que no es válido, en general, evaluar la composición corporal mediante ecuaciones propuestas para grupos diferentes, con una realidad étnica o epidemiológica distinta, siendo particularmente relevante estos aspectos en niños en crecimiento (1,3,11,19,20).

Existen numerosas metodologías para identificar los compartimientos corporales entre ellas los bicompartimentales el cual divide el cuerpo en componente magro y componente graso y los multicompartimentales que divide el cuerpo en varios compartimientos, siendo de mayor precisión; para esto se apoyan en métodos sofisticados que no están al alcance para la atención primaria del paciente, ya sea por su costo elevado o por su complejidad (8,15).

Dado que la antropometría tiene un costo muy reducido, parece atractivo utilizar combinaciones de indicadores antropométricos de composición corporal, tales como: los pliegues cutáneos tricipital, bicipital, suprailíaco y sub-escapular, para intentar conocer la masa grasa o la masa libre de grasa (8,14,15). Los pliegues subcutáneos y el área grasa son indicadores de las reservas calóricas o del componente graso y por ello la medida de ellos son considerados un procedimiento de gran validez para estimar el porcentaje total de grasa corporal y la circunferencia muscular del brazo junto al área muscular son de las reservas proteicas o del componente magro (9,16,21).

La bioimpedancia eléctrica es un método de evaluación de composición corporal, basado en la conducción de la corriente eléctrica de baja intensidad a través del compartimiento acuoso del cuerpo, permitiendo estimar la masa magra y grasa a través de ecuaciones. Tiene ventajas por su bajo costo, simplicidad, rapidez, fácil transportabilidad del equipo, inocuidad, necesidad de poca colaboración por parte del paciente y la baja variabilidad interobservador (6,22,23). En la actualidad existen varias ecuaciones matemáticas que han sido postuladas para su uso en niños, adolescentes y adultos. Sin embargo, hasta la fecha no existe una ecuación de uso universal; es decir, que pueda ser utilizada independientemente de la edad, sexo, origen étnico o estado nutricional del sujeto a ser investigado. Lo

anterior hace que las mediciones de masa magra, determinadas por bioimpedancia eléctrica, sean válidas tan solo para la población en que fueron obtenidas(19,24,25).

A pesar de estas limitaciones, se recomienda el uso bioimpedancia eléctrica para evaluar composición corporal en estudios epidemiológicos, considerando que esta última tiene una precisión comparable con la antropometría para estimar el porcentaje de grasa corporal, con la ventaja de no estar sujeta al error del examinador, además de ser una técnica simple, rápida y con gran aceptabilidad en niños (11,19,22,24,25).A diferencia de la antropometría, las expresiones matemáticas que permiten conocer el porcentaje de grasa a partir del valor de bioimpedancia son más limitadas. No obstante, ya se cuenta con valores referenciales para un limitado número de poblaciones e intervalos de edad (26).

La dilución isotópica, es una técnica nuclear que utiliza deuterio y/o ^{18}O para determinar el agua corporal total. A partir de los datos obtenidos es posible calcular masa libre de grasa del individuo y deducir la masa grasa corporal total a partir del peso, asumiendo que el 73% de la masa libre de grasa es agua (22). Este método tiene como ventaja su alta precisión y se ha considerado como un método “*Gold Standard*” para determinar el agua corporal total (27,28), ya que mide la proporción más importante del cuerpo,

el agua corporal total (50-60%). La grasa corporal total, evaluada con dilución isotópica, tiene una excelente concordancia en niños de 8 a 12 años contra grasa corporal medida con el estándar de evaluación de composición corporal por cuatro compartimentos. Así mismo la técnica de dilución isotópica es inocua, no invasiva, sencilla, reproducible y puede ser utilizada directamente en trabajos de campo (1,26,29,30).

En la actualidad, no existen trabajos publicados en la población venezolana que determinen la composición corporal a través de un método de referencia, como la de técnica nuclear o isotópica, las cuales tienen mayor exactitud y precisión para medir los compartimientos corporales. Por tal motivo, esta investigación se propone determinar la composición corporal a través de la técnica de dilución isotópica con deuterio, en niños escolarizados del Municipio Naguanagua, Estado Carabobo, durante el año 2009; y comparar el porcentaje de grasa estimado por de bioimpedancia eléctrica y antropometría, por ecuaciones de predicción ya existentes, esto permitirá conocer la utilidad y confiabilidad del uso de la bioimpedancia y antropometría en estudios epidemiológicos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la composición corporal a través de la técnica de dilución isotópica con deuterio, bioimpedancia eléctrica y antropometría, en niños escolarizados del Municipio Naguanagua, Estado Carabobo, durante el año 2009.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la composición corporal a través de la técnica de dilución isotópica con deuterio, en niños escolarizados del Municipio Naguanagua, Estado Carabobo, durante el año 2009
2. Calcular el porcentaje de grasa corporal a través de bioimpedancia eléctrica, en niños a evaluar.
3. Calcular el porcentaje de grasa corporal a través de ecuaciones antropométricas.
4. Comparar los resultados de la composición corporal estimados a través de bioimpedancia eléctrica y antropometría, con los obtenidos por la técnica de dilución isotópica con deuterio, como método de referencia.

JUSTIFICACIÓN

La evaluación del estado nutricional es un amplio campo en la medicina, compuesto de varios apartados, y uno de ellos corresponde a la evaluación de la composición corporal, el cual ha cobrado mayor importancia en la valoración nutricional, debido al aumento creciente de estados de malnutrición, ya sea por déficit o exceso (31).

El ascenso en las prevalencias de sobrepeso y obesidad infantil observada en las últimas décadas, es debida a un conjunto de factores, entre los que se encuentran, cambios en el patrón de alimentación y estilo de vida. Los efectos a la salud del sobrepeso y la obesidad abarcan alteraciones hormonales, metabólicas, ortopédicas y psicológicas que conlleva a su vez al incremento en el riesgo de padecer tempranamente alguna enfermedad cardiometabólica (17).

Todos los países experimentan el fenómeno de la transición nutricional, en el cual la epidemia de obesidad coexiste con problemas de desnutrición. Esto hace necesario la evaluación precisa de la composición corporal, con énfasis en la masa grasa y la masa libre de grasa, componentes que son de interés clínico y epidemiológico. La composición corporal varía acorde a la edad, sexo, crecimiento, estadio del tanner y

etnia del sujeto, siendo el contenido de grasa corporal el componente más variable, ya que puede diferir entre individuos del mismo sexo, talla y peso(29).

Por otro lado, durante el crecimiento y desarrollo, existe una "inmadurez química" de masa magra, dado que ésta tiene un menor contenido de potasio, menor densidad y mineralización, y mayor contenido de agua que en adultos. Por esto, en niños y adolescentes la composición corporal no es constante y por lo tanto, para su evaluación es necesario usar constantes específicas para cada edad y sexo. Todo esto representa una dificultad adicional para la evaluación de la composición corporal con exactitud, por otro lado aún no se cuenta con un método estándar y preciso para determinar la composición corporal, de uso internacional y aplicable para todas las edades, tanto en la práctica clínica, como en estudios epidemiológicos(6,29).

La estimación de la composición corporal en los niños ha cobrado gran relevancia a causa de la creciente prevalencia de la obesidad en las primeras etapas de la vida, y sus conocidos efectos adversos sobre el estado de salud. Ello ha propiciado el desarrollo y aplicación de métodos sencillos, cuya utilización sea viable en estudios poblacionales o de terreno (2,32,33). Es probable que la utilización de modelos multicompartimentales sea la mejor

forma de aproximarnos a un buen conocimiento de los cambios individuales de composición corporal en humanos (24,30).

Existe interés creciente en la evaluación del estado nutricional basado en la composición corporal como consecuencia de los nuevos conceptos sobre la división del organismo en varios compartimentos y de los avances tecnológicos que han hecho posible su conocimiento (30). Actualmente existen diversos métodos para evaluar la composición corporal en diferentes grupos de edad; sin embargo, su validez es cuestionable en ciertas poblaciones. La mayoría de las metodologías disponibles, se basan en un modelo de dos compartimentos, el cual divide al cuerpo en masa grasa y masa corporal libre de grasa. Dicho modelo considera densidades constantes para la masa magra y la masa libre de grasa y un factor de hidratación fijo para la masa corporal libre de grasa (35).

La estimación apropiada de la composición corporal en el área pediátrica ha propiciado el desarrollo y aplicación de métodos directos (análisis de cadáveres, activación de neutrones), indirectos (densitometría, tomografía, absorción de rayos x, resonancia magnética, escaneo del 40K) y doblemente indirectos (antropometría, absorciometría infrarroja, ultrasonido, impedancia bioeléctrica, excreción de creatina). Se destaca como métodos confiables y seguros el análisis de

activación neutrónica, la resonancia magnética, pesaje hidrostático, la plestimografía, la absorciometría dual de rayos X (DEXA), la antropometría y el análisis de la bioimpedancia eléctrica(4).

Una situación importante en la interpretación del análisis de la composición corporal es que los diversos métodos pueden producir resultados diferentes para la misma variable en la misma persona, sin embargo, la verdad absoluta no se alcanza con cualquier técnica *in vivo*, ya que todos los métodos son indirectos y se basan en suposiciones (4). El único método que da resultados exactos para el estudio de la composición corporal es el análisis químico de cadáveres, el cual es realizado *in vitro*, teniendo el inconveniente de no poder ser realizados *in vivo*. No obstante, *in vivo*, se dispone de varias técnicas ya antes mencionadas, sin embargo, en la actualidad las más utilizadas son las técnicas de antropometría y la bioimpedancia eléctrica. Ambas técnicas doblemente indirectas requieren ser validadas con un método *Gold Standard* como el método de dilución con deuterio (D_2O)(30,36). A este respecto, la antropometría es considerada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) uno de los métodos de aplicación universal, a pesar que puede ser menos precisa que otras técnicas, pero su naturaleza simple la convierte en una herramienta útil para examinar los cambios que se produce en la composición del cuerpo a lo largo del tiempo

en grandes poblacionales, específicamente donde el acceso a la tecnología es limitado (4).

Por todo lo expuesto anteriormente, se propone realizar esta investigación, ya que de esta manera se podría conocer si los resultados de los métodos empleados (antropometría, bioimpedancia eléctrica y el método de dilución isotópica) son similares en la muestra estudiada, y de esta manera poder ser intercambiables, es decir, si no se cuenta con el método de referencia, poder utilizar los otros dos métodos. Además de la importancia que tiene la determinación de la composición corporal en la práctica clínica, es una herramienta útil para conocer el estado nutricional del paciente, evalúa la severidad de malnutrición si existe, y ayudaría al pediatra a definir conductas en pacientes con patologías agudas o crónicas. Por otro lado, la evaluación de la composición corporal en el campo epidemiológico, permite el diseño, la implementación, el monitoreo y la evaluación del impacto de los programas nutricionales destinados a determinados grupos poblacionales; especialmente, de aquellos que por su vulnerabilidad se encuentran en situación de riesgo (5,30).

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

ANTECEDENTES

La obesidad infantil en las últimas décadas, ha aumentado en una proporción alarmante, tanto en los países desarrollados como en las vías de desarrollo. Se asocia a una serie de trastornos entre los que destacan: crecimiento, y maduración ósea y sexual acelerada por lo tanto una pubertad más temprana, dislipidemias, resistencia a la insulina, hipertensión arterial, diabetes mellitus, las cuales pudieren mantenerse hasta la edad adulta (17,37-39). Todos estos trastornos están directamente asociada la magnitud y distribución de la grasa corporal, por lo que es importante contar con métodos que permitan estimarla adecuadamente y de esta forma conocer y ponderar el riesgo asociado (17,28).

Varios estudios han sido realizados para determinar la grasa corporal y su distribución en niños, entre ellos el estudio realizado por Bray y col., quienes estudiaron 129 niños afroamericanos y niños blancos, entre 10 y 12 años de edad. Los métodos utilizados fueron: la absorciometría dual de rayos X, densitometría (pesada bajo el agua), dilución isotópica con agua

doblemente marcada (H_2^{18}O), impedancia bioeléctrica, pliegues cutáneos, circunferencias y diámetros corporales. Usando la absorciometría dual de rayos X como método de referencia, todas las fórmulas para estimar la grasa corporal a través de pliegues cutáneos, densidad corporal o bioimpedancia obteniendo mejores resultados en los niños con mayor grasa abdominal. El Índice de masa corporal se correlacionó altamente con la grasa corporal; sin embargo, hubo una buena correlación para los niños obesos y menor para los niños no obesos. La hidratación de la masa libre de grasa fue significativamente mayor en los niños con mayor contenido de grasa que en los niños más magros (79,2% en comparación con 76,7%). Los autores concluyeron que los datos obtenidos eran consistentes con la hipótesis de que todos los métodos de estimación de la grasa corporal funcionan mejor en los niños con mayor cantidad de grasa corporal (40).

Berral y col., estudiaron la composición corporal en 1329 niños españoles, entre 10 y 14 años de edad. Determinaron el grado de sobrepeso y obesidad a través del índice de masa corporal y calcularon la masa grasa mediante las fórmulas de *Lohman* y *Slaughter*. Observaron que con ambas fórmulas, las niñas presentaron valores de porcentajes de masa grasa mayores que los niños. Siendo mayores por la fórmula de *Slaughter*, para ambos géneros, y concluyendo que la ecuación más apropiada para el cálculo de porcentaje de grasa corporal, es la propuesta por *Lohman*(34).

Urrejola y col., evaluaron sí el uso de impedancia bioeléctrica (BIA) para estimar grasa corporal en un grupo de niñas prepúberes o con pubertad inicial tiene una precisión comparable a la obtenida por medición de pliegues subcutáneos. Estudiaron 50 niñas mayores de 9 años de edad, pertenecientes a dos cursos de una escuela básica en Santiago de Chile. Realizaron mediciones de: peso, talla, pliegues subcutáneos tricipital y subescapular e impedancia bioeléctrica. El porcentaje de grasa corporal se obtuvo aplicando las ecuaciones de *Slaughter*, las cuales han sido validadas en población infantil caucásica. El porcentaje promedio estimado de grasa corporal fue $23,9 \pm 6,4\%$ y $18,9 \pm 7,6$ según la ecuación de *Slaughter* y por BIA respectivamente; existiendo diferencias significativas entre ambas determinaciones. La estimación de la grasa corporal realizada por BIA fue consistentemente más baja que la estimada por pliegues subcutáneos. Al aplicar el criterio de Bland y Altman se observó que el nivel de concordancia entre grasa corporal estimada por BIA y pliegues cutáneos fue escasa. Sin embargo, existió una buena correlación entre ambos métodos, tal como era de esperar; ya que ambas ecuaciones para estimar la composición corporal están diseñadas usando las mismas variables (11).

Azócar y col., estimaron el agua corporal total (ACT) con deuterio en pacientes pediátricos en diálisis peritoneal y la compararon con las fórmulas de uso clínico habitual. Evaluaron 8 pacientes hospitalizados en la Unidad de

Nefrología, Universidad de Chile, con insuficiencia renal crónica, ingresados al programa de diálisis peritoneal crónica en el año 2002. Se realizó la medición de agua corporal total por dilución isotópica con deuterio según el protocolo de *Plateau* para compararlo con las fórmulas de Mellits y Cheek [peso (kg) * 0,6]. El test de Bland y Altman mostró que la estimación del ACT por deuterio es 2,9% inferior a la estimación del ACT por Mellits y Cheek y 1,6% superior que la estimación del ACT por kilogramos, lo que demuestra una distribución homogénea de los resultados. Observando que las diferencias no fueron significativas, lo que hace a los tres métodos comparables entre sí y útil en la práctica clínica (41).

Salazar y col., desarrollaron ecuaciones predictivas antropométricas para estimar agua y grasa corporal en 106 niños chilenos, de 3 a 5 años de edad. Estas ecuaciones fueron comparadas con una metodología considerada de referencia para estimar la composición corporal, como lo es la dilución isotópica con deuterio. Las ecuaciones se construyeron mediante regresión múltiple; y para establecer el grado de acuerdo entre el método de referencia (deuterio) y los modelos antropométricos, se realizó el análisis de concordancia de Bland y Altman. Consideraron la composición corporal de dos compartimentos: masa libre de grasa (MLG) y masa grasa (MG). El ACT expresada en porcentaje fue menor en los obesos, en comparación con los no obesos; y la MG fue mayor en los obesos. Los autores desarrollaron tres

ecuaciones para uso clínico a partir de las variables antropométricas. Aunque la diferencia promedio entre los dos métodos fue cercana a cero, la desviación estándar fue mayor en los niños entre 18 y 19 kg. La explicación a esta variabilidad estaría dada fundamentalmente porque la antropometría es un método indirecto menos preciso que la dilución isotópica con deuterio. Los autores consideran que la antropometría sigue siendo un estimador útil de la composición corporal cuando no exista otro método disponible. Sin embargo, para estudios más precisos se requiere utilizar el método de dilución isotópica con deuterio o idealmente un modelo multicompartimental (15).

Fernández, aplicó dos de las ecuaciones de *Dezenberg* a una muestra de 123 niños cubanos de 5 a 10 años de edad, (61 niños y 62 niñas), para determinar así las diferencias e intercambiabilidad de dichas ecuaciones al estimar algunos índices de la composición corporal. Registraron las variables: peso, talla y los pliegues cutáneos tricipital (PT) y abdominal (PA). Adicionalmente, determinó la masa grasa (MG) (32).

Ecuación 4: $MG = 0,332PC + 0,263 PT + 0,760 \text{ sexo} + 0,704 \text{ raza} - 8,004$

Ecuación 5: $MG = 0,308 PC + 0,23 PT + 0,641 \text{ sexo} + 0,857 \text{ raza} + 0,053PA - 7,62$

(Sexo: 1 para varones y 2 para hembras. Raza: 1 para los blancos y 2 para los negros).

Con los valores de MG obtenidos por cada fórmula calcularon porcentaje de grasa (% grasa), masa libre de grasa (MLG, kg), Índice de

masa grasa e Índice de masa libre de grasa (IMLG, kg/m^2). Los niños y las niñas tuvieron valores similares en cuanto a las características generales de la muestra, exceptuando los grosores del PT y el PA que fueron mayores en las niñas. En ambos sexos y en todos los índices de la composición corporal estimados, las diferencias entre las ecuaciones 4 y 5 de *Dezenberg* fueron pequeñas, aunque estadísticamente significativas. La ecuación 4, arrojó valores superiores en los indicadores de adiposidad corporal (MG, % grasa e IMG) e inferiores en los índices de tejido magro (MLG e IMLG). Dichas diferencias fueron significativamente mayores en las niñas y, en ambos géneros se correlacionaron fuertemente con el grosor del PA. Concluyendo que las ecuaciones 4 y 5 propuestas por *Dezenberg*, arrojaron valores de composición corporal similares los índices de la, por lo que pueden emplearse indistintamente al valorar grupos de sujetos o individuos aislados.

Elberg y col., compararon métodos de evaluación de cambios de la composición de la grasa corporal en niños, midiéndola en 2 momentos del estudio, al inicio y al final de un año de seguimiento, a través de plestimografía de desplazamiento de aire (BOD POD), y las fórmulas basadas en la impedancia bioeléctrica (BIA) y pliegues cutáneos como medida antropométrica; y lo compararon con la absorciometría dual de rayos X (DEXA) como el método de referencia; para evaluar el cambio de grasa corporal en 86 niños y adolescentes afroamericanos y blancos (52 niñas y 34

niños), con peso normal y sobrepeso. Todos los métodos estuvieron altamente correlacionados con la DEXA ($p < 0,001$); y no encontraron diferencias en el porcentaje de grasa corporal estimado por BOD POD y por DEXA para todos los niños examinados. Las estimaciones del cambio en el porcentaje de grasa corporal se sobrestimaron sistemáticamente por las ecuaciones de impedancia bioeléctrica y en la determinación de los pliegues cutáneos representaron solo el 13% de la varianza en el porcentaje de cambio de grasa corporal. Se concluyó que en comparación con el DEXA, no parece haber un método simple no invasivo para medir el porcentaje de cambio de la grasa corporal en niños con precisión y exactitud; no obstante, la plestimografía de desplazamiento de aire (BOD POD) tuvo mejor desempeño que la impedancia bioeléctrica y la antropometría (pliegues cutáneos), por lo que podría resultar útil para la medición de los cambios de adiposidad en niños (42).

Por su parte, Eisenmann y col., realizaron una evaluación de la composición corporal en 75 niños, de 3 a 8 años de edad (44 niñas y 31 niños) utilizando la antropometría (Índice de Masa Corporal y pliegues cutáneos), la BIA y el DXA, esta última como prueba de referencia. Los resultados sugieren que la BIA tiene una utilidad limitada en la estimación de la composición corporal, mientras que los pliegues cutáneos parecen ser más útiles para lograr este objetivo durante el rebote de adiposidad, el cual suele

ocurrir entre los 3 y 7 años, siendo su aparición precoz un factor de riesgo para el desarrollo de obesidad en el futuro. Sin embargo, todos los métodos subestimaron significativamente la grasa corporal en comparación con la determinada con el DEXA, sin ser intercambiables los métodos y ecuaciones de predicción utilizados (43).

Casanova y col., valoraron la masa magra y la grasa en 365 escolares españoles, aparentemente sanos, con edades comprendidas entre los 6,0 y 14,9 años, mediante impedancia bioeléctrica y métodos antropométricos; y analizaron la correlación existente entre ambos métodos. La densidad corporal se calculó a partir de las medidas de los cuatro pliegues cutáneos (bicipital, tricípital, subescapular y suprailíaco) con la fórmula de *Brook*. La impedancia bioeléctrica la midieron con un equipo de frecuencia fija (50 kHz) y la masa magra la calcularon con la ecuación de *Deurenberg*. Los autores encontraron buena correlación de la masa grasa medida por impedancia bioeléctrica y por los parámetros antropométricos. Concluyeron, que la impedancia bioeléctrica es una técnica de fácil manejo, bajo costo y alta fiabilidad por lo que es muy útil para el estudio de la composición corporal humana y posee una excelente correlación con los parámetros antropométricos (44).

Mok y col., compararon dos métodos de estimación de la composición corporal en 11 niños franceses, con distrofia muscular de Duchenne; enfermedad genética progresiva que se caracteriza por una dramática pérdida de masa muscular y de su función. Calcularon la composición corporal mediante el uso de mediciones de pliegues cutáneos y análisis de impedancia bioeléctrica, para compararlo contra la técnica de dilución isotópica, usando el método de agua doblemente marcada ($H_2^{18}O$) como método de referencia. La comparación entre los métodos utilizados mostró que la medición de los pliegues cutáneos sobreestima significativamente la masa libre de grasa. En contraste, las estimaciones obtenidas con impedancia bioeléctrica no difieren de los obtenidos con dilución isotópica. Concluyeron que, la estimación de la composición corporal por impedancia bioeléctrica fue similar a la obtenida con la dilución isotópica, a diferencia de la medición de grosor de los pliegues cutáneos (45).

Rodríguez y col., compararon la composición corporal, estimada por dos métodos antropométricos, impedancia bioeléctrica y por absorciometría dual de rayos X, en 230 preescolares argentinos (118 niños y 112 niñas), entre 4 y 6 años de edad. Se observaron diferencias significativas entre el porcentaje de grasa corporal por impedancia bioeléctrica y absorciometría dual de rayos X. La impedancia bioeléctrica reprodujo valores más bajos de porcentaje de grasa corporal que la absorciometría de doble haz de rayos X.

Los autores concluyeron que existe una buena correlación entre los métodos antropométricos sencillos y la impedancia bioeléctrica y absorciometría dual de rayos X. Sin embargo los resultados no son intercambiables ya que la impedancia bioeléctrica subestima en 5% los valores de grasa corporal respecto a los obtenidos por absorciometría de doble haz de rayos X (5).

Velásquez y col., evaluaron 238 niños chilenos, entre 3 y 5 años de edad; con el objeto de diseñar y validar ecuaciones antropométricas para estimar la grasa corporal y agua corporal total; utilizando como método de referencia a la técnica de dilución isotópica (protocolo de *Plateau*). Determinaron: peso, talla, pliegues cutáneos (bíceps, tricipital, suprailíaco, subescapular y pantorrilla), circunferencia de muñeca, brazo, cintura, cadera y pantorrilla. Utilizando modelos de regresión múltiple, desarrollaron varias ecuaciones para estimar el agua corporal y la grasa. Las ecuaciones propuestas fueron validadas, utilizando análisis de concordancia según *Bland-Altman*; método que permitió verificar si la estimación por dos métodos era comparable. Concluyeron que las nuevas ecuaciones diseñadas y validadas en Chile para niños de 3 a 5 años, demostraron ser confiables y tener una capacidad predictiva, especialmente útil para la evaluación de composición corporal en niños preescolares chilenos (1).

Cornejo y col., determinaron la composición corporal y correlacionaron el índice de masa corporal (IMC) con la masa grasa y masa magra, en 759 escolares y adolescentes de 6 a 16 años de Tamaulipas, México. Determinaron el IMC, la masa magra, la masa grasa y el agua corporal total, a través del método de impedancia bioeléctrica. Encontrando que los niños presentaban mayor porcentaje de sobrepeso y obesidad. La masa grasa fue similar para ambos sexos hasta los 10 años, a partir de esa edad la masa grasa fue mayor en las niñas. Con respecto a la masa magra la diferencia entre niñas y niños se hace evidente a los 13 años, cuando los varones mostraron un valor significativamente mayor, algo similar se observó con el agua corporal total. Hubo buena correlación entre el IMC y la masa grasa para los niños y las niñas. El análisis multivariado evidencio que el peso incremento 0,99 kg por cada unidad de cambio en la masa grasa y 1,03 kg por cada unidad de cambio en el agua corporal ajustado por edad, sexo, masa magra y grasa o agua corporal total, lo que explicó el 99% de la variabilidad del peso. Los autores concluyeron que la impedancia bioeléctrica es un método inocuo y fácil de implementar en la evaluación de la composición corporal (46).

Lizana y col., evaluaron el grado de concordancia entre el porcentaje de grasa corporal estimado por medidas antropométricas y bioimpedancia en una población de niños y adolescente chilenos entre 10 y 18 años de edad.

La muestra estuvo conformada por 321 estudiantes (160 femeninos y 161 masculino). El porcentaje de grasa corporal se valoró por antropometría (pliegues cutáneos) utilizando la ecuación de *Slaughter* y por bioimpedancia eléctrica (Omron modelo HBF-306INT®). El grado de asociación entre bioimpedancia y antropometría fue de 0,689 lo que corresponde a moderado. Sin embargo, disminuye por género y grado de adiposidad (mujeres: óptimo 0,409 y alto 0,610; hombres: óptimo 0,335 y alto 0,507). El coeficiente de correlación intraclase fue 0,668 el que igualmente disminuye por género y grado de adiposidad (mujeres: óptimo 0,323 y alto 0,578; hombres: óptimo 0,229 y alto 0,506). El coeficiente de correlación de concordancia de Lin en todos fue pobre ($<0,90$) por género y grado de adiposidad. Este estudio encontró discrepancias de estos dos métodos en este rango de edad, lo que se acentúa por género y grado de adiposidad. Por lo tanto, no se sugiere utilizar la bioimpedancia como un método intercambiable con las medidas antropométricas en niños y adolescentes, pues subestima el porcentaje de grasa corporal (23).

Vásquez y col., compararon las estimaciones de la grasa corporal a través de un modelo de 4C en escolares obesos. Seleccionaron 61 niños obesos ($IMC \geq p 95$) de ambos sexos, entre 8 y 13 años, reclutados en una escuela de una comuna de la ciudad de Santiago de Chile. Determinaron la composición corporal a través de la dilución isotópica, pletismografía y

absorciométriaradiográfica; utilizando como patrón de referencia el modelo de cuatro compartimentos de Fuller. Reportaron que en ambos sexos, el método que mejor concordancia mostró con el referente de 4 compartimentos fue la dilución isotópica. En niños, la dilución isotópica subestima la grasa corporal en -0,40 kg. Al contrario, la absorciometría radiográfica y la pletismografía sobreestiman la grasa corporal en 0,81 kg y 1,89kg respectivamente. En mujeres, todos los métodos sobreestiman la grasa corporal, destacando con un menor valor la dilución isotópica (0,46 kg), luego la absorciométriaradiográfica (0,52 kg) y la pletismografía (1,31 kg). Concluyeron que la dilución isotópica con deuterio fue el método más sensible para estimar grasa corporal en estudios de investigación ya que mostró la mejor concordancia con el *gold standard* del modelo multicompartimental (28).

Cossio y col., determinaron la concordancia de los valores del porcentaje de grasa corporal utilizando una ecuación específica con las de tres ecuaciones genéricas en una población de niños escolares de moderada altitud del Perú. Seleccionaron 321 niñas y 338 niños de un total de 3329 escolares de cuatro centros educativos de red pública de zonas urbanas, de manera probabilística. El cálculo del porcentaje de grasa se realizó con una ecuación específica A (Jaramillo y Rosell) y tres ecuaciones genéricas: B (Slaughter), C (Brook) y D (Boileau). Los resultados sugieren el uso de la

ecuación de Boileau para niños de ambos sexos ya que muestran un acercamiento al método específico de Jaramillo y Roselly la ecuación de Slaughter para niñas (3).

Campos y col., desarrollaron ecuaciones de predicción del porcentaje de grasa corporal a partir de circunferenciales corporales del brazo, cintura y pantorrilla y propusieron percentiles para diagnosticar el estado nutricional de niños escolares de ambos sexos de 4-10 años. Seleccionaron de forma intencional 515 niños (261 niños y 254 niñas), y evaluaron las variables antropométricas peso, estatura, pliegues cutáneos tricipital y subescapular y las circunferencias corporales del brazo, cintura y pantorrilla. Determinaron el porcentaje de grasa a través de la ecuación propuesta por *Boileau, Lohman y Slaughter*. A través de un análisis de regresión se generaron dos ecuaciones para predecir el porcentaje de grasa a partir de las circunferencias corporales; ambas ecuaciones fueron validadas a través del método de validación cruzada. Las ecuaciones obtenidas mostraron altos valores predictivos, oscilando con un $R^2 = 64-69\%$. En la validación cruzada entre el criterio y las ecuaciones de regresión propuestas no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) y se observó un alto grado de concordancia a un 95%. Concluyeron que las ecuaciones son válidas y confiables y pueden ser utilizadas y aplicadas en muestras similares (4).

BASES TEÓRICAS

La composición corporal se refiere al estudio anatómico molecular o tisular de los distintos componentes del cuerpo humano. Es afectada por factores como el estado nutricional, edad, sexo, enfermedades, actividad física y etnia. El análisis de la composición corporal, constituye el eje central en la valoración del estado nutricional de un individuo y consiste en el fraccionamiento de la masa total del cuerpo en sus distintos componentes principales (4,26,47). La evaluación de la composición corporal se ha convertido en un elemento básico dentro de la exploración clínica tanto inicial, como en el seguimiento evolutivo de aquellas patologías en las que las variaciones de los distintos compartimentos y componentes del organismo representan la aparición de factores de riesgo adicionales o influyen en la respuesta a los diferentes tratamientos. En este caso podemos mencionar a la obesidad, como una patología de carácter crónico, en el que la determinación de la composición corporal es pertinente tanto en la evaluación inicial como en el seguimiento (4,48).

La composición corporal tiene diversas definiciones, hay quienes la definen como aquella rama de la biología humana que se ocupa de la cuantificación *in vivo* de los componentes corporales, sus relaciones y sus cambios relacionados con los factores influyentes. La composición corporal

es la suma de los diversos tejidos y sistemas que conforman el organismo humano (49,50). Por otra parte, el estudio de la composición corporal resulta imprescindible para comprender el efecto que tiene la dieta, el crecimiento, el ejercicio físico, la enfermedad y otros factores del entorno, sobre el organismo (34,50). Concretamente, constituye el eje central de la valoración del estado nutricional, de la monitorización de pacientes con malnutrición aguda o crónica y del diagnóstico y tipificación de los factores de riesgo asociado a la obesidad(22,51).

Las alteraciones del estado nutricional y cierto tipo de enfermedades, provocan cambios en la estructura del organismo, tales como disminución de la masa celular, pérdida de proteínas o alteraciones en la relación de los líquidos intracelular y extracelular. La determinación de la magnitud de estos cambios en la composición corporal; así como una adecuada intervención nutricional permite mantener el equilibrio del medio interno, conservando el normal desarrollo de las funciones vitales (24).

Actualmente se han desarrollado métodos sofisticados para estimar la composición corporal; sin embargo, en la realización de estudios epidemiológicos y clínicos prevalece el uso de la antropometría para tal fin, por ser una técnica poco invasiva y económica. Se fundamenta en que el

pliegue cutáneo refleja las reservas energéticas y el músculo las reservas proteicas (52).

La edad escolar corresponde a una etapa del crecimiento estable que culmina con el “estirón” del adolescente, el cual ocurre alrededor de los 10 a 12 años; se inicia el dimorfismo sexual con el consecuente aumento en su demanda nutricional. En esta etapa de la vida, la valoración del crecimiento y desarrollo es importante, debido a que los niños están cambiando la composición corporal, por lo que la valoración periódica de su progreso corporal permite detectar y tratar oportunamente cualquier anomalía (53).

La medición de composición corporal se ha convertido en un procedimiento importante en las mediciones nutricionales (2), y puede ser medida por una variedad de métodos, los cuales varían en su complejidad, precisión, viabilidad, costo y disponibilidad. Algunos procedimientos son claramente inadecuados para los niños pequeños (por ejemplo, peso bajo el agua), mientras que otras están limitadas por la disponibilidad y el costo (por ejemplo, resonancia magnética y absorciometría dual de rayos). En comparación con los otros métodos, los pliegues cutáneos y el análisis de la bioimpedancia eléctrica ofrecen una buena viabilidad y una precisión razonable(2,5,25,28,43).

MODELOS DE COMPOSICIÓN CORPORAL

Niveles de organización

El cuerpo humano tiene más de 30 componentes, la suma de todos los componentes equivale al peso corporal total. Existen muchas maneras de dividir el cuerpo humano en sus diversos componentes, y numerosos métodos para conocer la composición corporal (22,54,55).

El estudio de la composición corporal nació y se ha desarrollado como una nueva disciplina cada vez más especializada, a través de la cual se aplican métodos, modelos y técnicas de menor o mayor complejidad que analizan los distintos compartimentos corporales, y en la actualidad permiten valorar la eficacia de las distintas terapéuticas nutricionales. Los métodos de estudio de la composición corporal, según su campo de aplicación, se pueden dividir en tres clases: epidemiológicos, clínicos y de investigación. Los modelos que han sido utilizados para su estudio se clasifican de acuerdo con el tipo de entidades o componentes que se quieran considerar. Estos modelos de acuerdo a su complejidad se dividen jerárquicamente en cinco niveles de estudio (55-57):

- 1. Nivel atómico:** Define al cuerpo humano como un conjunto de elementos. De los 106 elementos existentes, aproximadamente 50 son encontrados en el cuerpo humano y distribuidos en varios tejidos y órganos. Seis elementos (O, C, H, N, Ca y P) representan más 98% de la masa corporal total (el O representa más del 60%). Los 44 elementos restantes representan menos del 2%. Entonces, el peso corporal del individuo puede reconstruirse como la suma de los pesos de los 11 elementos: oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, selenio, cloro, sodio y magnesio; la sumatoria de todos estos elementos sería el peso corporal. Estos elementos son la base para la reconstitución a nivel molecular. El conocimiento de la existencia de proporciones estables entre el carbono (76,7%), hidrógeno (12,0%) y oxígeno (11,3%) sirve para deducir la masa corporal libre de carbono y el desarrollo de métodos para deducir los triglicéridos corporales totales o "grasa" desde el carbono corporal total y otros elementos.
- 2. Nivel molecular:** Estos 11 elementos son incorporados en moléculas forman más de 100.000 componentes químicos encontrados en el cuerpo humano. Estas moléculas se extienden en complejidad y peso molecular desde el agua al ácido desoxirribonucleico. No es útil, ni posible medir todos los compuestos del producto químico en seres humanos vivos. La alternativa usada en la investigación de la composición del cuerpo es

considerar al mismo en compuestos químicos. El agua, con el 60% del peso corporal (extracelular: 26%, intracelular: 34%), es el más abundante de los compuestos químicos, seguida por lípidos 20% (no esenciales 17,9%, esenciales 2,1%), las proteínas 15%, minerales y carbohidratos 5,3%. Estos componentes se agrupan en componentes mayores como: masa libre de grasa y masa grasa.

3. **Nivel celular:** Se incluye la masa celular, el líquido extracelular y los sólidos extracelulares y la grasa. Este nivel se considera compuesto por el tejido adiposo, masa corporal celular, líquido extracelular y sólidos extracelulares. La masa celular total a su vez está integrada en 4 clases de células: conectivas (adipocitos, osteoclastos, osteoblastos), epiteliales, nerviosas y las musculares.
4. **Nivel tisular:** Comprende tejido adiposo, el tejido muscular, el tejido óseo y otros tejidos: piel, víscera y sangre. Al igual que en otros niveles, los componentes se agrupan en compartimentos metabólicamente activos como "masa corporal libre de tejido adiposo".
5. **Nivel corporal:** Corresponde a todos los niveles anteriores tomando como unidad el cuerpo en su totalidad, comprende cabeza, cuello, brazos, tronco y piernas. El nivel corporal total incluye características como la

masa y la densidad corporal, los perímetros y pliegues cutáneos. Es de hacer notar que la mayoría de las investigaciones de campo realizan determinaciones en este nivel para valorar la composición corporal al determinar peso, talla, circunferencias y pliegues incluyendo los métodos como la antropometría y la bioimpedancia eléctrica.

Aunque cada nivel y sus múltiples compartimentos son distintos, las conexiones bioquímicas y fisiológicas, son coherentes y funciona como un todo. El modelo de cinco niveles crece a partir de la necesidad de desarrollar conceptos fisiológicos y metodológicos relacionados con la composición corporal. Este modelo también ofrece la oportunidad de definir claramente el concepto de la composición corporal en estado estacionario, donde las asociaciones cuantitativas existen en un intervalo de tiempo determinado entre los compartimentos en los mismos o diferentes niveles. Por último, el modelo de cinco niveles proporciona una matriz para la creación de ecuaciones para la determinación de la composición corporal y así como también suministra una visión más amplia para la investigación en esta área (2,49,54-56).

Modelos de compartimientos

En la actualidad, existen diversidad de modelos, métodos y técnicas para la evaluación de la composición corporal; la elección de éstos depende del objetivo del estudio, del grado de precisión y la exactitud que requiera la evaluación de la composición corporal, así como los recursos y medios disponibles (58).

A nivel práctico no siempre pueden estudiarse por separado todos los componentes de un mismo nivel, con las técnicas que se disponen, por lo que, a menudo, se divide el organismo en compartimientos que pueden comprender uno o más componentes dentro de un mismo nivel (22,59).

Uno de los modelos más utilizados para determinar la composición corporal es el modelo bicompartimental, que divide el cuerpo en masa grasa y masa libre de grasa, asumiendo la existencia de dos compartimientos a nivel molecular(2,59). El modelo bicompartimental considera densidades constantes para ambos compartimientos y un factor de hidratación fijo para la masa corporal libre de grasa (35). Los modelos de dos componentes son de menor precisión; sin embargo, son utilizados en estudios de campo (58).

Los modelos de referencia de dos compartimientos, se emplean con mayor frecuencia en pediatría para el estudio de la composición corporal; sin embargo, su aplicación es complicada, debido a los cambios en las proporciones o densidades de los componentes de la masa libre de grasa y el promedio en su densidad durante el crecimiento, a los supuestos, y a factores de corrección que deben ser utilizados para mejorar su exactitud (2,29). Este modelo es el que tiene mayor utilidad y aplicación en el área clínica a través de técnicas de medición accesibles (1).

Los modelos multicompartimentales (tres o más compartimientos) poseen claras ventajas frente a los bicompartimentales, ya que cometen menos errores en la estimación de la composición corporal cuando las proporciones de agua, proteínas y minerales varían de una situación a otra (22). Por lo tanto, cuando se requiere mayor exactitud se sugiere utilizar modelos con enfoque multicompartimental, que implica una evaluación independiente de la densidad corporal, agua corporal y huesos. Este enfoque puede dar cuenta de desviaciones en la calidad de la MLG, debido a que las mediciones de los componentes individuales de la MLG (acuosa y hueso) son independientes y no asumen una densidad constante. La composición de la grasa corporal y la MLG se pueden determinar por tres métodos diferentes: como la dilución isotópica, pletismografía y DEXA. Estas mediciones en

conjunto, permiten obtener el mejor resultado para cuantificar la grasa corporal (28,58).

El modelo de tres compartimientos requiere de la densidad corporal y del agua corporal total. En este modelo, la masa corporal libre de grasa se divide en agua y sólidos (principalmente proteínas y minerales). Por lo tanto, considera la densidad del agua, grasa y sólidos corporales (2). Los modelos multicompartimentales son más complejos para el uso clínico y epidemiológico, por lo que se han ensayado métodos más prácticos y económicos, basados en medidas antropométricas o en el uso de equipamiento menos complejos (49).

En la evaluación de la composición corporal, sólo el modelo de cuatro compartimientos se considera el método de componentes múltiples de referencia o “estándar de oro” (28,29). Este método, sin embargo, es costoso y requiere de mucho tiempo para la realización y por lo tanto no se utiliza generalmente en contextos clínicos (60). Por otra parte, los modelos de referencia de dos compartimientos varían en complejidad y requieren considerar algunos supuestos que pueden alterar su confiabilidad respecto al modelo de cuatro compartimientos (29).

Los modelos de dosacuatro compartimientos han sido considerados como métodos de referencia; es decir, modelos contra los cuales se comparan o validan otras técnicas (doblemente indirectas), más sencillas, prácticas y menos costosas; como la antropometría y la bioimpedancia eléctrica. Estas técnicas más sencillas, están basadas en algoritmos de estimación o ecuaciones de predicción de los componentes de grasa o masa libre de grasa (25,29).

Como se ha establecido, el estudio de los compartimientos corporales, es indispensable para diferenciar entre la obesidad y muscularidad e igualmente para el diagnóstico diferencial entre normalidad y desnutrición subclínica (9,21). La importancia de conocer estos modelos radica en que los métodos de medición se basan en ellos y se hallan influenciados por las suposiciones que cada uno de los modelos asume (54). La interpretación de las variaciones de masas específicas (compartimientos) puede ser sólo provista por métodos capaces de medir propiedades fisicoquímicas de las mismas masas, independientemente del peso corporal, y con sensibilidad adecuada a las exigencias clínicas (61).

Para poder estimar la composición del cuerpo existen una amplia variedad de métodos, estos pueden ser clasificados en tres grupos:

1. **Métodos directos:** Son métodos que se basan en el procedimiento de disección de cadáveres. Es el único absolutamente válido y que no depende de supuestos teóricos (10). Se realizan análisis químicos directos de los componentes del cuerpo humano, que son los más exactos aunque presentan el inconveniente de que no pueden ser aplicados "*in vivo*", aparte de difíciles y costosos (49). El análisis de cadáveres es el método más directo y exacto para el estudio de la composición corporal (29).

2. **Métodos indirectos:** Llamados "*in vivo*", porque el cálculo de cualquier parámetro, se hace a partir de la medida de otro, como por ejemplo, la utilización de la densidad corporal total para estimar la composición corporal, presuponiendo una teórica y constante relación cuantitativamente entre ambas variables y aceptando que el organismo está básicamente integrado por dos sectores bien diferenciados (lipídico e hídrico); constituyendo un modelo de dos compartimentos. Los valores de ambos pueden calcularse midiendo el peso bajo el agua y aplicando luego el principio de Arquímedes (49). Entre los métodos indirectos están:

Técnicas densitométricas:

- Hidrodensitometría (HD)
- Pletismografía por desplazamiento de volumen/aire (BOD POD)

Técnicas de dilución isotópica:

- Deuterio (^2H)
- Trítio (^3H)
- Isótopo del oxígeno 18 (^{18}O)

Técnicas de dilución no isotópica:

- Antipirina
- Etanol
- Urea

Técnicas de imagen:

- Tomografía axial computarizada
- Imagen por resonancia magnética nuclear
- Absorciometría de energía dual de rayos X (DEXA)
- Técnicas para cuantificación de potasio corporal total (40K) (57).

3. **Métodos doblemente indirectos:** resultan de ecuaciones derivadas de algún método indirecto, en la cual se encuentran las ecuaciones bicompartimentales basadas en la medición de los pliegues cutáneos para estimar el contenido lipídico corporal total. Estas ecuaciones disponen de gran popularidad, debido a su bajo costo y fácil aplicación; en la actualidad ya se han reportado más de 100 ecuaciones. Las técnicas que utilizan un método de medición doblemente indirecto se caracterizan por medir algún parámetro corporal, que mantiene una cierta relación estadística con el componente corporal que se desea estimar. La relación estadística, utilizada debe haber sido previamente establecida, utilizando alguna técnica directa o indirecta para medir los componentes

corporales. Dentro de estas técnicas se considera principalmente el análisis de la bioimpedancia eléctrica y la antropometría (57).

Se disponen de técnicas indirectas no invasivas como: el método de dilución con deuterio (D_2O), la pletismografía por desplazamiento de aire (BOD POD) y la absorciometría dual de rayos X (DEXA). Con estas técnicas, es posible medir componentes específicos como la masa mineral ósea, el agua corporal y la densidad del cuerpo. La combinación de las tres técnicas y sus mediciones específicas, permite desarrollar lo que se conoce como un modelo de cuatro compartimentos en composición corporal (masa ósea; agua corporal total; masa grasa y un componente residual anhidro, conformado fundamentalmente por: proteína, y glucógeno en menor grado). Por separado, cada técnica permite obtener estimaciones confiables de cada compartimiento (29).

La composición corporal se puede estimar por el abordaje bioquímico y físico o anatómico. El bioquímico divide el cuerpo en lípidos, proteínas, minerales y agua. Dentro de este ámbito se encuentran los siguientes métodos para evaluar la composición corporal: la hidrodensitometría, el agua corporal total, el potasio corporal total y DEXA. Existen además, otros métodos como la bioimpedancia eléctrica, la interactancia infraroja, la antropometría y la pletismografía. El abordaje físico o anatómico que dividen

el cuerpo en tejidos: piel, adiposo, muscular, esquelético y residual (vísceras y órganos). Entre los métodos de estimación de la composición corporal están la antropometría y el diagnóstico por imágenes: tomografía axial computarizada y resonancia magnética nuclear (27).

También se puede determinar la masa grasa mediante la medición de los pliegues cutáneos, el músculo esquelético mediante la circunferencia muscular del brazo y el índice creatinina-altura; las proteínas viscerales mediante la determinación de parámetros analíticos: albúmina, transferrina, prealbúmina, proteína ligada al retinol y los marcadores inmunológicos como recuentos de leucocitos y el estudio de la función linfocitaria forman parte de una valoración nutricional (18,62,63). Mientras que las técnicas de activación de neutrones y las dilucionales miden primariamente MLG, la densitometría por inmersión estima porcentaje de MG, basada en la densidad de ambos compartimientos. Estos métodos son considerados “*Gold Standard*”; sin embargo, son costosos, requieren experiencia y demandan cooperación sustancial del sujeto. Por lo tanto, se han desarrollado diversas técnicas antropométricas, las cuales son más apropiadas para estudios epidemiológicos, clínicos y hospitalarios (64,65).

El método ideal para medir la composición corporal sería aquel que permita reunir los siguientes criterios: mayor precisión, bajo costo, fácil

manejo, rápida aplicación e inocuo. En la elección del método de medición de la composición corporal que mejor se adapte a las necesidades y posibilidades, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos: a) las cualidades intrínsecas del método, es decir, qué mide, cómo lo mide, con qué grado de precisión, qué dificultad técnica presenta, y qué riesgo supone para el sujeto observado; b) infraestructura y medios económicos disponibles, c) el objetivo y el diseño del estudio (longitudinal o transversal), número y características de los sujetos, entre otros. El método a escoger dependerá del compartimiento que se quiera valorar (22,59).

Los métodos usados en investigación son: análisis de activación neutrónica, resonancia magnética nuclear, tomografía axial computada, densitometría, hidrodensitometría, métodos de dilución, absorciometría de rayos X con doble energía (DEXA), pletismografía de desplazamiento de aire (BOD POD) y conductancia eléctrica corporal total (TOBEC). Entre los métodos utilizados para un estudio de campo se encuentran: la antropometría y, la impedancia bioeléctrica (54,65).

ANÁLISIS DE ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA

Entre 1964 y 1971, J Anderson y col. desarrollaron lo que hoy se considera la técnica “Estándar de Oro” *in vivo* para el estudio de la composición corporal: el análisis de activación de neutrones (AAN), es una de las técnicas más precisas; sin embargo, presenta mayor complejidad técnica y alto costo (8,57).

Una de las desventajas del AAN, es que los equipos son escasos y solo están disponibles en laboratorios de investigación (54). La principal característica de esta técnica es que puede medir directamente *in vivo* y de manera segura la cantidad absoluta de numerosos elementos que componen el cuerpo humano, siempre que se encuentren en cantidades suficientes como para ser detectados (hidrógeno, potasio, calcio, sodio, cloro, fósforo y nitrógeno). La técnica consiste en aplicar al individuo un haz de neutrones acelerados que al ser captados por los átomos del organismo a estudiar, generan isótopos inestables. Al volver a la situación de estabilidad inicial, estos isótopos liberarán la energía captada previamente emitiendo rayos gamma con una energía característica para cada elemento. El espectro de emisión, el nivel de energía identificará el elemento, el nivel de actividad y su abundancia. La dosis de radiación necesaria para realizar la determinación es muy pequeña. A partir de la cuantificación de los elementos anteriormente

citados ha podido observarse la relación que existe entre ellos y determinados compartimientos corporales como el agua extracelular (Cl), agua intracelular (Na), masa magra (N, K), masa ósea (Ca) y masa grasa (C), entre otros. Esta técnica permite valorar mejor la repercusión que tienen la dieta, el envejecimiento y el soporte nutricional en individuos sanos y en pacientes con alteraciones metabólicas (22).

Las técnicas que utilizan un método directo para la medición de los componentes corporales son las más difíciles y costosas de realizar. El mayor avance tecnológico se encuentra representado por la técnica de análisis de activación de neutrones (57). Aunque la técnica de activación de neutrones representen un gran progreso en la correcta caracterización de los tejidos blandos, la extraordinaria complejidad de las mediciones ha limitado su uso en la estimación de la masa grasa a tan sólo dos laboratorios en el mundo (Brookhaven National Laboratory, Nueva York y Human Nutrition Research Center on Aging, Boston) (66).

MÉTODOS DE DILUCIÓN ISOTÓPICA

La técnica de dilución isotópica es ampliamente utilizada en la investigación, en estudios de salud y nutrición por poseer especificidades, que las hace inigualable, por su aplicabilidad. Su uso ha sido de gran

importancia en el desarrollo de conocimientos científicos y en aplicaciones prácticas para la evaluación de proyectos o programas de intervención en el área clínica o en el campo de la epidemiología (41,54,67).

Esta técnica es utilizada para determinar la composición corporal y se considera un método bicompartamental, que mide el agua corporal total. Requiere la utilización de isotopos estables (no radiactivos), siendo el más común el deuterio. El deuterio es un isótopo del hidrógeno que se expresa con el símbolo ^2H . Los isótopos estables pesados son especies atómicas menos abundantes en la naturaleza y deben sus propiedades a una mayor masa atómica, es decir, a un mayor número de neutrones en su núcleo. Sin embargo, son estables y no emiten radioactividad. El hecho de tener una mayor masa, permite distinguirlos y cuantificarlos diferencialmente de la especie más abundante, como es el caso del agua deuterada ($^2\text{H}_2\text{O}$) versus el agua común (H_2O)(29,30,57,68).

Las principales aplicaciones con ^2H son estudios de composición corporal, en el que se puede medir el agua corporal total y derivar los componentes de masa libre de grasa y masa grasa (67,69). Consiste en determinar tras la administración por vía oral, parenteral o enteral de una cantidad conocida de agua marcada con isótopos como óxido de deuterio, esta se mezcla con el agua del cuerpo y después se elimina por la orina, la

saliva, el sudor y la leche. Dentro del organismo el óxido de deuterio se comporta como el agua, y en cuestión de horas se diluye en los compartimentos hídricos del cuerpo. Se deja equilibrar durante un período de cuatro a seis horas luego se realizan toma de muestras de un fluido biológico como sangre o en otros líquidos corporales, como la orina y la saliva. La concentración isotópica en la saliva o la orina reflejará la dilución del isótopo. Lo más práctico es usar saliva para cuantificar la concentración natural o basal de deuterio en el cuerpo (~150 ppm), después de haber administrado a los niños una dosis de D_2O al 99% (post dosis). Cuando se calcula la masa corporal magra, la diferencia en el peso corporal es la cantidad de masa grasa (22,29,54,67,70,71).

El análisis de la muestra biológica se realiza por espectrometría de masas de relaciones isotópicas (IRMS), o espectrometría de infrarrojo por transformada de fourier (FTIR). Este último método de análisis está cobrando cada vez más importancia porque ha sido validado exitosamente con espectrometría de masas. Finalmente, para obtener el cálculo de agua corporal total, en la relación entre la concentración basal y post dosis de D_2O , se aplica el principio físico de dilución (29), que consiste en diluir una sustancia (deuterio), de volumen (V_1) y concentración (C_1) conocida, para que se distribuya en el volumen que se quiere calcular (V_2), y una vez alcanzado el estado de equilibrio en el volumen total (V_2), se determina el

enriquecimiento isotópico de dicha sustancia en un fluido determinado (saliva, plasma u orina), es decir, se mide su concentración (C_2) en la muestra y la de una alícuota de la disolución inicial (C_1). De esa manera determina el volumen a medir se hace mediante la siguiente fórmula: $V_2 = C_1V_1 / C_2$ (29,30,57,68).

Este método, es inocuo, no invasivo y es la manera más precisa y mayormente utilizada para determinar agua corporal total (72). Las desventajas del método son su elevado costo, requiere de mucho tiempo para la aplicación, por lo que es poco utilizado en la práctica clínica (41).

A partir de los datos obtenidos es posible calcular masa magra del individuo y deducir la masa grasa corporal total a partir del peso (22). Para el cálculo del compartimiento de la masa libre de grasa, se establece el supuesto de que la hidratación o proporción de agua corporal total de este compartimiento es de 73,2% en el adulto ($MLG = ACT / 0,732$). Sin embargo, es importante considerar que en niños y púberes (6 a 14 años), la hidratación de la masa libre de grasa puede fluctuar entre 78% y 74%. Por lo tanto, utilizar un factor de hidratación constante como el de 73,2, es inadecuado en niños. Para resolver este problema, Fomon et al., y 1982, Lohman, 1989 desarrollaron factores de corrección para la hidratación de la masa libre de grasa. Los factores de corrección de la hidratación de la masa libre de grasa

para el método de D_2O , deben de preferencia ser validados en poblaciones específicas. Es posible que los niveles de hidratación varíen entre grupos étnicos y en niños con obesidad, por lo que es importante determinar o validar estos factores de hidratación (29,71).

Las mayores limitaciones de la técnica de dilución isotópica en la determinación de la masa magra son las siguientes: a) la masa magra no es totalmente anhidra, ya que estudios recientes demuestran que alrededor del 15% de la misma es agua y que su hidratación varía en función del grado de obesidad, y b) la hidratación de la masa magra varía en función de diferentes parámetros fisiológicos (edad y sexo) y patológicos (tipo de enfermedad o situación clínica del enfermo). Por ello, para poder interpretar los resultados obtenidos, es necesario efectuar ciertas correcciones en función del estado fisiológico o bien cuantificar las variaciones de hidratación inducidas por la situación patológica, especialmente, si se espera que éstas variaciones difieran sustancialmente del 73% asumido. Este hecho puede presentarse en pacientes desnutridos, con insuficiencia renal con edemas y deshidratados (71).

Una ventaja muy importante de la técnica de dilución con óxido de deuterio (D_2O) es que posibilita su uso en niños desde el nacimiento, ya que requiere de poca colaboración del sujeto, y se podría decir que es la única

técnica de referencia aceptable para todos los grupos de edad. Es un método fácil de trasladar, por lo que es ideal en estudios de campo y también en estudios clínicos. Por otra parte, el método de D₂O puede ser inexacto en presencia de enfermedades o condiciones que generen deshidratación o sobre hidratación, por ejemplo, ejercicio exhaustivo. Por ésta razón, es importante considerar un protocolo estandarizado en condiciones de campo. Además, debido a que la hidratación puede ser mayor en niños obesos, quizás sea necesario considerar otros posibles ajustes, como ampliar el tiempo de equilibrio (29,65).

En comparación con el modelo de cuatro compartimientos, el método de D₂O puede tener un error de medición individual de 10% de grasa corporal. No obstante, su exactitud es igual de aceptable que la plestimografía de desplazamiento de aire (BOD POD). Las poblaciones donde se ha validado la técnica de D₂O, incluyen principalmente niños caucásicos y afroamericanos. Los equipos y métodos validados con el método de D₂O incluyen equipos y ecuaciones para antropometría y impedancia bioeléctrica (29).

ABSORCIOMETRÍA DUAL DE ENERGÍA DE RAYOS X

La absorciometría dual de energía de rayos X (DEXA) es una técnica que originalmente se diseñó para evaluar la densidad ósea a través de densitómetros periféricos, pero con los avances tecnológicos ahora se cuenta con equipos modernos y de utilidad para determinar masa grasa, masa libre de grasa y densidad mineral ósea “*in vivo*”. El DEXA tiene la particularidad de que a pesar de que el equipo es costoso, la aplicación de la técnica es sencilla, rápida y de escasa radiación. Se puede usar en personas de cualquier edad, es confiable en la precisión de las mediciones; aunque es una técnica invasiva y que todavía hace falta desarrollar la estandarización entre los diferentes equipos existentes (1,57,73). Los resultados en las mediciones de masa grasa y masa libre de grasa, pueden diferir y verse afectadas de acuerdo al modelo del equipo; así como, de la versión del *software* que se esté aplicando (1,68,74).

EIDEXA consiste en hacer pasar por el cuerpo humano radiación de rayos X, la cual ha sido previamente ubicada en dos niveles de energía conocidos; una vez que estos rayos pasan por el cuerpo son detectados y registrados para determinar el grado de atenuación que han experimentado de manera diferente por el tejido mineral, masa magra no ósea y masa grasa (57,60).

Es una de las técnicas que más se ha utilizado en la evaluación de la composición corporal para estimar grasa corporal y densidad mineral ósea. Posee varias ventajas, entre ellas ser una técnica sencilla y rápida; además tiene alta exactitud y precisión. Asimismo, se debe destacar la limitación que esta técnica tiene para medir tejido blando, considerando los diversos niveles de hidratación de los tejidos (57). Sin embargo, su uso es cada vez más frecuente, muchos clínicos la emplean como herramienta habitual, y para algunos autores es la técnica de referencia (47,73,75).

El equipo ofrece diversos parámetros como el índice de masa corporal la cuantificación de la grasa corporal y la distribución de la grasa pélvica que están predefinidas en área: androide (central, el límite inferior es la pelvis y el lateral los brazos) y ginoide (cadera y muslos y los límites laterales corresponde a la región exterior de la pierna). El exceso de grasa abdominal (androide) se asocia a la existencia de diversos factores de riesgo cardiovascular. La proporción grasa pélvica androide/ginoide (A/G) es la relación entre el porcentaje de grasa de región androide y ginoide, lo cual puede tener un papel para valorar el riesgo cardiovascular en los pacientes con exceso ponderal o bajo peso (73).

DENSITOMETRÍA HIDROSTÁTICA

La técnica de densitometría hidrostática (DH) consiste en la inmersión completa del sujeto en un tanque lleno de agua mientras se encuentra suspendido de una balanza para determinar su peso hidrostático después de haber realizado una espiración máxima. A partir del principio de Arquímedes, según el cual el volumen de un objeto sumergido en el agua es igual al volumen de agua desplazado por dicho objeto, puede estimarse el volumen corporal aparente a partir de la diferencia entre los pesos fuera (P_a) y dentro del agua (P_h) del paciente, corregida para la densidad del agua (D_a) en el momento de la determinación. El volumen corporal real (VCR) se obtiene de restar el volumen residual pulmonar (VR) y del gas gastrointestinal (VGI) del volumen aparente. A partir de estos datos podemos calcular la densidad corporal (D):

$$D = P_a / [(P_a - P_h/D_a) - VR - VGI] \quad (22,68).$$

El VGI se estima en 100 ml, aunque la variabilidad de este parámetro es amplia (50-300 ml), podría introducir un cierto error en la determinación densitométrica. Una vez obtenida la densidad corporal pueden calcularse los compartimientos masa grasa y masa libre de grasa mediante las ecuaciones de Siri o de Brozek que contemplan los siguientes supuestos:

- a) Tanto la MG como la MLG tienen una densidad constante y conocida de 0,9 g/ml y 1,1 g/ml, respectivamente.
- b) La masa libre de grasa tiene un nivel de hidratación constante.
- c) La proporción mineral óseo/masa muscular de la MLG también es constante:

$$\% \text{ grasa} = 100 \times ([4,95 / D] - 4,5)$$

$$\% \text{ grasa} = 100 \times ([4,57 / D] - 4,142)$$

A pesar de ser una técnica de referencia para validar otros métodos como la impedancia bioeléctrica o los pliegues cutáneos, con la DH se puede cometer un error en el cálculo de la masa grasa de una población de aproximadamente un 3-4%. Este error está asociado básicamente a los siguientes supuestos: a) la hidratación de la masa libre de grasa en humanos puede variar un 1-3% en la población general, lo que induce a un error de entre el 2,1 y el 2,7% en el cálculo de la masa grasa que puede ser mayor en circunstancias especiales (edemas, deshidratación); b) las diferencias interindividuales observadas tanto en la densidad mineral ósea como en el contenido óseo total influyen directamente en los resultados densitométricos. Este punto es importante tenerlo en cuenta, sobre todo en pacientes con una disminución importante de la densidad mineral ósea (ancianos, enfermos con patología descalcificante) o en sujetos con una elevada densidad mineral ósea y un bajo contenido graso (atletas). El gas gastrointestinal acostumbra a diferir de los 100 ml supuestos y el volumen residual pulmonar pocas veces

se determina con el individuo sumergido. Por lo tanto, se ha recomendado que, sin correcciones adecuadas para las variaciones en el agua mineral y las fracciones de la masa libre de grasa, densitometría no deba utilizarse como criterio o método de referencia para diferentes poblaciones(22,68).

Debido a sus limitaciones, la DH su uso es limitado por el tamaño del equipo, el costo y la complejidad del método en su ejecución, además se precisa de gran colaboración por parte del paciente, lo que impide su utilización en niños pequeños, en algunos ancianos y en pacientes con enfermedades respiratorias o encamados y por ultimo por la dificultad para obtener resultados confiables. Por esta razón, se han desarrollado otros métodos que son más fáciles, rápidos, económicos y considerablemente más práctico para ser aplicados en sujetos (22,57,68).

PLETISMOGRAFÍA DE DESPLAZAMIENTO DE AIRE

La plestimografía de desplazamiento de aire también llamada BOD POD es un método de evaluación de la composición corporal que ha sido utilizado en estudios transversales como un método preciso, exacto y fácil de usar, tanto en adultos y niños (42). El BOD POD es un pletismógrafo compuesto por una cápsula dual de fibra de vidrio, integrado por dos

cámaras: La frontal o de prueba y la posterior o de referencia. A través del intercambio de aire y la medición en los cambios de presión entre ambas cámaras, BOD POD mide el volumen corporal de aire que desplaza la persona evaluada una vez que se encuentra sentada dentro de la cápsula. Con la medición del volumen y añadiendo el peso corporal (masa), se obtiene la densidad y de esta manera el equipo, determina la composición corporal (29).

El BOD POD se fundamenta en las relaciones entre la presión y el volumen expresado por las leyes de Boyle y Poisson, quienes describen el comportamiento del aire bajo condiciones isotérmicas y adiabáticas (proceso transformación termodinámica que realiza un sistema sin intercambio de calor con el exterior) respectivamente, calculando entonces el porcentaje de masa grasa a partir de valores de corrección de densidad de masa libre de grasa específicas, para sexo y la edad del paciente, es decir, en que el volumen corporal de un individuo situado en una cámara hermética puede determinarse alterando el volumen de la misma, introduciendo aire, con el mismo principio del método de hidrostático (peso bajo el agua), con la diferencia de que se utiliza aire en lugar de agua. Obteniendo así, un sistema más seguro y con grandes ventajas al no requerir el uso de una tina hidrostática. BOD POD utiliza la información del volumen y la masa del

cuerpo, para determinar la densidad corporal y calcular la masa magra y masa libre de grasa (modelo clásico de dos componentes corporales) (30).

Aunque el BOD POD tienen una aceptación importante para la evaluación de la composición corporal en niños, la aplicación de los factores de corrección para la densidad de la masa libre de grasa es válida sólo para niños caucásicos, y se requieren de estudios de validación para otros grupos étnicos y grupos con condiciones físicas diferentes. Los usuarios generalmente emplean por defecto la ecuación de Siri, ya que es la que viene incluida en el equipo, y sólo las versiones más recientes del BOD POD incluyen las ecuaciones para niños. Es necesario agregar, que en los estudios de validación del BOD POD, se ha observado una interindividual amplia en las mediciones de la grasa corporal (29).

Dentro de las ventajas de este sistema de medición se encuentran su uso en personas de cualquier edad y con discapacidades, reproducibilidad, precisión (con un porcentaje de error de 0,5% en mediciones de masa grasa) y exactitud, ya que los resultados han sido similares a los reportados a la HD y modelos de tres o cuatro compartimientos, rapidez, mínima invasividad, nula exposición a radiación y no requiere que el paciente se encuentre inmóvil o bajo sedación. Sin embargo, aún se requieren de más estudios para evaluar su eficacia en pacientes prematuros o enfermos, en los

cuales puede haber cambios significativos en la hidratación corporal (30). Entre las desventajas están: costo del equipo, dificultad para realizarlo en estudio epidemiológicos y de campos y por último la precisión puede verse afectada por enfermedades que afectan la masa magra y mineralización ósea (19,29).

ESTUDIOS DE IMAGEN

Las técnicas de imagen son consideradas las más precisas para la cuantificación “*in vivo*” a nivel tisular y pueden ser usadas para medir grasa y músculo esquelético. Así mismo, son los únicos métodos disponibles para la medición de tejidos y órganos específicos. Aunque su accesibilidad y costo siguen siendo un obstáculo para el uso rutinario, su disponibilidad ha aumentado en diversas instituciones e igualmente son las técnicas más ampliamente utilizadas en investigación. Los equipos modernos permiten cuantificar y determinar el tamaño y el área tisular, así como el volumen y la masa de tejidos diversos (1,76).

IMAGEN DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR

Esta técnica se basa en la interacción entre la fuerza de un campo magnético y el núcleo del hidrógeno que contiene protones; elementos abundantes en todos los tejidos que forman la base para la generación de las imágenes de grasa y músculo en un tiempo no mayor a 45 minutos (1). Ciertos núcleos atómicos pueden comportarse como imanes alineándose en la dirección de un campo magnético externo. En estas condiciones, al hacer pasar a través del cuerpo una onda de radio, los núcleos estimulados absorben parte de la energía de la onda cambiando su orientación en el campo magnético. A partir de la intensidad y frecuencia de la señal de radio liberada por los núcleos activados se podrán constituir imágenes de los tejidos estudiados. Las imágenes obtenidas mediante esta técnica dependen de la densidad en núcleos de hidrógeno de los tejidos y del estado físico de los mismos. Así, cuanto más diferentes sean dos tejidos para las características antes mencionadas, mayor será el contraste obtenido (8,22,68).

En el estudio de la composición corporal, la resonancia magnética nuclear se ha utilizado fundamentalmente para determinar el agua corporal total y para cuantificar la masa magra corporal total y estudiar su distribución en determinadas áreas anatómicas fundamentalmente en pacientes obesos. Tiene una gran ventaja de ser un método totalmente inocuo y requiere poca colaboración por parte del paciente, sin tener efectos secundarios a largo

plazo, lo que permite una gran cobertura y poder repetir el estudio. La desventaja es su elevado costo y la lentitud del procedimiento. No obstante, es necesario tener en cuenta su existencia por la gran cantidad de aplicaciones que puede tener en el futuro para la medida de la composición corporal (8,22,74,76); ya que, la imagen de resonancia magnética nuclear permite medir: masa muscular esquelética, grasa visceral, grasa subcutánea abdominal, así como grasa hepática, del pericardio, perivascular, de páncreas y riñones (1).

TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA

La tomografía axial computarizada es un método diagnóstico radiográfico que consiste en irradiar un segmento del individuo con haces de rayos X, cuya atenuación después de haber atravesado el cuerpo, está en relación directa con la densidad de los tejidos que encuentran en su trayecto (22). Esta metodología tiene un nivel de precisión bastante aceptable; sin embargo, se debe considerar que es una técnica invasiva que requiere que el cuerpo sea radiado en su totalidad, por lo que resulta sumamente costosa y su uso es limitado en pediatría (8).

La tomografía axial computarizada se ha utilizado para medir la composición corporal principalmente en determinación de: a) masa grasa y masa libre de grasa de determinados segmentos corporales; b) diferenciar entre grasa subcutánea y grasa central a nivel troncular en individuos obesos o con nutrición parenteral total, y c) determinar el contenido mineral del hueso, aunque las técnicas de absorciometría son de primera elección para esta finalidad. Por otra parte, también se han intentado extrapolar las determinaciones de la masa libre de grasa y masa grasa a la totalidad del organismo mediante el análisis de cortes cuidadosamente seleccionados. La tomografía computarizada se considera el método de medida de la distribución del tejido adiposo de referencia para validar otras técnicas, como la resonancia magnética nuclear, el DEXA o el método de interactancia con infrarrojos (22,68).

Tanto la tomografía axial computarizada, como la resonancia magnética nuclear tienen la desventaja de que el costo de los equipos y de la realización del procedimiento son elevados. Ello dificulta que sean consideradas como técnicas de elección en estudios tanto clínicos como epidemiológicos, y si se considera que los niveles de radiación utilizados en la tomografía axial computarizada y el tiempo necesario para llevar a cabo el escaneo con la resonancia magnética nuclear, por lo que estas dos técnicas difícilmente se recomiendan como primera opción en estudios clínicos de

composición corporal (76). Por ello, hasta el momento, la tomografía axial computarizada sólo está justificado emplearla en investigación y con la salvedad de que algunos estudios longitudinales requieren repetir con frecuencia las determinaciones (22).

ANÁLISIS DE LA BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA

La bioimpedancia eléctrica (BIA) es un método electro-físico, doblemente indirecto, que se basa en un modelo de dos compartimientos por medio del cual se puede estimar el agua corporal total, la masa libre de grasa y el porcentaje de grasa corporal de cada sujeto (19,24,47,77).

El uso de la BIA ha ido en aumento, ya que es una metodología práctica para evaluación de la composición corporal y para el seguimiento del paciente. En la actualidad es el método más usado para análisis de la composición corporal (5,10,11,24,46,61,78) y de gran utilidad para los estudios de campo (57,79).

Su fundamento se basa en la oposición de los tejidos corporales al paso de la conducción corriente eléctrica alterna de baja intensidad. Esta corriente produce una tensión eléctrica, que es tanto mayor cuanto mayor

sea la impedancia eléctrica (Z) de los tejidos al paso de la corriente eléctrica; por lo que, en la masa libre de grasa que posee mayor cantidad de agua y electrolitos, la conducción es alta y por lo tanto baja impedancia u oposición, en la masa grasa la conducción es baja ya que actúa como aislante, es decir, alta impedancia u oposición (10,26,61). Por lo tanto la impedancia bioeléctrica es inversamente proporcional al contenido del agua corporal y de masa libre de grasa (47,57,58). El valor de la impedancia corporal proporciona una estimación directa del ACT y permite estimar indirectamente la MLG y la MG. Una vez que se ha obtenido el valor de la masa libre de grasa, la masa grasa se calcula a partir de la diferencia con el peso corporal total. La impedancia corporal comprende dos componentes, la resistencia (R) y la reactancia (X_c). La (R) representa la resistencia de los tejidos al paso de una corriente eléctrica y la (X_c) es la oposición adicional debido a la capacitancia de esos tejidos y las membranas celulares, es el llamado componente dieléctrico y estos valores dependen de la frecuencia de la corriente (54,61,77). La resistencia es proporcional a la longitud del cuerpo (generalmente se considera su longitud o su altura) e inversamente proporcional al área de sección, generalmente las medidas que representan los perímetros de los segmentos del tronco y de las extremidades (77).

La metodología más utilizada para realizar la BIA es la tetrapolar, en la que se colocan cuatro electrodos: dos electrodos sobre la mano y dos sobre

el pie homolateral. Dos a través de los cuales se introduce corriente eléctrica y los otros dos recogen la corriente permitiendo medir la impedancia, la resistencia y la reactancia corporal, colocando al sujeto sobre una cama de material no conductor (sin marcos metálicos que puedan distorsionar las medidas de impedancia). En posición decúbito supino, los brazos deben estar separados ligeramente, de manera que no toquen los lados del tronco y las piernas deben estar separadas por lo menos 20 cm para que los tobillos no se toquen. Los electrodos deben estar a una distancia entre 4 a 5 cm, para evitar interferencia en las medidas. La posición sugerida de manera universal es para disminuir los efectos de gravedad en la tendencia de reposar el agua en las extremidades después de la bipedestación (12,54,61,77).

Existe en el mercado equipos de impedancia bioeléctrica monofrecuencia y multifrecuencia. La impedancia bioeléctrica de frecuencia única, que trabaja a una frecuencia de 50 khz, sólo permite medir el agua corporal total (54). Los equipos de múltiple frecuencia, que abarca frecuencias desde 100 khz a 1.000 khz, permiten determinar a través de la impedancia lo siguiente (24):

- **Agua corporal total (ACT):** Está expresada en porcentaje respecto al peso, e incluye el agua que se encuentra dentro (intracelular) y fuera

(extracelular) de las células. Varía dependiendo de la edad y el sexo, y aumenta con el incremento de la masa muscular. Aproximadamente el 50-60% del peso de un adulto corresponde a fluidos. El ACT se distribuye, dos tercios en el agua intracelular (40%) y un tercio en el agua extracelular (20%).

- **Masa libre de grasa (MLG):** Una vez conocida la impedancia, se puede estimar el ACT. A partir de este valor, se calcula la MLG asumiendo que ésta tiene un grado de hidratación constante de 73,2%. Además de la MLG, también discrimina entre agua extracelular e intracelular, facilitando la cuantificación del volumen de estos compartimentos, así como la estimación de la masa celular corporal y la masa extracelular, ya que la aplicación de altas frecuencias logran la penetración de la membrana celular.

- **Masa grasa (MG):** Puede ser calculada utilizando el modelo de fraccionamiento bioquímico de dos compartimientos (masa libre de grasa y masa grasa); restando la MLG del peso corporal total, se obtiene la masa grasa (MG). $MG = \text{Peso Total} - \text{MLG}(24)$.

- **Agua intracelular (AIC):** La mayoría del fluido corporal se encuentra dentro de la masa celular corporal y contiene grandes cantidades de iones de potasio, magnesio y fósforo. Los cambios registrados en el agua intracelular reflejan cambios en la masa celular corporal. Un incremento en el agua intracelular usualmente significa que hay un incremento en la masa celular (anabolismo). Una disminución en la misma significaría destrucción y pérdida de la masa celular (catabolismo).
- **Agua extracelular (AEC):** Es el fluido que se encuentra fuera de las células y circula por todo el organismo. Este fluido está incluido en la masa extracelular. A su vez, se encuentra dividido por el endotelio vascular, en líquido intersticial e intravascular y por una barrera epitelial de los líquidos transcelulares. El AEC contiene grandes cantidades de iones de sodio, cloro y bicarbonato, además de nutrientes para las células (24).

Para calcular el agua corporal total y el porcentaje de grasa corporal, se deben usar ecuaciones de predicción para bioimpedancia eléctrica; las cuales están basadas en poblaciones específicas, según el sexo, edad, peso, altura y raza(19). Un requisito de la bioimpedancia eléctrica es utilizar las ecuaciones para transformar las medidas de resistencia y reactancia o de impedancia (Z) en la estimación del agua corporal total, y que hayan sido

validadas y se adapten a la población en la cual se va a utilizar (68). Muchas ecuaciones empíricas se han desarrollado para la realización de la BIA sin embargo, las ecuaciones de predicción son generalmente de una población específica y sólo puede ser útil para las poblaciones con características similares a las de las poblaciones de referencia. Cuando esas ecuaciones se han utilizado para predecir la composición corporal en diferentes poblaciones, los resultados han sido inconsistentes. Por lo que no pueden ser generalizada para los diferentes grupos étnicos y así evitar errores de las determinaciones en diferentes poblaciones (48,80).

A pesar de lo expuesto anteriormente, el método de impedancia bioeléctrica es seguro, accesible, confiable y reproducible, se realiza con un equipo portátil, la técnica es de fácil ejecución, rápida, no invasiva y económica por lo que es apta para la rutina médica, en estudios de campo y epidemiológicos. La impedancia bioeléctrica no está sujeta a error del examinador, y es aceptada por los niños, proporciona resultados rápidos y requiere de poco mantenimiento; capaz de valorar específicamente variaciones de hidratación en cualquiera condición clínica, e independientemente del peso corporal (12,61,77).

Esta metodología ha demostrado tener una buena correlación con las técnicas clásicas para el estudio de la composición corporal, como lo son la

dilución isotópica y la antropometría; siempre y cuando no se modifiquen las condiciones fisiológicas y de hidratación del individuo (24).

La única y principal contraindicación de esta técnica es la aplicación en pacientes portadores de una prótesis metálica interna (rodilla, cadera, entre otras)(24). La desventaja de este método es ser impreciso en presencia de distribución anormal de los compartimentos corporales, que se presenta en pacientes con alteración de los fluidos y electrolitos (12,46). Su principal limitación, de su aplicación general es la disponibilidad de ecuaciones para transformar las medidas de resistencia y reactancia en la estimación del agua corporal total, por lo que se requieren de ecuaciones que sean apropiadas y hayan sido validadas para los diferentes grupos de población en la cual se van a utilizar (12,20,57).

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA CORPORAL TOTAL (TOBEC)

Se basa en el principio de variación de las propiedades electroconductoras de los diferentes tejidos del organismo dependiendo de la frecuencia. La técnica consiste en generar un campo magnético en el interior de un contenedor cilíndrico mediante una corriente eléctrica oscilatoria de 2,5 MHz. Al introducir un individuo, se produce una interacción entre el

componente magnético del campo y el sujeto, lo que provoca un cambio de fase en la impedancia. La magnitud de dicha interacción es directamente proporcional a la masa libre de grasa y se ve influenciada por la geometría y la composición química del cuerpo, lo que puede alterar de forma independiente la señal de la TOBEC. La diferencia cuantitativa entre la impedancia del contenedor cuando está vacío y cuando se introduce el conductor es lo que llamamos índice de conductividad, a partir del cual, cuando el conductor es el cuerpo humano, podemos calcular masa grasa, masa libre de grasa y agua corporal total utilizando ecuaciones de predicción obtenidas mediante métodos de referencia.

La estimación de la composición corporal mediante TOBEC es una práctica rápida, sencilla, segura, no invasiva, y puede utilizarse para identificar pequeños cambios en la composición corporal dada la elevada precisión de sus determinaciones. Además, requiere de una mínima colaboración por parte del paciente, lo que facilita su uso en pediatría. No obstante, además de ser más costosa que la impedancia bioeléctrica y difícilmente transportable, esta técnica tiene el inconveniente de que la masa grasa tiende a sobreestimarse en sujetos normales y obesos, por lo que necesario la realización de ecuaciones predicción específicas en función del grado de adiposidad(66).

ANTROPOMETRÍA

La antropometría es el método que evalúa las proporciones del cuerpo humano, e incluye las mediciones de peso, estatura, pliegues cutáneos, circunferencias y diámetros óseos. La antropometría es considerada como un método doblemente indirecto que permite la evaluación de la composición corporal de niños, adolescentes, jóvenes y adultos, estas poblaciones están sujetos a cambios constantes a lo largo del tiempo. Sin embargo, la evaluación antropométrica se ha utilizado amplia y exitosamente para medir el riesgo nutricional, especialmente en los niños. Los resultados pueden variar de un método a otro, según la técnica empleada, según el número de variables antropométricas utilizadas, la edad, raza, el sexo y el grado de actividad física(1,3,9).

La antropometría es una de las herramientas más básicas para evaluar el estado nutricional y estimar la composición corporal; además considerada como una de las metodologías más utilizadas en los estudios clínicos y epidemiológicos por ser un recurso práctico, económico, sencillo, no invasivo, rápido, seguro y por su relativa facilidad para obtener datos, universalmente aplicable y con una buena aceptación por la población. Por lo que es ampliamente utilizada para estimar la composición corporal en niños, siendo pertinente la elección del método apropiado para la edad. Tomando

en cuenta que la utilización de protocolos y ecuaciones propias de adultos, pueden dar lugar a muchas imprecisiones, ya que los niños tienen mayor índice hídrico y menor densidad ósea que los adultos. Por lo que se debe utilizar una ecuación validada, para posteriormente estimar el porcentaje de grasa corporal que se corresponde razonablemente bien con la grasa corporal (3,16-18,26,33,55).

El método antropométrico posee varios inconvenientes como es no discriminar la composición corporal, que es la manera más precisa de valorar el crecimiento (5), por lo tanto no permite distinguir alteraciones de los diferentes compartimientos corporales, y no detecta con exactitud las alteraciones ocurridas en cortos períodos de tiempo. Otros parámetros, como el índice de masa corporal (IMC), generan una gran controversia. Se supone que el IMC representa adiposidad con independencia de raza, sexo y edad, suposiciones que no han demostrado ser ciertas. Además, el IMC no diferencia con precisión la grasa corporal y la masa muscular; por ello, las personas con mayor masa muscular son clasificadas con sobrepeso, y los que tienen un alto porcentaje de grasa corporal y baja masa muscular son clasificados con un índice de masa corporal normal. Por lo que es importante tener presente que personas con una mayor cantidad de tejido magro más de lo normal (atletas o deportistas), el IMC no es útil para determinar la

composición. La aplicación de este índice en el niño va a plantear cierta problemática si se considera que el índice de masa corporal variará de acuerdo a las diferentes fases de desarrollo del tejido adiposo. Por esta razón, se acepta la utilización de percentiles para la edad y sexo como criterio de delimitación para la puntuación de niños en este índice. Otras desventajas de la antropometría es el alto grado de variación intra e inter observador de las mediciones. Sin embargo, el IMC posee una utilidad predictiva para enfermedades cardiovasculares, estableciéndose una asociación entre sus puntuaciones y ciertos factores de riesgo cardiovascular en adultos y niños; como es el caso más frecuente la hipertensión arterial en población infantil y adolescente y los niveles elevados de lipoproteínas en sangre (10,54,55,65,81).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo descriptiva, correlacional, ya que identificaron las características del grupo a estudiar y se describieron las relaciones o asociaciones entre las variables; de campo, ya que los datos se recolectaron directamente de los sujetos investigados.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño fue de tipo no experimental, porque no se realizó manipulación o control de las variables; y de corte transversal, ya que los datos se recolectaron en un momento único.

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población estuvo constituida por escolares entre 6 y 11 años de edad, de la Unidad Educativa “Enrique Barrios Sánchez” del Municipio Naguanagua, Estado Carabobo; inscritos para el año escolar 2008-2009.

Para la estimación del tamaño muestral se realizó un muestreo aleatorio estratificado, con error estándar menor de 0,05; siendo representativa de la población, una muestra de 100 niños, de ambos sexos, entre 6 a 11 años de edad, que asistieron a la Unidad Educativa antes mencionada.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Niños entre 6 y 11 años de edad, aparentemente sanos, en quienes sus padres o representantes legales aceptaron por escrito la participación en el estudio.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Se excluyeron del estudio los niños que recibían tratamiento hormonal con esteroides o medicamentos que pudieran alterar la composición corporal (antihipertensivos y diuréticos), con presencia o antecedentes de morbilidad crónicas (diabetes, hipertensión arterial), con limitación de la apertura bucal por traumatismo previo o enfermedad congénita, con minusvalía físico-psíquica, que usaran algún dispositivo ortopédico, de yeso o material de osteosíntesis, procesos infecciosos agudos, deshidratación y/o edemas. Todos estos factores deben ser tomados en cuenta ya que pueden modificar

el contenido y distribución del agua corporal y aumentar consecuentemente los errores en las estimaciones de los distintos compartimientos corporales (1,5,24,35).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio se obtuvo la aprobación del Comité de Ética del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, de la Universidad de Carabobo y el consentimiento por escrito de los padres o representantes legales de los niños participantes, previa información sobre los objetivos del estudio, así como los beneficios y posibles riesgos para sus hijos.

Una vez obtenido el consentimiento por escrito, se le realizó a cada sujeto la evaluación de la composición corporal. Adicionalmente, para conocer el estrato socioeconómico de las familias, se aplicó el método de estratificación Graffar Méndez-Castellano. Este método permitió clasificar a la población estudiada en cinco categorías: estrato I (clase alta), estrato II (clase media-alta), estrato III (clase media-media y clase media-baja), estrato IV (pobreza relativa) y estrato V (pobreza crítica) (82).

La recolección de los datos se realizó por observación directa. Para ello, se aplicaron varios procedimientos para estimar la composición corporal, entre ellos: la dilución isotópica (método de referencia), la bioimpedancia eléctrica y la antropometría.

DILUCIÓN ISOTÓPICA

Se evaluó la composición corporal haciendo uso de la técnica de dilución isotópica con deuterio como el método de referencia para determinar agua corporal total (83). Esta metodología se basa en el principio de dilución, para lo cual se emplean isótopos estables “no radiactivos”(28,30,84). Este procedimiento se realizó en horas de la mañana bajo las siguientes condiciones:

1. Un ayuno de 8 horas, como mínimo.
2. No haber realizado actividad física vigorosa u otra actividad que hiciera sudar al niño(a), de 12 a 24 horas previas a la prueba.
3. Haber vaciado la vejiga antes de la prueba.
4. No haber ingerido café, té o gaseosas, en las 24 horas previas.

Para medir agua corporal total (ACT), se utilizó el método de dilución isotópica, mediante el protocolo de “*Plateau*”, el cual considera dos puntos de

medición: una muestra basal previa a la ingestión del isótopo y otra muestra post dosis, al final del tiempo de equilibrio del isótopo en los fluidos corporales. Es decir, se recolectó una muestra de saliva basal e inmediatamente se administró una dosis de óxido de deuterio (D_2O) de 1,5 g/kg al 99%, diluido al 50%; y luego, 20 mL de agua, para asegurar la total ingestión de la dosis. Después de administrar la dosis de deuterio, se esperó 3 horas, lo que corresponde al “*tiempo del equilibrio*”; es decir, el tiempo que demora el isótopo en distribuirse en los fluidos corporales. Una hora después de haber administrado la dosis del isótopo, se le ofreció a cada niño un desayuno ligero, correspondiente a 200 calorías; equivalentes a 200 mL de una bebida azucarada (90 calorías) y tres unidades de galletas (110 calorías). Durante el “*tiempo de equilibrio*”, los niños permanecieron sentados, en actividades recreativas de tipo sedentarias; tales como: lectura, dibujos, tareas escolares, entre otras. Después del “*tiempo de equilibrio*” (3 horas post-dosis), se recolectó otra muestra de saliva, a fin de medir el enriquecimiento isotópico. Las muestras de saliva se refrigeraron a $-70^{\circ}C$ para la medición posterior del contenido de deuterio, así como el enriquecimiento isotópico. Las muestras de saliva fueron analizadas en triplicado, y la medición se realizó por espectrometría de masas, en el Laboratorio de Metabolismo Energético e Isótopos Estables, del Instituto de Nutrición de Tecnología de Alimentos (INTA), de la Universidad de Chile. La composición corporal por esta técnica considera dos compartimentos: masa

libre de grasa (MLG) y masa grasa (MG). Una vez determinada el agua corporal total (ACT) se estimó la MLG dividiendo el ACT por los coeficientes de hidratación descritos por Fomon y corregidos por Schoeller (83,85):

| Coeficientes de hidratación. Fomon y Schoeller | | |
|--|-------|-------|
| Edad (años) | Niños | Niñas |
| 6 | 75,8 | 77,0 |
| 7 | 75,5 | 76,9 |
| 8 | 75,2 | 76,8 |
| 9 | 74,9 | 76,6 |
| 10 | 74,6 | 76,5 |

La masa grasa (MG) se calculó como la diferencia entre la MLG y el peso corporal (1,15,40,41).

EVALUACIÓN ANTROPOMETRICA

Se midieron las siguientes variables antropométricas: peso, talla, pliegues subcutáneos (tríceps y subescapular). Se construyeron los siguientes indicadores: Índice de masa corporal (IMC) y porcentaje de grasa corporal (%GC). Las mediciones antropométricas fueron tomadas por personal capacitado y estandarizado del Instituto de Investigaciones en Nutrición de la Universidad de Carabobo; las mismas se realizaron por

triplicado, para evitar el error inter observador, los datos obtenidos fueron promediados y se aceptaron sólo aquellos valores con una desviación estándar menor a 0,5 para peso y talla; y de 0,6 para pliegues cutáneos.

El peso corporal se tomó con el sujeto descalzo, en posición firme con una bata de peso conocido, con los brazos a ambos lados del cuerpo. Se utilizó una balanza marca *SECA* y el valor se registró en kilogramos.

La estatura corporal se tomó con el niño de pie, en posición firme y con la cabeza en el plano de Frankfort (línea imaginaria que une el borde inferior de la órbita de los ojos y el conducto auditivo externo), expresando el valor con una precisión de 0,01 mm (86). Esta medición se realizó a través de la técnica de la plomada, la cual consistió en ubicar una superficie lisa y vertical (pared) y hacerla coincidir con un plano horizontal (piso) sin desnivel, luego se midió 50 cm del piso y a partir de allí se fijó la cintra métrica graduada en centímetros y se colocó partiendo del cero abajo.

Para la determinación de los pliegues cutáneos se utilizó un calibrador marca *Holtain*, con capacidad de 50 mm y precisión de 0,2 mm, tomándose el pliegue en forma de pinza a nivel del punto anatómico específico (tríceps y subescapular) (86).

Para fines prácticos, a continuación se describen los sitios anatómicos que se utilizaron para medir los pliegues cutáneos manejados como variables para estimar la grasa corporal. El pliegue tricípital se localizó en el punto medio del acromion y el olécranon en la parte posterior y superior del brazo, mientras el brazo formaba un ángulo recto; éste se midió verticalmente el pliegue de la piel y tejido subcutáneo en forma de pinza y paralelo a la línea axial, particularmente a la altura de músculo del tríceps. El pliegue subescapular se midió tomando el ángulo interno de la escápula y con un ángulo de 45° en la misma dirección del borde interno del omóplato (87).

Para la caracterización del estado nutricional, con las variables descritas se calculó el índice de masa corporal (IMC) a partir de la fórmula peso/talla², expresado en kg/m²; y se consideraron los criterios de la Organización Mundial de la Salud (88):

Déficit: puntaje Z por debajo de -2

Normalidad: puntaje Z entre -2 a + 1

Sobrepeso: puntaje Z entre + 1 a +2

Obesidad: puntaje Z superiora +2

Los puntajes Z se calcularon con el software *AnthroPlus*, el cual fue desarrollado para la aplicación de la referencia Organización Mundial de la Salud(OMS) para niños y adolescentes de 5 a 19 años (88-90).

Para el cálculo el porcentaje de grasa corporal se utilizó la ecuación de *Slaughter et al.*, en prepúberes que considera las variables: peso, pliegues cutáneos de tríceps y subescapular, expresados en mm (91). Este autor incorpora en la ecuación la sumatoria de los pliegues cutáneos tricipital y subescapular, tal como se presenta a continuación:

$$\text{Niñas: \% GC} = 1,33 (\text{triceps} + \text{subescapular}) - 0,013 (\text{triceps} + \text{subescapular})^2 - 2,5$$

$$\text{Niños: \% GC} = 1,21 (\text{triceps} + \text{subescapular}) - 0,008 (\text{triceps} + \text{subescapular})^2 - 1,7$$

Cuando la sumatoria de los pliegues tricipital y subescapular era mayor de 35 mm, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Niñas: \%GC} = 0,546 (\text{triceps} + \text{subescapular}) + 9,7$$

$$\text{Niños: \%GC} = 0,783 (\text{triceps} + \text{subescapular}) + 1,6$$

BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA

Para la realización de esta prueba, el sujeto debía estar en estado normal de hidratación y bajo las siguientes condiciones:

- Ayuno de 4 a 5 horas antes de la prueba.
- Sin haber practicado ejercicio vigoroso 12 horas antes de la prueba.

- No haber tomado café, té y gaseosas 24 horas antes de la prueba.

Previo al procedimiento, se le indicó al sujeto que debía vaciar la vejiga y asegurarse de que no tenía una prenda u objeto metálico. Posteriormente, se acostaba al sujeto en posición decúbito supino, sobre un colchón de material no conductor sin zapatos, ni medias. Los brazos debían estar separados ligeramente, de manera que no tocaran los lados del tronco. Las piernas separadas para que los tobillos estuvieran por lo menos a 20 cm de distancia e idealmente los muslos no se tocaran. Se le pidió al niño(a) que permaneciera sin moverse en esa posición y con la vista al techo, durante 5 minutos. Posteriormente, se incorporó los datos del sujeto (peso, talla género y edad) en el bioimpedanciometro tetrapolar de multifrecuencia, marca BODYSTAT® DualScan 2005.

Los electrodos se colocaron en lugares anatómicos (previa limpieza de la piel con alcohol), en la mano y el pie, en la articulación metacarpofalangica y metatarsofalangica respectivamente. Se conectaron los cables conductores al bioimpedanciometro y a los electrodos, siguiendo las normas específicas del equipo. Las mediciones se realizaron por triplicado para asegurar un adecuado control de calidad (19).

El bioimpedanciómetro arrojó las siguientes variables: porcentaje y volumen de agua extracelular (AEC), intracelular (AIC) y agua corporal total (ACT), Índice de masa corporal (IMC) y los valores en *omhs* de impedancia (Z) a 5 y 200 kHz. El valor obtenido a 200 kHz se incorporó en la ecuación de *Schaefer*, para estimar la masa corporal libre de grasa (MLG) (92); y luego por diferencia con el peso corporal se calculó la masa grasa (MG). El porcentaje de grasa se determinó dividiendo la MG en kilogramos por el peso corporal total, y luego se multiplicó por cien.

En el presente estudio, para determinar la composición corporal a través de bioimpedancia eléctrica, se utilizó la ecuación de predicción de *Schaefer*, la cual fue desarrollada para niños y adolescentes (92). Con esta ecuación y a través de las medidas eléctricas (impedancia) se calculó la masa corporal libre de grasa, y por diferencia con el peso corporal se dedujo la masa grasa (24).

La ecuación de predicción de *Schaefer*, incluye los valores de impedancia expresados en *omhs*, la talla en centímetros y la edad en años (92). La ecuación es la siguiente:

$$\text{MLG (Kg)} = 0,65 \times (\text{Talla}^2 / Z) + 0,68 \times \text{Edad} + 0,15$$

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se calcularon estadísticos descriptivos (promedios, desviación estándar, medianas, frecuencias, porcentajes). Se realizó un análisis exploratorio de las variables mediante el test de Shapiro-Wilk para comprobar si siguen una distribución normal. Debido a que los datos no seguían una distribución normal se aplicaron las pruebas no paramétricas de Mann-Whitney de Kruskal Wallis acompañada de la corrección de Bonferroni. Para evaluar la fuerza de la asociación entre las técnicas de bioimpedancia eléctrica y antropometría para estimar la grasa corporal contra el método de referencia (D_2O), se aplicó un análisis de regresión lineal. El nivel de significación estadística establecido fue $p < 0,05$ (93).

Para establecer el grado de acuerdo entre el porcentaje de grasa corporal medido por el método de referencia (técnica de dilución isotópica con deuterio) y el estimado por bioimpedancia eléctrica y por antropometría se realizó el análisis de concordancia desarrollado por Bland y Altman (94) y el coeficiente de concordancia de Lin. Este análisis de concordancia ha sido propuesto para establecer si un método es intercambiable con otro de referencia; ya que una alta correlación de los datos no significa que los métodos concuerden y puedan ser intercambiados.

El método de Bland-Altman es gráfico y analítico, que permite discriminar cuánto difiere un método de otro ya establecido. Con este análisis se espera que la diferencia promedio entre dos métodos sea de "0" y que el 95% de las diferencias se encuentren dentro de 1,96 de las desviaciones estándar de dicho promedio, cuya separación de cero, informa de la bondad del acuerdo. La falta de acuerdo entre la bioimpedancia y antropometría con respecto al método de referencia se determinó calculando el sesgo, que es la magnitud del promedio de las diferencias entre las mediciones y la desviación estándar de las diferencias. Se considera que un método es intercambiable con el de referencia cuando el sesgo y los límites de concordancia son bajos (6,13). El coeficiente de correlación de concordancia de Lin califica la fuerza del acuerdo para variables continua, como casi perfectos valores mayores o igual a 0,90 (23).

Los análisis estadísticos se realizaron con los programas: SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) para Windows, versión 19,0 y NCSS 2008 (Number Cruncher Statistical System for Windows, Kaysville, UT, EE.U.U).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

La muestra estuvo conformada por 110 niños, en edades comprendidas entre 6 y 11 años, con un promedio de $8,4 \pm 1,2$ años y mediana de 8,5 años.

La **tabla 1** presenta las características generales del grupo estudiado. Se observa, que la mayor proporción de niños se ubicó entre 7 y 10 años de edad (82,8%). En cuanto a la distribución por género, 51 (46,4%) eran niños y 59 (53,6%) eran niñas. De acuerdo al método de estratificación social aplicado, el 51,8% (n=57) de las familias de los niños evaluados pertenecían al estrato socioeconómicos III (clase media-media y clase media-baja) y el 48,2% (n=53) al estrato IV (pobreza relativa).

TABLA 1

Caracterización de los niños evaluados según grupo etario, género y estrato socioeconómico (n=110)

| Variables | n | % |
|-------------------------------|----------|----------|
| Grupo de edad (años) | | |
| 6,0 - 7,0 | 19 | 17,3 |
| 7,01 - 8,99 | 50 | 45,4 |
| 9,0 -11,0 | 41 | 37,3 |
| Género | | |
| Masculino | 51 | 46,4 |
| Femenino | 59 | 53,6 |
| Estrato socioeconómico | | |
| III | 57 | 51,8 |
| IV | 53 | 48,2 |

En la **tabla 2**, se presentan los estadísticos descriptivos de las variables antropométricas y de composición corporal en los niños evaluados. Se observa, que el valor promedio y mediana para el puntaje Z de IMC se ubicó dentro de la norma; sin embargo, sus valores mínimos y máximos reflejan la existencia de niños con déficit y exceso nutricional respectivamente. Con relación a la evaluación de la composición corporal, se observa que los valores promedios y mediana del porcentaje de grasa corporal estimado por bioimpedancia eléctrica y antropometría fueron

inferiores comparados con el estimado por el método de referencia (Técnica de dilución isotópica). Siendo más bajos los estimados a través del método antropométrico.

TABLA 2

Estadísticos descriptivos de las variables antropométricas y de composición corporal (n=110)

| Variables | Promedio | DE | Mediana | Mínimo | Máximo |
|--|----------|------|---------|--------|--------|
| Antropometría | | | | | |
| Peso (Kg) | 30,3 | 8,6 | 29,2 | 16,9 | 53,5 |
| Talla (cm) | 130,4 | 9,6 | 129,9 | 113,0 | 151,6 |
| Pliegue tríceps (mm) | 13,3 | 5,7 | 12,6 | 5,4 | 27,7 |
| Pliegue subescapular (mm) | 11,2 | 7,8 | 8,1 | 3,9 | 37,7 |
| IMC (Kg/m ²) | 17,6 | 3,3 | 16,8 | 11,9 | 25,8 |
| IMC (Z-score) | 0,57 | 1,43 | 0,34 | -2,91 | 4,73 |
| Porcentaje de Grasa Corporal | | | | | |
| Dilución isotópica con D ₂ O ¹ | 28,5 | 9,1 | 28,4 | 10,6 | 47,7 |
| Bioimpedancia eléctrica ² | 24,2 | 11,1 | 22,9 | 3,3 | 48,0 |
| Antropometría ³ | 21,3 | 8,9 | 19,8 | 8,9 | 42,9 |

IMC: Índice de Masa Corporal

¹ Método de referencia, ² Ecuación de Schaefer, ³ Ecuación de Slaughter

En la **tabla 3**, se presentan las variables antropométricas y el porcentaje de grasa de los niños evaluados, comparado por género. Se observa que las niñas mostraron valores superiores para las variables peso, talla y pliegues cutáneos. Sin embargo, estas diferencias fueron estadísticamente significativas para los pliegues tríceps y subescapular ($p=0,004$ y $0,007$ respectivamente).

Con relación al porcentaje de grasa corporal, las niñas mostraron valores estadísticamente superiores a los niños. Esta diferencia por género, se observó para el método de referencia y para la estimación de la grasa corporal por bioimpedancia eléctrica y por antropometría ($p=0,000$; $0,005$ y $0,007$ respectivamente).

La **Figura 1** muestra la caracterización nutricional antropométrica de los niños evaluados. Se observa que el 2,7% ($n=3$) de los sujetos estaban en déficit, 60,9% ($n=67$) eutróficos y el 36,4% ($n=40$) tenían exceso nutricional. No existió ningún caso de déficit nutricional para el género masculino. Respecto al exceso nutricional, a pesar de que las diferencias no fueron estadísticamente significativas, el porcentaje de sobrepeso y obesidad fue ligeramente superior en el género femenino ($\text{Chi}^2=2,970$; $p=0,396$).

TABLA 3

Comparación entre variables antropométricas y de composición corporal, según género (n=110)

| Variables | Niños (n=51) | | Niñas (n=59) | | P |
|--|-----------------|--------------|-----------------|--------------|----------|
| | X±DE | Media (RI) | X±DE | Media (RI) | |
| Antropometría | | | | | |
| Peso (Kg) | 29,7±8,2 | 28,4 (10,4) | 30,8±8,9 | 30,8 (13,0) | 0,498 |
| Talla (cm) | 129,8±10,3 | 128,5 (18,4) | 130,8±9,1 | 130,4 (17,6) | 0,551 |
| Pliegue tríceps (mm) | 11,8±5,6 | 10,3 (7,8) | 14,6±5,6 | 14,0 (7,8) | 0,004 * |
| Pliegue subescapular (mm) | 9,4±6,0 | 7,3 (3,9) | 12,7±8,8 | 9,1 (7,6) | 0,007 * |
| IMC (Kg/m ²) | 17,4±2,9 | 16,6 (2,9) | 17,8±3,6 | 16,8 (5,3) | 0,673 |
| IMC (Z-score) | 0,63±1,42 | 0,36 (1,94) | 0,51±1,44 | 0,32 (2,32) | 0,952 |
| Porcentaje de Grasa Corporal | | | | | |
| Dilución isotópica con D ₂ O ¹ | 25,1±7,9 | 24,5 (11,2) | 31,4±9,1 | 30,3 (11,1) | 0,000 ** |
| Bioimpedancia eléctrica ² | 21,2±10,9 | 18,6 (17,3) | 26,8±10,7 | 25,5 (15,5) | 0,005 * |
| Antropometría ³ | 19,3±8,7 | 17,5 (10,5) | 23,0±8,8 | 21,6 (13,7) | 0,007 * |

IMC: Índice de Masa Corporal. ¹ Método de referencia, ² Ecuación de Schaefer, ³ Ecuación de Slaughter
 Prueba de Mann-Whitney significativo: * p<0,05; ** p<0,001

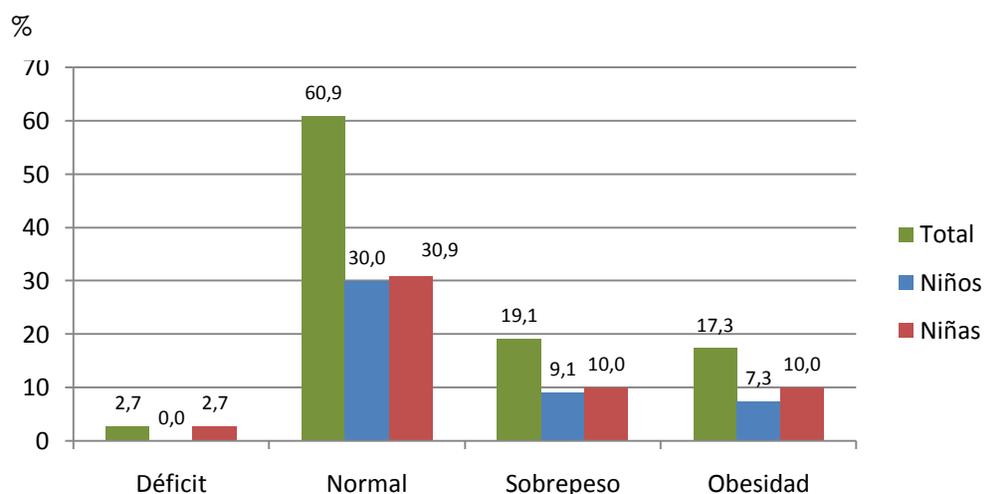


Figura 1. Caracterización nutricional antropométrica de los niños evaluados ($\chi^2 = 2,970$; $p = 0,396$)

Las comparaciones entre las variables antropométricas y de composición corporal, según estado nutricional antropométrico se presentan en la **tabla 4**. Se observaron diferencias estadísticamente significativas para todas las variables estudiadas ($p < 0,05$ y $p < 0,001$). Para evaluar qué categoría de estado nutricional diferían entre sí, se aplicó la prueba de Mann-Whitney para dos muestras independientes, acompañada de la corrección de Bonferroni, con un nivel de significancia de $p <$ de 0,0083 (para controlar la tasa de error). Este estadístico indicó diferencias estadísticamente significativas para el porcentaje de grasa corporal en todas las categorías ($p < 0,001$), excepto entre el grupo con déficit nutricional y los eutróficos.

TABLA 4

Comparación entre variables antropométricas y de composición corporal, según caracterización nutricional antropométrica (n=110)

| Variables | Caracterización nutricional antropométrica | | | | p^a |
|--|--|------------------|---------------------|--------------------|---------|
| | Déficit (n=3) | Normal (n=67) | Sobrepeso (n=20) | Obesidad (n=20) | |
| Antropometría | | | | | |
| Peso (Kg) | 20,1±3,4 | 26,1±4,8 | 34,0±6,3 | 41,7±7,4 | 0,000** |
| Talla (cm) | 126,5±8,0 | 128,5±9,5 | 132,9±10,6 | 134,6±7,9 | 0,047* |
| Pliegue tríceps (mm) | 7,5±1,3 | 10,2±3,1 | 16,5±4,1 | 21,8±3,6 | 0,000** |
| Pliegue subescapular (mm) | 5,1±0,8 | 6,9±1,9 | 14,7±7,9 | 23,1±6,8 | 0,000** |
| IMC (Kg/m ²) | 12,6±0,6 | 15,7±1,3 | 19,6±1,4 | 23,0±2,0 | 0,000** |
| IMC (Z-score) | -2,42±0,42 | -0,22±0,78 | 1,62±0,28 | 2,63±0,68 | 0,000** |
| Porcentaje de Grasa Corporal | | | | | |
| Dilución isotópica con D ₂ O ¹ | 21,1±3,3 | 24,1±6,8 | 32,8±6,8 | 40,1±5,6 | 0,000** |
| Bioimpedancia eléctrica ² | 11,4±5,0 | 18,2±6,9 | 30,5±7,5 | 40,3±4,6 | 0,000** |
| Antropometría ³ | 12,2±1,9 | 16,2±4,2 | 26,4±6,7 | 35,0±5,3 | 0,000** |

Valores expresados como Promedio±DE. ^a Prueba de Kruskal Wallis significativa: * $p<0,05$; ** $p<0,001$
 IMC: Índice de Masa Corporal. ¹ Método de referencia, ² Ecuación de Schaefer, ³ Ecuación de Slaughter

En la **tabla 5**, se presentan las variables antropométricas y de composición corporal, según grupo de edad. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre grupos de edad y los métodos de medición de la composición corporal evaluados. Este hallazgo también se observó para las variables antropométricas ($p < 0,05$ y $< 0,001$), con excepción del puntaje Z del índice de masa corporal ($p = 0,600$).

TABLA 5

Comparación entre variables antropométricas y de composición corporal, según grupo de edad (n=110)

| Variables | Grupo de edad (años) | | | p^a |
|--|----------------------|---------------|----------------|---------|
| | 6-7 (n=19) | 7-8 (n=50) | 9-11 (n=41) | |
| Antropometría | | | | |
| Peso (Kg) | 24,4±7,4 | 27,9±5,9 | 36,0±8,6 | 0,000** |
| Talla (cm) | 120,9±5,3 | 127,3±7,8 | 138,4±6,7 | 0,000** |
| Pliegue tríceps (mm) | 10,2±4,8 | 12,4±4,5 | 15,9±6,4 | 0,001** |
| Pliegue subescapular (mm) | 9,2±7,4 | 9,9±6,1 | 13,6±9,2 | 0,004* |
| IMC (Kg/m ²) | 16,5±3,6 | 17,1±2,4 | 18,8±3,7 | 0,026* |
| IMC (Z-score) | 0,30±1,92 | 0,57±1,25 | 0,68±1,40 | 0,600 |
| Porcentaje de Grasa Corporal | | | | |
| Dilución isotópica con D ₂ O ¹ | 24,2±10,0 | 27,0±7,5 | 32,2±9,2 | 0,005* |
| Bioimpedancia eléctrica ² | 21,4±11,3 | 22,1±10,1 | 28,0±11,3 | 0,021* |
| Antropometría ³ | 17,2±8,7 | 20,1±7,3 | 24,7±9,8 | 0,001** |

Valores expresados como Promedio±DE. ^a Prueba de Kruskal Wallis significativa: * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$. IMC: Índice de Masa Corporal.

¹ Método de referencia, ² Ecuación de Schaefer, ³ Ecuación de Slaughter

El análisis de regresión, la diferencias de promedios (sesgo) y el coeficiente de correlación de concordancia entre métodos para estimar el porcentaje de grasa corporal (bioimpedancia eléctrica y antropometría) respecto a la técnica de dilución isotópica con deuterio (método de referencia) se presentan en la **tabla 6** y la representación gráfica en las **figuras 2 y 3**.

En la **Figura 2** se presentan el análisis de regresión lineal y la gráfica de Bland-Altman entre el porcentaje de grasa determinado por la técnica de dilución isotópica (Variable dependiente) y el estimado por Bioimpedancia eléctrica (Variable independiente).

Para evaluar la fuerza de la asociación entre la técnica de bioimpedancia eléctrica para estimar la grasa corporal contra el método de referencia (D_2O), realizado en la muestra total, se aplicó el análisis de regresión lineal (**Tabla 6** y **Figura 2a**). Los parámetros del modelo de regresión indican que ambas variables tienen una relación lineal estadísticamente significativa ($R^2= 0,729$; $p= 0,000$). No hubo diferencias significativas con la línea de identidad (representada por la línea discontinua), ya que la pendiente de la recta es significativamente diferente de cero ($\beta_1= 0,699$; $p= 0,000$; $95\%IC= 0,618-0,781$). No obstante, el hecho de que el

porcentaje de grasa corporal estimado por BIA esté linealmente correlacionado con el determinado por la técnica de dilución isotópica, no implica automáticamente que exista una buena concordancia entre ambos métodos. Para evaluar la concordancia o acuerdo entre las dos mediciones, se aplicó de manera combinada el método de Bland-Altman y el Coeficiente de Correlación de Concordancia de Lin (ρ_c).

La representación gráfica del criterio de Bland-Altman para evaluar la magnitud de las diferencias (sesgo), entre las mediciones de BIA y D₂O en la muestra total, se presenta en la **Figura 2b**. La línea intermedia, representa el promedio de las diferencias entre los dos métodos y las líneas de los extremos representan los límites de confianza. Se observa que la mayoría de los puntos están alrededor de la media y dentro de los límites de confianza. La diferencia promedio entre los métodos BIA y D₂O para el porcentaje de grasa corporal fue de -4,3% con un 95% de los sujetos con una diferencia en las mediciones de grasa corporal de -15,9% a 7,3%; lo que indica que la bioimpedancia eléctrica subestimó el porcentaje de grasa corporal para la mayoría de los niños evaluados.

Adicionalmente al sesgo observado, el coeficiente de concordancia ($\rho_c=0,77$) indica que existe un “bajo acuerdo” entre porcentaje de grasa

corporal estimado por bioimpedancia y el determinado por el método de referencia (D_2O). Es decir, a pesar de que el coeficiente de determinación (R^2) del análisis de regresión reflejó buena relación entre ambos métodos de medición de la grasa corporal, no se puede afirmar que exista buena concordancia.

TABLA 6

Análisis de regresión, sesgo y coeficiente de correlación de concordancia (ρ_c) entre el método de dilución isotópica versus bioimpedancia eléctrica y antropometría (n=110).

| Métodos | R² | Sesgo | 95% IC | ρ_c |
|---|----------------------|--------------|---------------|----------------------------|
| Dilución isotópica vs. BIA^{1,2} | 0,729 | -4,3 | -15,9 a 7,3 | 0,77 |
| Dilución isotópica vs. Antropometría^{1,3} | 0,705 | -7,2 | -17,4 a 3,0 | 0,64 |

D_2O : Técnica de dilución isotópica con deuterio

BIA: Bioimpedancia eléctrica

95%IC: 95% Intervalo de Confianza o Límites de acuerdo

¹ Método de referencia, ² Ecuación de Schaefer, ³ Ecuación de Slaughter

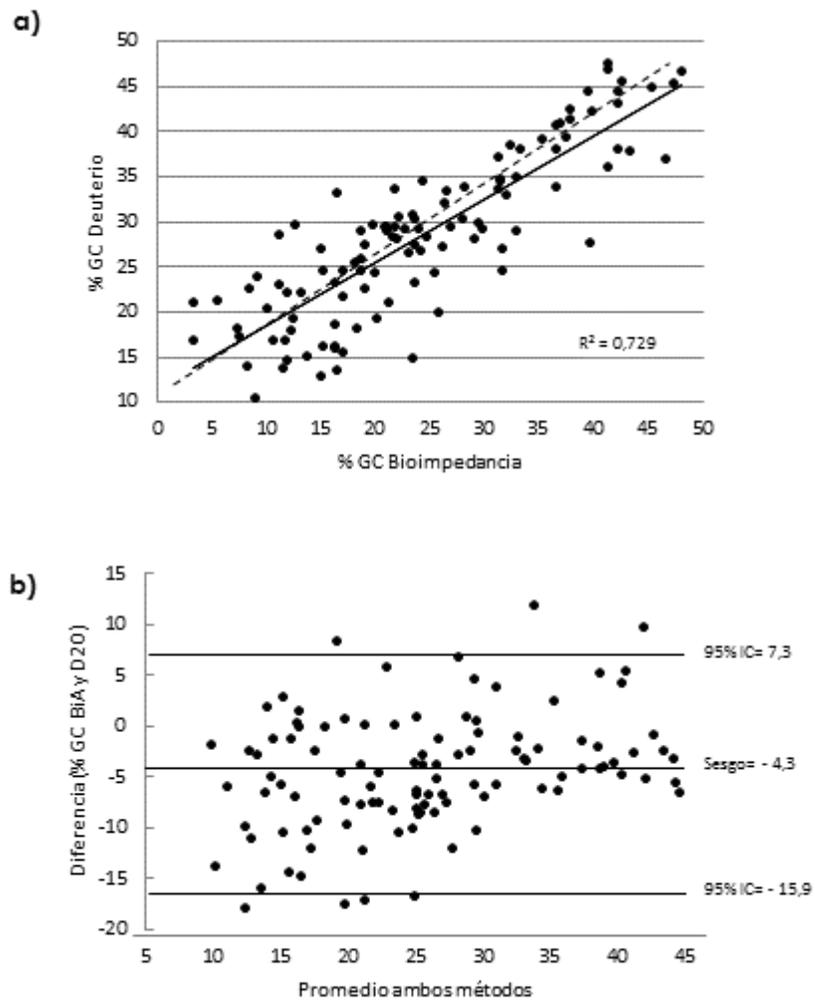


Figura 2. Porcentaje de grasa corporal estimado por Bioimpedancia eléctrica versus el método de referencia (dilución isotópica con deuterio). a) Análisis de regresión lineal: línea de identidad (- - -) y línea de regresión (—). b) Gráfica de Bland-Altman.

La **Figura 3**, presenta análisis de regresión lineal y de Bland-Altman entre el porcentaje de grasa determinado por la técnica de dilución isotópica con óxido de deuterio (D_2O) (Variable dependiente) y el estimado por antropometría (Variable independiente). El análisis de regresión indica que

entre el porcentaje de grasa determinado por la técnica de dilución isotópica con óxido de deuterio (D_2O) y el estimado por pliegues cutáneos (**Figura 3a**) existe una relación lineal estadísticamente significativa ($R^2= 0,705$; $p= 0,000$). No hubo diferencias significativas con la línea de identidad, ya que la pendiente de la recta es significativamente diferente de cero ($\beta_1= 0,855$; $p= 0,000$; 95% IC= 0,75-0,96).

Al aplicar el criterio de Bland-Altman en la muestra total (**Figura 3b**), se observa que la mayoría de los puntos están alrededor de la media y dentro de los límites de confianza. Sin embargo, el valor promedio de las diferencias entre los dos métodos (D_2O vs. Antropometría) fue diferente de cero (-7,2%), con un 95% de los sujetos con una diferencia en las mediciones de grasa corporal de -17,4% a 3,0%. Esta diferencia indica la presencia de sesgo en la estimación de la grasa corporal con el uso de la antropometría; es decir, la ecuación de Slaughter subestimó en 7,2% el porcentaje de grasa corporal, comparada con el método de referencia. Adicionalmente, el coeficiente de concordancia ($\rho_c=0,64$), indicó “bajo acuerdo” entre porcentaje de grasa corporal estimado por la ecuación de Slaughter y el determinado por el método de referencia (D_2O). El coeficiente de concordancia indica que el acuerdo observado entre la estimación de grasa corporal por antropometría respecto al método de referencia, fue inferior al observado

para el método de bioimpedancia eléctrica ($\rho_c=0,64$ y $\rho_c=0,77$ respectivamente).

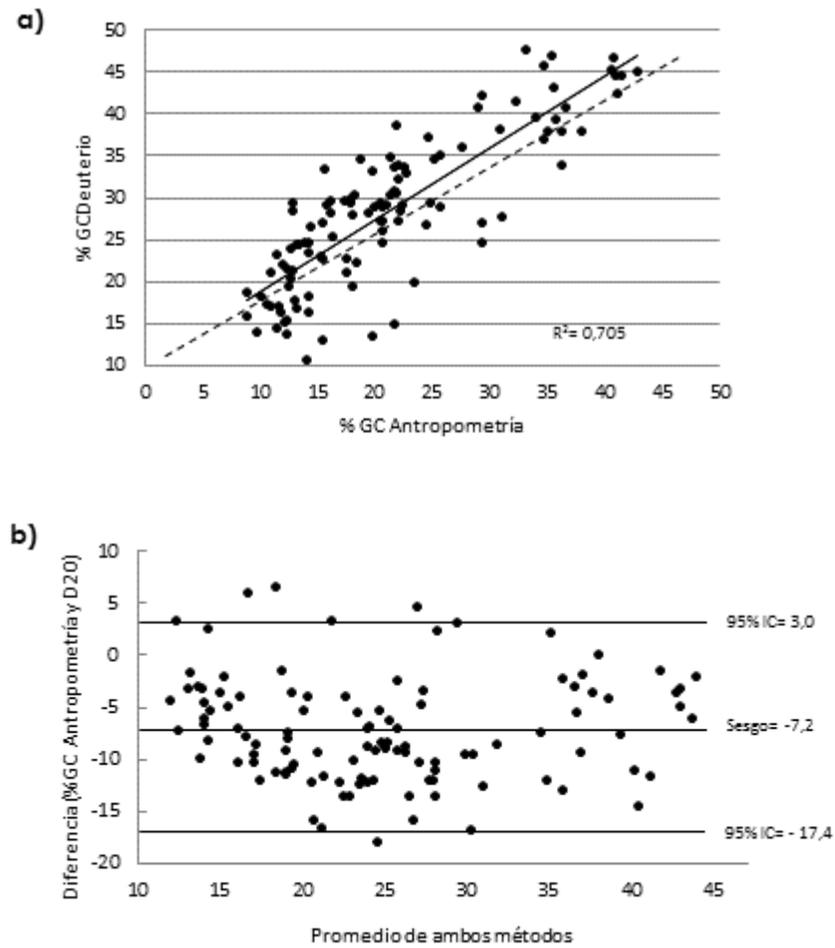


Figura 3. Porcentaje de grasa corporal estimado por Antropometría versus el método de referencia (dilución isotópica con deuterio). a) Análisis de regresión lineal: línea de identidad (- - -) y línea de regresión (—). b) Gráfica de Bland-Altman.

En la **Figura 4**, se presentan el análisis de regresión lineal entre el porcentaje de grasa determinado por la técnica de dilución isotópica con óxido de deuterio (D_2O) versus los métodos de estimación (bioimpedancia eléctrica y antropometría), de acuerdo al género. Se observa una relación lineal significativa con el método de referencia para tanto en los niños como en las niñas ($p=0,000$). No obstante, en el género femenino (**Figura 4c y 4d**), para ambos métodos se observó una mayor dispersión de los valores alrededor de la línea de regresión. El grado de asociación lineal con el método de referencia fue moderado ($R^2= 0,697$ y $0,641$, para BIA y antropometría respectivamente) e inferior a la observado en el género masculino ($R^2= 0,746$ y $0,788$, para BIA y antropometría respectivamente).

En las niñas, la dispersión de los valores de grasa corporal fue significativamente mayor cuando se estimó a través de ecuación antropométrica (**Figura 4d**), lo cual se comprobó con el valor del error estándar de estimación de la regresión ($SEE=5,5\%$), el cual fue superior al observado en los niños. A pesar de que la pendiente de la recta indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas con la línea de identidad ($\beta_1= 0,826$; $p= 0,000$; $95\% IC= 8,29-16,38$), la recta de regresión indica que la mayoría de los valores de grasa corporal medidos a través de la dilución

isotópica fueron superiores a los estimados mediante la ecuación antropométrica.

Al evaluar el gráfico de Bland-Altman (**Figura 5**), se observa que para ambos métodos de estimación la grasa corporal, el sesgo fue mayor en el género femenino (-4,6% y -8,4%) comparado con el género masculino (-3,9% y -5,8%), para BIA y antropometría respectivamente. En las niñas, el promedio de las diferencias entre los dos métodos (D₂O vs. Antropometría) fue marcadamente distante de cero (-8,4%), con una amplia diferencia en las mediciones de grasa corporal, de - 19,8% a 3,0%. Así como se observó en la muestra total, en ambos géneros los coeficientes de correlación de concordancia fueron bajos ($\rho_c < 0,90$) para ambos métodos de estimación; siendo inferiores cuando la grasa corporal se estimó a través de la antropometría. No obstante, en la estimación de la grasa por antropometría, el género femenino presentó la mayor discordancia ($\rho_c = 0,56$) frente al método de referencia, lo cual coincide con lo observado en la **Figura 4d**, en donde la ubicación de los datos fue distante de la línea de perfecta concordancia o línea de identidad.

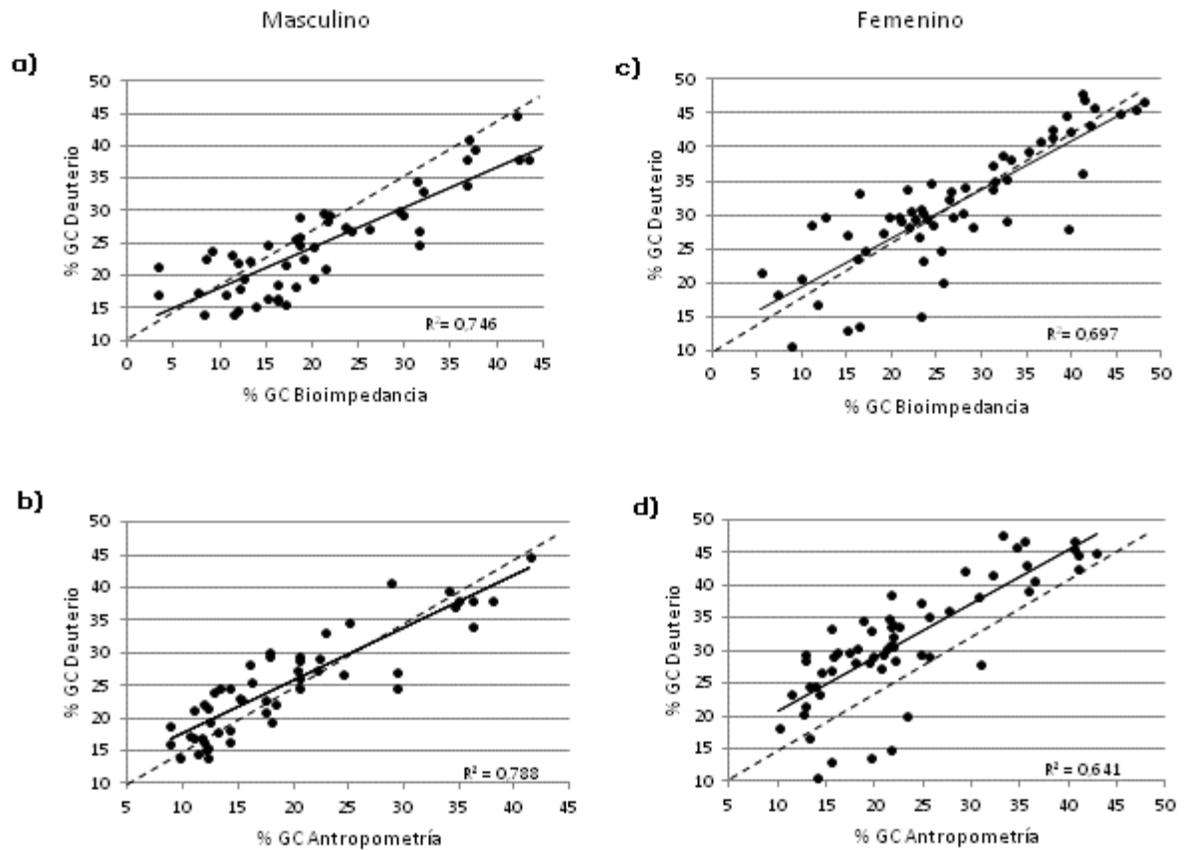


Figura 4. Análisis de regresión lineal entre el porcentaje de grasa determinado por la técnica de dilución isotópica con óxido de deuterio (D₂O) vs el estimado por bioimpedancia y antropometría, según género.

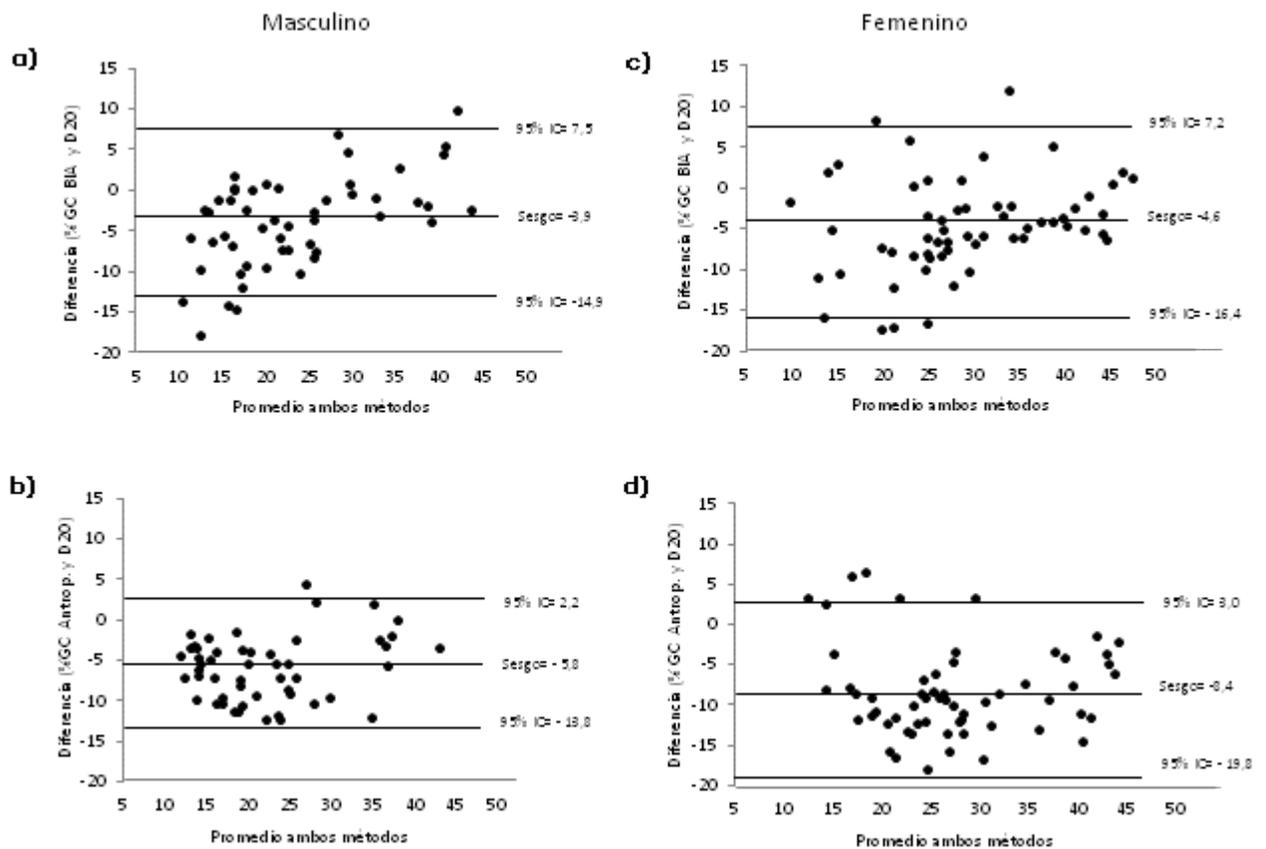


Figura 5. Análisis de regresión lineal y de Bland-Altman entre el porcentaje de grasa determinado por la técnica de dilución isotópica con óxido de deuterio (D_2O) (Variable dependiente) y el estimado por antropometría (Variable independiente), según género.

La diferencia promedio y el grado de acuerdo entre los dos métodos de estimación contra el método de referencia, de acuerdo al estado nutricional, se presentan en la **tabla 7**. Para aplicar de manera apropiada los estadísticos de regresión lineal y concordancia, se agruparon como exceso nutricional a los niños que se categorizaron con sobrepeso y obesidad; y se excluyeron de este análisis a los niños con déficit nutricional. Se observa, tal

como se mencionó en la muestra total, que a pesar de no existir un buen acuerdo entre los métodos de estimación y la técnica de dilución isotópica, los niños clasificados con exceso nutricional presentaron menor sesgo (-1,1%) y mayor acuerdo ($\rho_c=0,78$) en el porcentaje de grasa corporal estimada por bioimpedancia eléctrica, comparado con los niños eutróficos (-5,8%; $\rho_c=0,47$). Para la estimación de la grasa corporal por antropometría, se observó que los niños eutróficos mayor sesgo (-7,8) y menor acuerdo ($\rho_c=0,16$) con respecto al método de referencia.

TABLA 7

Sesgo y coeficiente de correlación de concordancia (ρ_c) entre el método de dilución isotópica versus bioimpedancia eléctrica y antropometría, de acuerdo al estado nutricional (n=107)

| Caracterización nutricional | D ₂ O vs Bioimpedancia | | | D ₂ O vs Antropometría | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------|-------------|-----------------------------------|----------|-------------|
| | Sesgo | ρ_c | 95% IC | Sesgo | ρ_c | 95% IC |
| Eutróficos | -5,8 | 0,47 | -17,0 a 5,4 | -7,8 | 0,16 | -18,2 a 2,6 |
| Exceso | -1,1 | 0,78 | -10,7 a 8,5 | -5,8 | 0,60 | -15,2 a 3,6 |

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

El estado nutricional de un individuo se basa en el resultado entre la ingesta de alimentos y el gasto energético diario, a través de los procesos de ingestión, digestión y utilización de los nutrientes; si existe alteración en estos factores puede causar malnutrición por deficiencia o por exceso, que pueden repercutir en cambios bioquímicos y clínicos, que conllevan a problemas de salud. La evaluación nutricional es un proceso sistemático que nos permite obtener, verificar e interpretar datos del estado nutricional, por lo tanto debe formar parte de las evaluaciones en la atención primaria de salud, para identificar los niños con riesgo a desarrollar malnutrición por exceso y así prevenir el desarrollo de enfermedades crónicas (16,95,96,81).

En Venezuela, el Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional del Instituto Nacional De Nutrición (SISVAN-INN) reporta a partir del año 2000 una tendencia al incremento del sobrepeso en niños y niñas de 7 a 14 años que asisten a consultas en organismos de salud. Debido a esto esta patología se ha considerado desde finales del siglo XX, como un problema de salud pública con dimensión de epidemia, que actualmente no sólo tiene alta prevalencia en los países desarrollados, sino que también está afectando

a países de bajos y medianos ingresos, y los países en transición nutricional, donde conviven obesidad y desnutrición (7).

En el presente estudio, se encontró un elevado porcentaje de exceso nutricional (36,4%), siendo sobrepeso (19,1%), y obesidad (17,3%). Estas cifras son superiores a las reportadas en otros estudios venezolanos, que oscilan entre 5-17% como los descritos por Solano y col., quienes reportaron exceso nutricional de 12,2% a 20,8% en niños de la ciudad de Valencia, por Paoli y col., en el estado Mérida (Sobrepeso 9,7% y obesidad 13,8%), por Pérez y col., con exceso nutricional de 17,1% en niños la ciudad de Caracas. Sin embargo, son similares a la reportada por Agobian y col., en niños del estado Lara, en que reportaron un 30% exceso nutricional (38,96-99).

Al comparar los resultados del presente estudio con los de Ruiz y col., se evidenció una prevalencia de obesidad ligeramente inferior (15,5%) en un grupo de escolares de 7 a 9 años en Valencia, Estado Carabobo(100). A pesar de que en ambos estudios se utilizó el mismo indicador para evaluar el estado nutricional antropométrico (IMC) las diferencias de prevalencia pudieran ser atribuidas a que estos autores utilizaron como referencia a los datos del “Proyecto Venezuela” y en el presente estudio se utilizó la referencia de la Organización Mundial de la Salud (88). Esta diferencia

podría explicarse a que los estándares de crecimiento de cada país representan la distribución de una medida antropométrica de esa población y reflejan su estado de nutrición. Los estudios realizados en los distintos países, son muy útiles para conocer la situación de ese entorno, sin embargo, su uso como patrón comparativo no es deseable, pues los datos estadísticos obtenidos (percentiles, etc.) dependen de la situación nutricional de la población estudiada. Así, en los países con gran prevalencia de desnutrición, ésta se subestimaría y el sobrepeso se sobreestimaría, y en los países con gran número de niños con sobrepeso y obesidad, ocurrirá lo contrario (10). La referencia de la OMS es un estándar internacional que difiere de cualquier otro patrón de referencia existente, ya que cuenta con todos los datos de mediciones reales, no realizados con cálculos matemáticos, refleja la manera en que debería crecer un niño durante sus primeros años de vida. Los resultados obtenidos son de niños de diferentes entornos (étnicos, culturales y genéticos) que no mostraron diferencias en el crecimiento, por el contrario este patrón no solo resulta como referencia de comparabilidad internacional, sino como instrumento local en todos los países. Por consiguiente, las curvas de la OMS son prescriptivas, ya que muestran cómo deben crecer los niños. Este aspecto distingue esta herramienta de otras referencias de crecimiento de tipo descriptivas, que solo detallan cómo crece un grupo determinado de niños en un lugar y momento dados (101).

A nivel nacional se han reportado valores superiores de sobrepeso y obesidad, entre 20-38%. Hernández y col., reportaron una mayor proporción de exceso nutricional según indicador Peso/Talla, en escuelas privadas 20,3% en escuelas públicas de 8,4% (102). A nivel regional, Velásquez y col., reportaron 26,7% de sobrepeso y 28,0% de obesidad, en escolares de una institución privada del Municipio Naguanagua (103) y Barón y col., reportaron un 17,7% sobrepeso y 29,8% obesidad en escolares de una institución pública del mismo municipio (104).

El incremento en las cifras de sobrepeso y obesidad pudiera atribuirse a los cambios económicos que se han producido en las últimas décadas en Venezuela. Estos cambios se han caracterizado por un acelerado aumento de la inflación, ocasionando una disminución progresiva del ingreso económico; cambios demográficos, ambientales, urbanísticos, socioculturales y políticos, lo cual ha generado un impacto negativo en las condiciones de vida, con modificación en los hábitos de alimentación. Adicionalmente, existe una disminución de la actividad física, lo cual influye en la alta prevalencia de malnutrición por exceso. Estos cambios, se conocen como transición epidemiológica, económica y nutricional; es decir, existe una superposición de déficit y exceso nutricional. A esta transformación, se asocia un cambio en la estructura de la pirámide poblacional, en la cual pasa de una población predominantemente joven, afectada por enfermedades transmisibles, a una

población con un incremento en el porcentaje de adultos jóvenes y mayores, afectada principalmente por las enfermedades crónicas no transmisibles, asociadas a la nutrición (104-107).

Los datos del Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN) reportaron cifras de sobrepeso y obesidad que han ascendido de 10,3 % a 14,52 % de sobrepeso y 9,56 % de obesidad desde el año 2003 al 2010 (7,108-111). La situación nutricional de los venezolanos se ha complicado progresivamente, observándose un descenso paulatino en las tasas de retardo en el crecimiento infantil, a pesar de mantener una alta prevalencia algunas áreas del país. Al mismo tiempo, se aprecia un ascenso progresivo de la frecuencia de sobrepeso y obesidad llegando a ser un problema de salud pública (106).

Estudios realizados en Latinoamérica, demuestran una alta variabilidad con relación al porcentaje de sobrepeso y obesidad. Szer y col., en niños argentinos, reportaron resultados similares a los observados en el presente estudio, con cifras de 17,9% de sobrepeso y 16,7% de obesidad, (112). No obstante, otros autores reportaron cifras inferiores a las del presente estudio. Oyhenart y col., con sobrepeso 12,5% y obesidad 7,1% en niños argentinos (113). González y col., con sobrepeso de 8,2% y obesidad de 9,0% en niños cubanos (114). Por otro lado, otros estudios reportan cifras

de sobrepeso y obesidad superiores, las cuales que oscilan entre 19% y 26%, y para sobrepeso entre 17,5% y 27% para obesidad (46,114-116). Kain y col., reporto 19,2% de obesidad en niños chilenos (117).

Estas cifras expuestas anteriormente para países latinoamericanos, son reflejo de la transición epidemiológica, alimentaria y nutricional que está presente en la mayoría de los países en vías de desarrollo. Todo esto sucede en una población producto de una mezcla de etnias, que en su mayoría vive en zonas urbanas, aún afectada por la pobreza y la pobreza extrema, asociada a factores económicos, sociales y ambientales que amenazan la salud de las personas (118-120).

Con respecto a la caracterización nutricional antropométrica de los niños evaluados, en el presente estudio se observó un bajo porcentaje de déficit nutricional, valor que difiere con los resultados de otras investigaciones realizadas en la misma ciudad con un alto porcentaje de malnutrición por déficit, con valores superiores a 4% (53,107,121-123), al igual que con otros estudios realizados en otras ciudades del país (99,124). En Venezuela, el bajo desarrollo económico se traduce en una crisis de carácter social acompañado de un incremento en el precio y una disminución del consumo de los alimentos, ocasionando alteraciones nutricionales en los grupos más vulnerables de la población. Coexistiendo la doble carga nutricional,

malnutrición por déficit y por exceso, dos condiciones que a pesar ser antagónicas, tienen el mismo origen (107,125).

La determinación de parámetros antropométricos y de la composición corporal en niños, adquiere cada vez mayor significancia para comprender los efectos de los factores biológicos, genéticos y ambientales sobre el organismo y la calidad y estilo de vida de los futuros adultos. Por lo tanto, la elección del método apropiado, para determinar estas mediciones, resulta imprescindible. La utilización de protocolos y ecuaciones de adultos, puede dar lugar a muchas imprecisiones, ya que los niños tienen mayor índice hídrico y menor densidad ósea que los adultos (18). El índice de masa corporal un indicador que se utiliza a menudo para cuantificar el estado de peso en niños, con alta especificidad para evaluar la obesidad en la infancia y adolescencia, pero con baja sensibilidad para medir la masa grasa y masa corporal magra (5,126-128). Siendo este aspecto una limitación importante para evaluar el estado nutricional, ya que no discrimina el porcentaje de grasa, y de esta manera no se podría relacionar con riesgo elevado para el desarrollo de enfermedades cardiometabólicas. Por lo que es necesario incluir evaluaciones adaptadas a niños que determinen el porcentaje de grasa corporal, por la importancia que implica en el estado de salud (127,129).

En el presente estudio se realizó la determinación de la composición corporal a través de la técnica de dilución isotópica con deuterio, bioimpedancia eléctrica y antropometría, y se compararon los resultados estimados a través de bioimpedancia eléctrica y antropometría, con los obtenidos por la técnica de dilución isotópica con deuterio, como método de referencia.

El porcentaje de masa grasa determinado en el presente estudio por el método de la dilución isotópica con deuterio fue de 28,5%. Bray y col., reportaron resultados similares en niños blancos y afroamericanos de USA, con edad promedio de 12,7 años, con un porcentaje de grasa corporal en 27,8% (40). En la India, en una zona urbana Kehoe y col., encontraron resultados similares en niños de 7 a 9 años al obtenido en el presente estudio, con valores en el sexo femenino de 28,3%, y en sexo masculino en 21,6 % con un porcentaje menor (128). Otros autores encontraron según la caracterización nutricional, tal como el estudio de Velásquez y col., en niños chilenos (eutróficos: 20,3% y 23,7%; sobrepeso: 23,6% y 26,2%; obesos: 26,5% y 30,0% masculino y femenino respectivamente (1). Vásquez y col., encontraron en niños chilenos de 3 a 5 años con las siguientes cifras: eutróficos: 22,0% y 25,1% y en obesos 30,3% y 33,3% masculinos y femenino respectivamente (130). También Wickramasinghe y col., reportaron valores similares en niños de 5 a 15 años, en Sri Lanka con 26,6% de grasa

corporal, en el sexo masculino (72). Khan y col., reporto cifra inferiores a las reportadas en el presente estudio en 13,1% en niños Bangladeshi de 7 a 10 años (10,7% y 15,8% masculino y femenino respectivamente), el cual pudiera explicarse a que son niños del sur de Asia, con características fenotípicas con baja masa muscular y alta masa grasa, con una tendencia la obesidad central. Este porcentaje de grasa corporal reportado por Khan y col., sigue siendo inferior a pesar de tener las características expuestas anteriormente, ya que en esa población sigue existiendo elevado porcentaje de niños desnutridos (65). Igualmente Wells y col., reportaron cifras inferiores de porcentaje de grasa corporal con respecto a las cifras reportadas en el presente estudio, determinados por el modelo de 4 compartimientos, en 19,2% y 27,0% en el sexo masculino y femenino respectivamente (131).

Otros autores reportaron cifras de porcentaje de masa grasa superiores al presente estudio, tal como el realizado por Haroun y col., con un 38% en niños británicos obesos, entre 7 a 14 años (modelo 3 compartimiento 37,2% y 48,8% y en modelo de 4 Compartimiento 38,2% y 42,2% masculino y femenino respectivamente) (129). Vásquez y col., en niños chilenos reportaron valores de 38,7% y 41,1%, en el sexo masculino y femenino respectivamente, apreciándose una diferencia significativa, que pudiera explicarse en porque los sujetos eran obesos, a diferencia del

presente estudio donde habían sujetos con estado nutricional en normopeso, sobrepeso y obesidad (28).

Wickramasinghe y cols., también reportaron valores de porcentaje de grasa corporal superiores al presente estudio en niñas de Sri Lanka, con cifra de grasa corporal en 37,1% (72). Estas diferencias pudieran atribuirse a las diferencias étnicas y hábitos de alimentación, los cuales repercuten en la composición corporal, tamaño del cuerpo, forma y grado de hidratación. La composición corporal se ha demostrado que es dependiente del origen étnico del individuo, ya que tanto la masa magra, como el contenido de mineral óseo presentan variaciones con relación a la etnia, lo que orienta a pensar en la participación del componente genético (11).

El porcentaje de masa grasa determinado en el presente estudio por el método de BIA fue de 24,2%. Wickramasinghe y col., obtuvieron resultados similares de porcentaje de grasa corporal en niños de Sri Lanka de 5 a 15 años en el sexo masculino de 25,5% siendo superior en el sexo femenino 37,1%, al validar una ecuación de predicción de BIA con el método de dilución isotópica observándose buena correlación entre ambos métodos; sin embargo, este autor menciona la desventaja del método BIA en la estimación del agua corporal total o masa libre de grasa utilizando ecuaciones de

predicción, la mayoría de los cuales se derivaron de América del Norte y las poblaciones de Europa Occidental (72).

Clasey y col., reportaron en su estudio cifras de porcentaje de grasa corporal en 24% en niños americanos de 5 a 11 años (20). Al igual que Kehoe y col., quienes reportaron un valor de 23,6% de porcentaje de grasa corporal por BIA en niños de la india de 6 a 8 años, siendo el valor superior para el sexo femenino en 33,6% (128). El predominio de un elevado porcentaje de grasa corporal mayor en el sexo femenino, pudiera explicarse por el dimorfismo sexual. Varios estudios muestran una asociación inversa entre la adiposidad y la edad de partida de la pubertad. Esta diferencia se explicaría por el proceso ontogenético donde se producen grandes cambios, como consecuencia de la regulación hormonal en la distribución de la grasa corporal ya que en la mujer los estrógenos promoverían un mayor desarrollo del tejido graso, mientras que en los varones, la testosterona influiría más en el crecimiento y menos en la formación de grasa. La tendencia a una menor edad de presentación de la pubertad es mundial y estaría asociada al sobrepeso, a factores étnicos, al retardo del crecimiento intrauterino y a otros disruptores endocrinos ambientales como los productos químicos (132). En los menores de 10 años, el dimorfismo sexual a favor de los varones, aparece solo en los pliegues bíceps, supraespinal y pantorrilla. Este hallazgo es consistente con algunos estudios que señalan mayor variabilidad en los

varones, durante el crecimiento, y en la composición corporal, situación que se atribuye a una maduración más temprana de las niñas (99).

En el presente estudio se evidencia que los valores obtenidos del porcentaje de grasa corporal fueron mayores en las niñas y posiblemente esté asociado a un fenómeno biológico de maduración, según el cual las niñas venezolanas inician su pubertad dos años antes que los varones y como consecuencia, el patrón de distribución de la grasa se define a edades más tempranas (99).

Otro estudio usando BIA para estimar la grasa corporal niños chilenos reportó cifras superiores respecto a la presente investigación, con valores en 25,46% y 29,69% en masculino y femenino respectivamente (23). Estas diferencias pudieran atribuirse a que los autores utilizaron un bioimpedanciometro manual, y no un equipo tetrapolar tal como se utilizó en el presente estudio el equipo manual es poco fiable en la estimación de la composición corporal, pudiendo subestimar o sobrestimar la grasa corporal en la población pediátrica (23).

Otros autores reportaron cifras inferiores de porcentaje de grasa corporal a través del método de BIA, comparado con el presente estudio;

entre ellos, los resultados de Khan y col, reportando un promedio de 9,1% (10,1% y 7,8% en masculino y en femenino respectivamente). La desventaja de la determinación del agua corporal total y la masa libre de grasa por BIA es que se estiman a través de ecuaciones derivadas matemáticamente en poblaciones de Europa Occidental y América del Norte, por lo que la validez del método del BIA ha sido cuestionada, cuando se utilizan estas ecuaciones en poblaciones de edades y características diferentes. Este aspecto pudiera ocasionar una subestimación de la composición corporal (65). Igualmente, Isjwara y col., reportaron valores inferiores de porcentaje de grasa corporal a través de BIA en niños de indonesia de 11 a 15 años en 19,8%. Esta diferencia entre los resultados pudiera explicarse por la constante de hidratación utilizada, ya que reportan variabilidad en el grupo étnico y esto puede conducir a un error de estimación en el porcentaje de grasa corporal debido al aumento de grasa abdominal en esta población (133).

Al determinar el porcentaje de grasa corporal por antropometría, en el presente estudio se obtuvo un valor de 21,3%. Resultados que difieren con el estudio realizado por Marrodan y col., quienes determinaron porcentaje de grasa corporal a través de la ecuación de *Slaugther* en niños venezolanos (26), con resultados de porcentaje de grasa corporal en niñas de 14,3%. Sin embargo, se encontró resultados similares con los resultados arrojados en

los niños (20,4%). Estos resultados fueron similares a los de Isjwara y col., (21,8%) quienes utilizaron la misma ecuación para estimar la grasa corporal en niños de indonesia (133). Igualmente, Lizana y col., reportaron valores de porcentaje de grasa corporal similares en niños chilenos a través de la misma ecuación (24,6% y 31,6% en masculinos y femeninos respectivamente) (23).

Con relación al porcentaje de grasa corporal estimado a través de la antropometría, otros autores reportaron cifras inferiores respecto al presente estudio. Cossio y col., utilizaron las ecuaciones de regresión propuestas por *Boileau, Lohman y Slaughter* en niños peruanos de 6 a 11 años, y reportaron un porcentaje de grasa corporal de 14,3% (17). Igualmente, en otro estudio, Cossio y col., en niños peruanos de 7 a 11 años reportaron cifras de grasa corporal inferiores (13,0% y 17,0% en masculinos y femeninos respectivamente). Estos autores asumen que las cifras obtenidas pudieran estar sesgadas, ya que para interpretar los resultados, las ecuaciones antropométricas utilizadas no siempre resultan válidas al aplicarlas en poblaciones diferentes a la original, sobre todo, si las ecuaciones fueron propuestas para poblaciones del nivel mar, lo que limitaría su uso en poblaciones que viven a moderadas y elevadas altitudes (3).

Otros investigadores han reportado cifras de porcentaje de grasa corporal que difieren a los resultados del presente estudio, determinadas por

antropometría reportando valores inferiores, como Urrejola y col., con valores de 14,64% en una muestra con normopeso a través de la ecuación de regresión por *Slaugther*. La clasificación nutricional de la muestra estudiada por Urrejola y col., pudiera ser la explicación de las diferencias entre los resultados, a pesar de usar la misma metodología (6). Johnson y col., reportaron porcentaje de grasa corporal en 19,3% en niños afroamericano y mexicanos determinados por antropometría y (134), esto pudiera deberse a las diferencias étnicas y al tipo de pliegues cutáneos que utilizaron. Es decir, las ecuaciones predictivas que se sugieren en la población pediátrica utilizan los pliegues cutáneos tricipital y subescapular. Sin embargo, en el estudio de Jonhson, seleccionaron los pliegues tríceps y pantorrilla debido a que los padres se resistieron a la medición del pliegue subescapular. Para mejorar la confiabilidad utilizaron el método de *Lohman's* seguido de la ecuación de *Slaugther*.

Otros estudios reportaron valores de porcentaje de grasa corporal determinadas por antropometría superiores a la de la presente investigación con cifras entre 27% y 32%. Como los resultados reportados por Aguilar y col., en niños españoles determinada por la ecuación de regresión múltiple de Brook y Siri (135) y por Díaz y col., en niños chilenos (18) a través de la ecuación de *Slaugther*. Esta diferencia pudiera deberse en el caso del estudio de Aguilar y col., por la utilización de una ecuación de regresión

diferente a la presente investigación. Además, de la diferencia entre las etnias aunado al creciente aumento de malnutrición por exceso en la actualidad en esas poblaciones.

En el presente estudio se utilizó el método de Bland–Altman para determinar la intercambiabilidad de los pliegues cutáneos y la BIA, con respecto a la técnica de dilución isotópica con deuterio como método de referencia. Un sesgo negativo representó una subestimación del método de predicción (BIA y antropometría) (15,136).

Con respecto a los resultados de la composición corporal estimados a través de BIA y antropometría, con los obtenidos por la técnica de dilución isotópica con deuterio, como método de referencia, existen otros estudios que reportan resultados con un mayor coeficiente de correlación de concordancia. Tal es el caso de Vásquez y col., quienes a través del método de la dilución isotópica reportaron buena concordancia ($r = 0,98$) para ambos sexos (28). Kehoe y col., han reportado resultados inferiores de porcentaje de grasa corporal, con respecto a los valores de la presente investigación por la ecuación de *Slaughter* en 11,5% y 16,6% en masculinos y femeninos respectivamente (128).

La ecuación antropométrica utilizada arrojó valores que tenían poca concordancia con los derivados con la técnica de dilución isotópica como método de referencia, ya que mostraron imprecisión y sesgo, reportando subestimación con respecto al método de referencia. Esto pudiera explicarse, ya que la ecuación de *Slaughter* fue desarrollada hace más de 20 años para niños americanos, caucásicos y africanos que vivían en los EE.UU y en esa época no existía alta prevalencia de sobrepeso y obesidad, por lo que tienden a subestimar el porcentaje de masa grasa para la gran mayoría de los niños. Además, que los niños de la india tienden a presentar tendencia a la obesidad central, por lo que para esta población los pliegues subcutáneos no es el mejor indicador para medir grasa corporal (128,134). Por último, se debe tener en cuenta la validez de las medidas antropométricas por el alto grado de variación de intra e inter observador al tomar los pliegues subcutáneos y la aceptabilidad de las mediciones por los sujetos el cual pudiera interferir en los resultados (55,65).

Se han reportado estudios donde han determinado composición corporal por varios métodos, como los de Eisenman y col., quienes evaluaron la composición corporal en 75 niños de 3 a 8 años a través de la antropometría y bioimpedancia eléctrica y el DEXA, esta última como prueba de referencia; encontrando excelentes grados de concordancia. Sin embargo, todos los métodos subestimaron significativamente la grasa corporal en

comparación con la determinada con el DEXA, sin ser intercambiables los métodos y ecuaciones de predicción utilizados (43).

El estudio de Lázzar y col., en obesos entre 10 y 17 años reportaron una alta confiabilidad al utilizar bioimpedancia eléctrica, DEXA y pletismografía por desplazamiento de aire, y concluyeron que los porcentajes de grasa por los tres métodos estaban altamente correlacionados; sin embargo, se observaron valores más bajos en los derivados por BIA respectó a los arrojados por los métodos de referencia (51).

Otro estudio realizado por Resende y col., comparó los valores medios de la masa grasa, masa libre de grasa y agua corporal total determinado por el método de dilución isotópica y BIA, reportando diferencias significativas. Los resultados demostraron que la BIA sobreestimó la masa libre de grasa y agua corporal total, y subestimó de masa grasa, en comparación con los estimados por el método de dilución isotópica; sin embargo, se observó una correlación significativa($r = 0,93$, $p < 0,001$). El gráfico de Bland - Altman mostró sesgo significativo positivo, la diferencia promedio entre los métodos BIA y D₂O para el porcentaje de grasa corporal fue de 7,55 con un intervalo de confianza de -16,39 a -1,27 (137).

En otra investigación realizada por Lizana y col., en niños y adolescente chilenos de 10 y 18 años, evaluaron el grado de concordancia entre el porcentaje de grasa corporal estimado por medidas antropométricas utilizando la ecuación de *Slaughter* y BIA, evidenciándose que el coeficiente de correlación de concordancia de Lin entre BIA y antropometría fue pobre ($<0,90$) por género y grado de adiposidad. El estudio reportó discrepancias de estos dos métodos en este rango de edad, lo que se acentúa por género y grado de adiposidad. Por lo tanto, no se sugiere utilizar la BIA como un método intercambiable con las medidas antropométricas en niños y adolescentes, pues subestima el porcentaje de grasa corporal (23).

Debido a la creciente prevalencia de la obesidad en los países industrializados y en países en desarrollo, la evaluación de la composición corporal y sus cambios debe ser determinada para ser abordada desde el punto de vista médico, por sus consecuencias fisiológicas, clínicas y sociales (51). Por lo tanto, la determinación de la composición corporal es considerada un procedimiento importante de la evaluación nutricional ya que permite obtener los datos de compartimientos corporales de interés clínico, con una asociación temprana entre el déficit y el exceso de los compartimientos (4,138). La evaluación de la composición corporal ha cobrado gran importancia en la edad pediátrica debido a la alta prevalencia de sobrepeso y obesidad a edades tempranas (12,18).

Esta situación epidemiológica conduce a la necesidad de sensibilizar y educar a la población para que modifiquen sus hábitos alimentarios y a considerar la necesidad de orientar los esfuerzos de los programas de nutrición comunitaria hacia la prevención, tanto de los problemas de desnutrición infantil y materna, como de sobrepeso y obesidad (118-120).

La edad preescolar es clave para la generación de conductas adecuadas respecto a la alimentación y la actividad física, conduciendo a un estado nutricional y crecimiento adecuado. La evaluación de la composición corporal en este grupo de edad resulta, entonces, un instrumento clave para ayudar en la prevención, control y seguimiento de la salud infantil (139).

En la actualidad los métodos más utilizados para la determinación de la composición corporal son la antropometría y la BIA, ambos son de bajo costo y relativamente rápido de realizar, pero no obtienen medidas directas de porcentaje de grasa corporal. Los valores obtenidos de pliegues cutáneos y BIA requieren ecuaciones para calcular el porcentaje de grasa corporal. Estas ecuaciones han sido demostrado ser sensible a la etnicidad de la población (128). Por lo tanto, siempre es conveniente desarrollar y validar ecuaciones de regresión apropiadas para los diferentes grupos etarios, étnicos y estado nutricional, ya que el tamaño del cuerpo, la forma y el grado

de hidratación, contribuyen a las diferencias de la composición corporal y a la distribución de la grasa corporal (72,140).

Los métodos del análisis de BIA y antropometría poseen características similares en cuanto a accesibilidad y fácil manejo, son reproducibles y presentan facilidad para ser aceptados por el paciente como una técnica normal de examen, además son métodos de campo doblemente indirectos, que emplean ecuaciones individuales de predicción, de acuerdo con la edad, el sexo y el nivel de actividad física del individuo evaluado (133,138). Pero también ambos métodos comparten errores similares de estimación de la composición corporal en los niños, y ambos métodos tienden a subestimar el porcentaje de grasa corporal en los niños con sobrepeso y obesidad (134).

Sin embargo por los resultados obtenidos en el presente estudio, al evaluar la fuerza de la asociación entre la técnica de BIA y la antropometría para estimar la grasa corporal contra el método de referencia (D_2O), ambas variables tienen una relación lineal estadísticamente con la técnica de dilución isotópica, sin buena concordancia entre los métodos respectivamente, ya que la BIA y antropometría subestimaron el porcentaje de grasa corporal siendo mayor para la antropometría. Es decir, ambos métodos tienen buena correlación con la técnica de dilución isotópica, pero

no son intercambiables. Estas diferencias pueden provenir por los tipos de métodos y fundamento, la BIA y la antropometría son dos métodos doblemente indirectos, y el método de dilución isotópica es un método indirecto; y demás del fundamento de cada método (40,65).

El método antropométrico estima la grasa corporal y la masa libre de grasa, a partir, de la sumatoria de pliegues cutáneos, mientras que la BIA determina la impedancia eléctrica de los tejidos del cuerpo y estima el contenido de agua corporal total, para así poder calcular los porcentajes de masa grasa y masa libre de grasa, esta resistencia pudiera estar sistemáticamente sesgada, posiblemente al existir una masa grasa elevada, la cual tiene una baja hidratación en comparación con los otros tejidos magros, alterando la conductividad eléctrica de la corriente alterna. Esto hace difícil interpretar los datos de estudios que utilizan la BIA para determinar grasa corporal (133,138). Por último, la técnica de la dilución isotópica es un método bicompartamental que mide el agua corporal total (30), es una prueba más laboriosa y más costosa que requiere un personal entrenado y puede ser utilizada en estudios de campos y también en estudios clínicos, siendo un método ventajoso y sus resultados tienen mayor validez (29).

Otro factor que puede hacer diferente los resultados del porcentaje de grasa corporal entre los métodos, puede ser el grado de hidratación que no

es constante y en los pacientes con sobrepeso y obesidad tienden a sobreestimar la masa libre de grasa y a subestimar la masa grasa, y en este estudio el porcentaje de sobrepeso y obesidad fue de 19,1% y 17,3% respectivamente (51).

A pesar de existir diferencias entre los resultados expuestos anteriormente, la BIA puede ser una alternativa práctica y menos costosa para la ayuda de los profesionales de salud, para obtener más detalles para la evaluación de la composición corporal, cuando el método de la dilución isotópica no es posible (137). Por otro lado, la explicación a la variabilidad de los resultados por la antropometría, podría deberse al fundamento del método, lo que lo hace menos preciso en relación al método de referencia. Para la antropometría se sigue considerando un estimador útil de la composición corporal cuando no exista otro método disponible. Sin embargo, para estudios más precisos se requiere utilizar el método de dilución isotópica con deuterio o idealmente un modelo multicompartimental (15).

Diferentes modelos de BIA se han utilizado, para distintos grupos de edad y varias ecuaciones de predicción se han desarrollado (65), por lo tanto existe la necesidad de desarrollar una ecuación de predicción válida para medir la masa libre de grasa y la masa grasa en niños venezolanos, debido a las diferencias en la distribución de la grasa subcutánea en diferentes

poblaciones. Estas ecuaciones deben ser ajustadas especialmente cuando se evalúan poblaciones con alto porcentaje con sobrepeso y obesidad (137). Igualmente existe la necesidad de desarrollar ecuaciones para medir el porcentaje de grasa corporal en poblaciones de niños venezolanos específicos, ajustada según la edad y el estado nutricional de la población. Ya que el uso de IMC es común y muchas veces empleado de forma indiscriminada originando sesgo a la hora interpretar los resultados, por lo que las ecuaciones antropométricas no siempre resultan válidas al aplicarlas en poblaciones diferentes a la original (3).

CONCLUSIONES

1. Se observó una alta prevalencia de malnutrición por exceso (sobrepeso y obesidad) en los niños evaluados en el presente estudio.
2. Se observaron diferencias en el porcentaje de grasa corporal entre la bioimpedancia eléctrica y antropometría con respecto al método de referencia (técnica dilución isotópica).
3. El porcentaje de grasa corporal fue superior en las niñas y en sujetos de mayor edad.
4. Al comparar los resultados obtenidos del porcentaje de grasa corporal por antropometría, BIA y el método de dilución isotópica, se observó una buena correlación; sin embargo no se encontró una buena concordancia entre los métodos. Tanto para la antropometría como la BIA subestimaron la grasa corporal, siendo mayor la subestimación para la antropometría.

RECOMENDACIONES

1. Incluir en la evaluación del estado nutricional, la determinación de la composición corporal como parte de la atención integral del paciente en centros de salud. Esto permitirá obtener los datos de compartimientos corporales de interés clínico, con una detección temprana del déficit y el exceso nutricional.
2. Debido a la creciente prevalencia de sobrepeso y obesidad en los países industrializados y en países en desarrollo, la evaluación de la composición corporal y sus cambios permitiría establecer intervenciones nutricionales involucrando a la comunidad y evitando así mantener la obesidad en la edad adulta y previniendo las comorbilidades crónicas.
3. A fin de mejorar la concordancia entre los métodos de evaluación de la composición corporal, se deben desarrollar y validar ecuaciones de regresión apropiadas para la población venezolana, en los diferentes grupos etarios, étnicos y estado nutricional. Esto se lograría mediante el uso de métodos de referencia, tal como la técnica de dilución isotópica con deuterio para la población venezolana.
4. Continuar con la promoción, a nivel nacional, de líneas de investigación relacionadas con el estudio de la composición corporal en niños, debido al incremento en las cifras de sobrepeso y obesidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Velásquez M. Técnicas de evaluación de composición corporal en obesidad. *Arq Sanny Pesq Saúde*. 2008; 1, (2): 141-54.
2. Alvero J, Cabañas M, Herrero A, Martínez L, Manzañido J, Quintana M, et al. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineantropometría de la federación española de medicina del deporte. *Arch Medic Deporte*. 2009; XXVI (131): 166-79.
3. Cossio M, Cossio W, Vargas R, Arruda M. Concordancia del porcentaje de grasa corporal determinado con una ecuación específica y con tres ecuaciones genéricas en niños en edad escolar de moderada altitud *Rev Med Hered*. 2013; 24(1): 33-9.
4. Campos R, Marco A, Arruda M, Martínez C, Salazar C, Vargas C, et al. Predicción de ecuaciones para el porcentaje de grasa a partir de circunferencias corporales en niños pre-púberes. *Nutr Hosp*. 2013; 28(3):772-8.
5. Rodríguez P, Bermúdez E, Rodríguez G, Spina M, Zeni S, Friedman S, et al. Composición corporal en niños preescolares: comparación entre métodos antropométricos simples, bioimpedancia y absorciometría de doble haz de rayos x. *Arch Argent Pediatr*. 2008; 106(2): 102-9.
6. Urrejola P, Hernández M, Icaza M, Velandia S, Loreto M, Hodgson M. Estimación de masa grasa en niños chilenos: ecuaciones de pliegues subcutáneos vs densitometría de doble fotón. *Rev Chil Pediatr*. 2011; 82(6): 502-11.
7. Instituto Nacional de Nutrición (INN). Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN). Componente menores de 15 años, 2007.
8. Ros I, Herrero M, Miñana M, López E, Galera R, Moráis A. Valoración sistematizada del estado nutricional. *Acta Pediatr Esp*. 2011; 69(4): 165-172.
9. Sánchez A, Del Real S, Solano L, Díaz N y Barón M. Validez del índice energía/proteína en la identificación de la malnutrición por exceso en

- preescolares venezolanos de bajo estrato socioeconómico. Arch Latinoam Nutr. 2006; 56(3): 224-8.
10. Martínez C, Pedrón C. Valoración del estado nutricional. Protocolos diagnóstico-terapéuticos de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica SEGHNPAEP. 2010: 313-8.
 11. Urrejola P, Hodgson M, Icaza M. Evaluación de la composición corporal en niñas usando impedanciometría bioeléctrica y pliegues subcutáneos. Rev Chil Pediatr. 2001; 72(1):26-33.
 12. Sánchez A, Barón M. Uso de la bioimpedancia eléctrica para la estimación de la composición corporal en niños y adolescentes. An Ven Nutr. 2009; 22(29): 105-10.
 13. Ramírez E, Valencia M, Moya S, Alemán H y Méndez R. Estimación de la masa grasa por DXA y el modelo de cuatro compartimentos en púberes mexicanos de 9 a 14 años Arch Lat Nutr. 2010; 60(3): 16-22.
 14. Mei Z, Grummer L, Wang J, Thornton J, Freedman D, Pierson R, Dietz W, Horlick M. Do Skinfold Measurements Provide Additional Information to Body Mass Index in the Assessment of Body Fatness Among Children and Adolescents? Pediatrics 2007; 119(6): 2006-2546.
 15. Salazar G, Rocha M, Mardones F. ¿Es útil la antropometría para estimar la composición corporal en niños preescolares? Rev Chil Pediatr. 2003; 74(1):37-45.
 16. Alonso M, Redondo P. Valoración del estado nutricional. Pediatr Int 2011; XV (4): 301-12.
 17. Cossio M, Abella C, Arruda M. Valoración de la adiposidad corporal de escolares en Arequipa, Perú. Rev Peruana Med Exp Salud Pública. 2012; 29 (4):477-82.
 18. Díaz J, Espinoza O. Determinación del porcentaje de masa grasa, según mediciones de parámetros corporales, peso y talla: Un estudio de validación. Int J Morphol. 2012; 30(4):1604-10.
 19. Ricciardi R, Talbot L. Use of bioelectrical impedance analysis in the evaluation, treatment, and prevention of overweight and obesity. J Am Assoc Nurse Pract. 2007; 19(5): 235-41.

20. Clasey J, Bradley K, Bradley J, Long D and Griffith J. A new BIA equation estimating the body composition of Young children. *Obes.* 2011; 19(19):1813–17.
21. González E, Aguilar M, García P, Río J, García C. Análisis del estado nutricional y composición corporal de una población de escolares de Granada. *Nutr Hosp.* 2012; 27(5):1496-1504.
22. Valtueña S, Arija V, Jordi S. Estado actual de los métodos de evaluación de la composición corporal: descripción, reproducibilidad, precisión, ámbitos de aplicación, seguridad, costo y perspectivas de futuro. *Revisiones de unidad de nutrición humana. Med Clín.* 1996; 106(16): 624-35.
23. Lizana P, Ido A, Flores A, Lelievre S, Olivares B, Binvignat O, Marincovich D. Inconsistency Between the Body Fat Percentages Estimated Through Anthropometric Measurements and Manual y por Bioimpedance in Niños y Adolescents. *Int J Morphol.* 2011; 29(4): 1364-9.
24. Berral, F, Rodríguez, E. Impedancia bioeléctrica y su aplicación en el ámbito hospitalario. Artículo de revisión medicina del deporte. *Rev Hosp Juárez México.* 2007; 74(2): 104-12.
25. Knechtle B, Wirth A, Knechtle P, Rosemann T. Rust C and Bescos R. A comparison of fat mass and skeletal muscle mass estimation in male ultra-endurance athletes using bioelectrical impedance analysis and different anthropometric methods. *Nutr Hosp.* 2011; 26(6):1420-27.
26. Marrodán M, Santos M, Mesa M, Cabañas M, González M, Pacheco J. Técnicas analíticas en el estudio de la composición corporal. Antropometría frente a sistemas de bioimpedancia bipolar y tetrapolar. *Nutr Clin Diet Hosp.* 2007; XXVII/3(1):11-9.
27. Filozof, C. Composición Corporal: Impedancia Bioeléctrica. *Rev Actual Cienc Deporte,* 2004; 2(8): 270-278.
28. Vásquez F, Díaz E, Lera L, Vásquez L, Anziani A, Burrows R. Métodos de composición corporal y modelo de cuatro compartimentos en escolares obesos chilenos. *Nutr Hosp.* 2012; 27(4):1079-85.
29. Ramírez E y Valencia M. Tamaño y composición corporal en niños mexicanos I: Implicaciones en el uso del BOD POD, DXA y dilución con deuterio en la evaluación de la masa grasa y masa libre de grasa. *Rev*

- Salud Pública Nutr [Internet]. 2008 [citado 10 Feb 2010]; 9(3). Disponible en:
http://www.respyn.uanl.mx/ix/3/ensayos/tamano_y_composicion_corporal.htm
30. Masud J, Zárraga Y, Herrera M, Ávila R. Composición corporal en el recién nacido. *Pediatr México*. 2011; 13(3): 114-19.
 31. Lomaglio, D. Transición nutricional y el impacto sobre el crecimiento y la composición corporal en el noroeste argentino (NOA). *Nutr. clín. diet. hosp.* 2012; 32(3):30-5.
 32. Fernández, J. Estimación de la composición corporal por dos ecuaciones de Dezenberg para niños de 5 a 10 años. *Rev Cub Salud Pública*. 2003; 29(1): 37– 41.
 33. Albuquerque F, Martín F, García P, Martín M, Santos M. Comparison of fat mass and fat-free mass between Anthropometry, BIA and DEXA in young females: are methods really interchangeable?. *Eur J Anat.* 2010; 14(3): 133-41.
 34. Berral F, Gómez J, Viana B, Berral C, Benitez P. Estudio de la composición corporal en escolares de 10 a 14 años. *Rev Bras Cineantropom & Desempeño Hum.* 2001; 3(1): 20-33.
 35. Huerta R, Esparza J, Urquide R, Pacheco, B, Valencia, M, Alemán H. Validez de una ecuación basada en antropometría para estimar la grasa corporal en adultos mayores. *Arch Latinoam Nutr.* 2007; 57(4): 357-65.
 36. Bolzán A, Guimarey L. Composición corporal y prevalencia estandarizada de desnutrición en niños de 6 a 12 años de edad, La Costa, Argentina. *Rev. Bras. Saùde Materno. Inf Recife.* (2003); 3(3): 253-63.
 37. Viso M, Rodríguez Z, Aponte L, Barboza A, Barreto P, Villamizar M, et al. Insulinorresistencia, obesidad y síndrome metabólico. Cohorte CDC de Canarias en Venezuela. *Salus online.* 2013; 17: (1): 35-45.
 38. Paoli M, Uzcátegui L, Zerpa Y, Gómez R, Camacho N, Molina Z, et al. Obesidad en escolares de Mérida, Venezuela: asociación con factores de riesgo cardiovascular. *Endocrinol Nutr.* 2009; 56 (5): 218-26.
 39. Vásquez F, Diaz E, Lera L, Vásquez L, Anziani A, Leyton B, et al. Evaluación longitudinal de la composición corporal por diferentes métodos

- como producto de una intervención integral para tratar la obesidad en escolares chilenos. *Nutr Hosp.* 2013; 28(1):148-154.
40. Bray G, Delany J, Harsha D, Volaufova J, Champagne C. Evaluation of body fat in fatter and leaner 10-y-old African American and white children: the Baton Rouge Childrens Study. *Am J Clin Nutr.* 2001; 73(4): 678-702.
 41. Azócar M, Cano F, Marín V, Díaz E, Salazar G, Vásquez L. Estimación del agua corporal total por deuterio en diálisis peritoneal pediátrica. *Rev Chil Pediatr.* 2003; 74(5): 504-10.
 42. Elberg J, McDuffie J, Sebring N, Salaita C, Keil M, Robotham D, et al. Comparison of methods to assess change in children's body Composition *Am J Clin Nutr* 2004; 80(1):64–9.
 43. Eisenmann J, Heelan K, welk G. Assessing Body Composition among 3- to 8- year-old children: Anthropometry, BIA & DXA. *Obes Res.* 2004; (12): 1633-40.
 44. Casanova R, Rodríguez A, Rico S, Casanova M. Análisis de la composición corporal por parámetros antropométricos y bioeléctricos. *An Pediatr.* 2004; 61(1): 23-31.
 45. Mok E, Béghn L, Gachon P, Daubrosse C, Fontan J, Cuisset J, et al. Estimating body composition in children with Duchenne muscular dystrophy: comparison of bioelectrical impedance analysis and skinfold-thickness measurement. *Am J Clin Nutr.* 2006; 83(1): 65-9.
 46. Cornejo J, Llanas J, Velasco A, Sánchez M, Pérez F, Hamilton R. Composición corporal por impedancia bioeléctrica y prevalencia de sobrepeso y obesidad en escolares de ciudad Victoria, Tamaulipas. *Rev Endocrinol Nutr.* 2008; 16(3): 108-13.
 47. Schifferli I, Carrasco F, Inostroza J. Formulación de una ecuación para predecir la masa grasa corporal a partir de bioimpedanciometría en adultos en un amplio rango de edad e índice de masa corporal. *Rev Med Chile.* 2011; 139: 1534-1543.
 48. Bellido D, Correira J. Desarrollo de ecuaciones predictivas para el cálculo de composición corporal por impedanciometría. *Rev Esp Obes.* 2006; 4(2): 97-106.

49. Wang Z, Pierson R, Heymsfield S. The five-level model: a new approach to organizing body- composition research. *Am J Clin Nutr.* 1992. 56(1): 19-28.
50. Jiménez E, Aguilar M, García P, Río J; García C (2012). Análisis del estado nutricional y composición corporal de una población de escolares de Granada. *Nutr hosp.* 2012; 27(5): 1496-504.
51. Lazzer S, Bedogni G, Agosti F, De Col A. Comparison of dualenergy X-ray absorptiometry, air displacement plethysmography and bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in severely obese Caucasian children and adolescents. *Br J Nutr* 2008; 100(4):918-25.
52. Sánchez A, Del Real S; Solano L, Peña E. Indicadores antropométricos tradicionales, proporcionalidad y composición corporal en recién nacidos venezolanos de estratos socioeconómicos bajos. *An Ven Nutr.* 2005; (2):155-61.
53. Mata M, Moya M, Córdova M y Bauce G. Estudio longitudinal de las variables antropométricas de dimensión y composición corporal en escolares de educación básica, Caracas-Venezuela. *Nutr Hosp.* 2007; 22(4): 478-86.
54. Casanova R. Técnicas de valoración del estado nutricional, *Vox Pediátr.* 2003; 11(1): 26-35.
55. Jiménez E. Composición corporal: estudio y utilidad clínica. *Endocrinol Nutr.* 2013; 60(7):1-7.
56. Santana S, Espinosa A. Composición corporal. *Acta Med.* 2003. 11(1):26-37.
57. Velásquez M, Pietrobelli A. Aspectos históricos y métodos actuales en el estudio de la composición corporal. *Nutr Clin.* 2006; 9(1): 40-8.
58. Aristizábal J, Restrepo M, Estrada A. Evaluación de la composición corporal de adultos sanos por antropometría e impedancia bioeléctrica. *Rev Inst Nacl Salud.* 2007; 27(002): 216-24.
59. Martínez E. Composición corporal: su importancia en la práctica clínica y algunas técnicas relativamente sencillas para su evaluación. *Salud Uninorte.* 2009; 26(1): 98–116.

60. Brownbill R, Ilich J. Measuring body composition in overweight individuals by dual energy X-ray absorptiometry *BioMed Central*. 2005; 5 (1): 1-7.
61. Piccoli A, Nescolarde L, Rosell J. Análisis convencional y vectorial de bioimpedancia en la práctica clínica, *Nefro*. 2002; XXII(3): 228-38.
62. Villamayor L, Llimera G, Vidal V, González C, Iniesta C, Mira C, et al. Valoración nutricional al ingreso hospitalario: iniciación al estudio entre distintas metodologías. *Nutr Hosp*. 2006; 21(2):163-72.
63. Montejo J, Culebras J, García A. Recomendaciones para la valoración nutricional del paciente crítico. *Rev Med Chile*. 2006; 134: 1049-56.
64. Alvero J, Acosta A, Fernández V, García J. Métodos de evaluación de la composición corporal. *Arch Medic Deporte*. 2004; XII (104): 535-43.
65. Khan I, Hawkesworth A, Hossain H, Arifeen S, Moore S, Wells J. Body composition of Bangladeshi children: comparison and development of leg-to leg Bioelectrica. *J Health Popul Nutr*. 2012; 30(3): 281–90.
66. Valtueña S, Kehayias J. Measurement of body fat mass in vivo: from two-compartment techniques to neutron activation analysis and DXA. *Med Clín*. 2001; 116(15):590-7.
67. Venkatesh I. Descubrimiento de los vínculos ocultos las técnicas nucleares e isotópicas en función de las necesidades nutricionales. *Bol del OIEA*. 2001. 15-21.
68. Ellis K. Human body composition: in vivo methods. *Phys Rev* 2000; 80(2):649-80.
69. Valencia M. Técnicas nucleares en estudios de nutrición. *Rev Salud Pública y Nutr*. 2009, Edición especial 9.
70. Oliveira J, Coelho K, Pfrimer K, Costa N, Marchini J Moriguti J, et al. Study of body composition in elderly active women by the anthropometric and deuterium oxide methods. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2012, 14(6):615-23.
71. OIEA. Colección de salud humana del OIEA N° 12 introducción a la determinación de la composición corporal mediante la técnica de dilución de deuterio con análisis de muestras de saliva por espectrometría

infrarroja por transformada de Fourier Organismo Internacional de Energía Atómica Viena, 2013.

72. Wickramasinghe V, Lamabadusuriya S, Cleghorn G, Davies P. Assessment of body composition in Sri Lankan children: validation of a skin fold thickness equation. *Ceylon Med J.* 2008; 53(3):83-8.
73. Lorente R, Azpeitia J, Arévalo N, Muñoz A, García J, Gredilla J. Absorciometría con rayos X de doble energía. *Fundamentos, metodología y aplicaciones clínicas. Radiol.* 2012; 54(5): 410-23.
74. Kullberg J, Brandberg J, Angelhed J, Frimmel H, Bergelin E, Istrid R, et al. Whole-body adipose tissue analysis: comparison of MRI, CT and dual energy X-ray absorptiometry. *Br J Radiol.* 2009; 974(82): 123–30.
75. Moran J, Lavado J, Pedrera J. Methods for nurses to measure body composition. *Rev Latino Am Enfermagem.* 2011; 19 (4):1033-8.
76. Sirvent J, Garrido R. Valoración antropométrica de la composición corporal cineantropometría España: universidad de Alicante. 1ª ed., 2009; 31-2.
77. Alvero J, Correas L, Ronconi M, Fernández R, Porta J. La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización. *Rev Andal de Medi Deporte.* 2010; 4(4):167-74.
78. Kuriyan R, Tinku T, Kurpad A. Total body mass estimation from bioelectrical impedance análisis & simple antropometric measurements in India men, *Indian J Med Res.* 2008; 127(5): 441-6.
79. Etayo P, Moreno L, Iglesia I, Bel S, Mouratidou T, Garagorri J. Body composition changes during interventions to treat overweight and obesity in children and adolescents. *Rev Nutr Hosp.* 2013; 28(1): 52-62.
80. Dehghan M, Mercha A. Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutr J.* 2008. 7, 26-33.
81. Ravasco P, Anderson H, Mardones F. Métodos de valoración del estado nutricional. *Nutr Hosp.* 2010; 25(3): 57-66.
82. Méndez Castellano H, Méndez MC. *Sociedad y Estratificación: Método Graffar-Méndez Castellano.* Fundacredesa. Caracas-Venezuela. 1994.

83. Shoeller D. Hidrometry. In: Roche A, Heymsfield S y Lohman T. Human body composition. New York: Human Kinetics, 1996; 25-43.
84. Salazar G, Rocha M y Mardones F. ¿Es útil la antropometría para estimar la composición corporal en niños preescolares?, Arch Pediatr Urug. 2005; 76(3): 265-71.
85. Fomon S, Haschke F, Ziegler E, Nelson S. Body composition of reference children of birth to age ten years. Am J Clin Nutr. 1982; 35: 1169-75.
86. Weiner J y Lourie S. A guide to field methods. International Biological Program. Handbook 1981. N° 9. Blackwell Scientific Publications. Oxford. Hum Biol.
87. Hernández Y. Manual para simplificar la evaluación antropométrica en adultos. Caracas, 1995.
88. De Onis M, Onyango A, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. Bull World Health Organ. 2007; 85: 660-7.
89. World Health Organization, Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards: WHO Child Growth Standards: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-height and body mass index-for-age: Methods and development, 2006. Geneva; World Health Organization.
90. De Onis M, Garza C, Victoria C, Bahn M y Forum K. (Guest editors). The WHO multicentre growth reference study (MGRS): rationale, planning and implementation. Food and Nutrition Bulletin. Supplement. 2004; (1):1-25.
91. Slaughter M, Lohman T, Boileau R. et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. Hum Biol .1988; (60): 709 –23.
92. Schaefer F, Georgi M, Zieger A. Usefulness of bioelectric impedance and skinfold measurement in predicting fat-free mass derived from total body potassium in children. Pediatr Res. 1994; 35:617-24.
93. Pardo A, Ruiz MA. SPSS 11. Guía de análisis de datos. Editorial McGraw- Hill; 2002.
94. Bland M, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. Lancet. 1986; (1): 307-10.

95. Oviedo G, Marcano M, Morón A. Estado nutricional en estudiantes de medicina Salus. 2012; Supl 16: 83-91.
96. Agobian G, Agobian S y Soto E. Malnutrición por exceso en escolares de una institución educativa. Rev Venez Salud Pública. 2013, 1 (2):7-13
97. Solano L, Velásquez E, Naddaf G, Páez M,. Patrón de lípidos en preescolares de bajos recursos socioeconómicos (Valencia-Venezuela). Acta Cient Venez. 2003; 54 (4): 254-62.
98. Solano L, Barón M, y Del real S. Situación nutricional de preescolares, escolares, y adolescentes de Valencia, Carabobo, Venezuela. An Venez Nutr. 2005, 18 (1):72-6.
99. Pérez B, Ramírez G, Landaeta M, Vásquez M. Iconografía del dimorfismo sexual en dimensiones corporales y proporcionalidad, según estado nutricional en niños. An Venez Nutr 2010; 23 (1): 10-7.
100. Ruíz N, Bosch V, Rodríguez V, Espinoza M. Estratificación socioeconómica, estado nutricional y lípidos plasmáticos en escolares venezolanos. Rev Venez Endocrinol Metab. 2012; 10(1): 28-37.
101. Evaluación del crecimiento de niños y niñas. Nuevas referencias de la Organización Mundial de Salud. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), Julio 2012.
102. Hernández R, Guillen A, Herrera H, Hernández H. Estado nutricional de niños en colegios privados y en zonas suburbanas de los Municipios Baruta y el Hatillo de Caracas. Rev Panam Salud Pública. 2007; 22(3):194-201.
103. Velásquez E, Barón M, Sánchez A. Asociación entre dislipidemias e indicadores antropométricos en niños escolarizados. Salus. 2012; Supl16: 41-9.
104. Barón M, Pacheco Z y Solano L. Estado de hierro en niños de 6 a 11 años de edad con sobrepeso y obesidad. Salus. 2012; Supl 16: 64-73.
105. Laurentin A, Schnell M, Tovar J, Domínguez Z, Pérez B, López M. Transición alimentaria y nutricional Entre la desnutrición y la obesidad. An Venez Nutr. 2007; 20 (1): 47-52.

106. Landaeta M, Patiño E, Galicia N, Campaña de educación nutricional contra la malnutrición por medios de comunicación masivos en Venezuela. *An Venez Nutr* 2010; 23 (1): 26-33.
107. Solano L, Acuña I, Sánchez A, Barón M, y Morón A. Pobreza estructural y déficit nutricional en niños preescolares, escolares y adolescentes del Sur de Valencia Estado Carabobo-Venezuela. *SALUS*. 2011; 15(1): 35-46.
108. Instituto Nacional de Nutrición (INN). Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN). Componente menores de 15 años, 2003.
109. Instituto Nacional de Nutrición (INN). Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN). Componente menores de 15 años, 2006.
110. Instituto Nacional de Nutrición (INN). Dirección de Estadísticas Alimentarias y Nutricionales (DEAN). Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN). Clasificación antropométrica nutricional en el primer nivel de atención en salud, 2009.
111. Instituto Nacional de Nutrición. Sobrepeso y obesidad en Venezuela. Prevalencia y factores condicionantes. Sistema de Vigilancia Alimentaria Nutricional (SISVAN) caracas- Venezuela. [Internet] 2012; [citado 08 Nov 2013]. Disponible en: <http://www.inn.gob.ve/pdf/libros/sobrepeso.pdf>.
112. Szer G, Kovalskysa I, De Gregorio M. Prevalencia de sobrepeso, obesidad y su relación con hipertensión arterial y centralización del tejido adiposo en escolares. *Arch Argent Pediatr*. 2010; 108(6): 492-8.
113. Oyhenart E, Torres M, Quintero F, Luis M, Cesani M, Zucchi M, et al. Estado nutricional y composición corporal de niños pobres residentes en barrios periféricos de La Plata, Argentina. *Rev Panam Salud Pública*. 2007; 22(3):194–201.
114. González A, Díaz J, Guerra C, Quintero O, Dorta M, Pacheco J. Estado nutricional en niños escolares. Valoración clínica, antropométrica y alimentaria. *Rev Electr de las Cien Med Cienfuegos* 2010; 8(2):15-22.
115. Adjemian D., Bustos P, Amigo H. Nivel socioeconómico y estado nutricional. Un estudio en escolares. *Arch Latinoam Nutr* 2007; 57, (2): 125-129.

116. Vázquez M, Vázquez J, Crocker R. Hipertensión arterial en niños escolares con sobrepeso y obesidad. *Rev Salud Pública Nutr* [Internet]. 2011 [citado 15 Ene 2013]; 12(3). Disponible en: http://www.respyn.uanl.mx/xii/3/articulos/Hipertension_arterial.htm.
117. Kain J, Galván M, Taibo M, Corvalán C, Lera L, Uauy R. Evolución del estado nutricional de niños chilenos desde la etapa preescolar a la escolar: resultados antropométricos según procedencia de las mediciones. *An Venez Nutr*. 2010; 60 (2): 155-9.
118. Montilva M. El desafío de la Nutrición Comunitaria en Latinoamérica. *Bol Nutr Inf Cania*. 2010;(20): 14.
119. Bonvecchio A. Diseño, implementación y evaluación de intervenciones en nutrición basadas en investigación formativa y mercadotecnia social *Boletín de Nutrición Infantil*. CANIA. 2010;(20): 17-8.
120. Brito C. Interdisciplinarietà: su valor en un programa de Nutrición Comunitaria. *Bol Nutr Inf CANIA*. 2010; (20): 21-2.
121. Del Real S, Sánchez A, Barón M, Díaz N, Solano L, Velásquez E, et al. Estado nutricional en niños preescolares que asisten a un jardín de infancia público en Valencia, Venezuela. *Arch Latinoam Nutr*. 2007; 57(3):248-54.
122. Acuña I, Solano L. Situación socioeconómica, diagnóstico nutricional antropométrico y dietario en niños y adolescentes de Valencia, Venezuela. *An Venez Nutr* 2009; 22 (1): 5-11.
123. Rodríguez A, Álvarez L, González I, García M, Alonso M. Evaluación del estado nutricional en niños de la comunidad "Los Naranjos", Carabobo, Venezuela. *Rev Cuba Hig Epidemiol*. 2012; 50 (3):268-77.
124. Granito M, Torres A, Benito R, García O. Evaluación nutricional de una población de preescolares del Estado Vargas, Venezuela. *Acad Biom Digit* [Internet]. 2011 [citado 14 Feb 2012]; 47. Disponible en: http://vitae.ucv.ve/pdfs/VITAE_4388.pdf.
125. López M, Landaeta M y Macías C. Contribución del crecimiento prenatal y posnatal temprano en las enfermedades crónicas relacionadas con la nutrición. *An Venez Nutr*. 2013; 26 (1): 26-39.

126. Streeter V, Man R, Milhausen R, Bulchhol A. Body Image, Body Mass Index, and Body Composition In Young Adults. *Can J Diet Pract Res.* 2012; 73 (2): 78-83.
127. Phan T, Maresca M, Hossain J, Datto G. Does Body Mass Index Accurately Reflect Body Fat? A Comparison of Anthropometric Measures in the Longitudinal Assessment of Fat Mass. *Clin Pediatr*, 2012; 51(7): 671–7.
128. Kehoe S, Krishnaveni G, Lubree H, Wills A, Guntupalli A, Veena S, et al. Prediction of body-fat percentage from skinfold and bio-impedance measurements in India School children. *European Journal of Clinical Nutrition.* 2011; 65: 1263-70.
129. Haroun D, Wells J, Williams J, Fuller N, Fewtrell M, Lawson M. Composition of the fat-free mass in obese and non obese children: matched case–control analyses. *Int J Obesity.* 2005; 29: 29–36.
130. Vásquez F, Cardona O, Andrade M, Salazar G. Balance de energía, Composición corporal y actividad física en preescolares eutróficos y obesos. *Rev Chil Pediatr.* 2005; 76 (3): 266-74.
131. Wells J, Williams J, Chomtho S, Darch T, Eternod C, Kennedy K, et al. Body-composition reference data for simple and reference techniques and a 4-component model: a new UK reference child. *Am J Clin Nutr* 2012; 96: 1316–26.
132. Burrows R, Ceballos X, Burgueño M, Santiago M. Tendencia del desarrollo puberal en escolares de la Región Metropolitana de Chile: Menor edad de presentación, mayor duración y dimorfismo sexual en la estatura. *Rev Med Chile* 2010; 138: 61-7.
133. Isjwara R, Lukito W, Werner J. Comparison of body compositional indices assessed by underwater weighing, bioelectrical impedance and anthropometry in Indonesian adolescent girls. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2007; 16 (4):641-6.
134. Johnson T, Spurlock A, Parrot J, Cousins M, Dunn J, Avery G, et al. Comparison of field methods to assess body fat of minority elementary school children. *Int J Bod Comp Res.* 2011; 9 (4): 141-6.
135. Aguilar C, González E, García C, García P, Álvarez J, Padilla C, et al. Estudio comparativo de la eficacia del índice de masa corporal y el

- porcentaje de grasa corporal como métodos para el diagnóstico de sobrepeso y obesidad en población pediátrica. *Nutr Hosp.* 2012; 27 (1): 185-91.
136. Mooney A, Kelsey L, Fellingham G, George J, Hager R, Myrer J, et al. Assessing Body Composition of Children and Adolescents Using Dual-Energy X-Ray Absorptiometry, Skinfolds, and Electrical Impedance. *Meas in Phys Educ Exerc Sci*, 2011; 15: 2–17.
137. Resende C, Camelo J, Vieira M, Ferriolli E, Pfrimer K, Perdoná G. Body composition measures of obese adolescents by the deuterium oxide dilution method and by bioelectrical impedance. *Braz J Med Biol Res.* 2011; 44: 1164-70.
138. Yuing F, Almagi A, Lizana P, Rodríguez R, Gallardo L, Nieto C, et al. Predicción de Porcentaje de Masa Adiposa a través de Impedancia Bio-Eléctrica y Método Antropométrico. *Int J Morphol.* 2012; 30 (3):872-6.
139. Velásquez M, Salazar G, Vio F, Díaz N, Ansían A. Validación de ecuaciones antropométricas para evaluar composición corporal en niños preescolares chilenos. *Rev Méd Chile.* 2008; 136(4): 433-41.
140. Hoffman D, Toro T, Sawaya A, Roberts S, Rondo P. Estimating total body fat using a skinfold prediction equation in Brazilian children. *Ann Hum Biol.* 2012; 39(2): 156–60.