



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRÍA**

**TESIS**

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

**GASTROENTEROLOGÍA Y NUTRICIÓN PEDIÁTRICA**

**TÍTULO DE LA TESIS:**

**COMPOSICIÓN CORPORAL POR IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA E  
ÍNDICE DE MASA CORPORAL EN NIÑOS MEXICANOS CON  
SÍNDROME DE DOWN, DE 5 A 18 AÑOS DE EDAD**

**PRESENTA:**

**DRA. LUCÍA CASAS GUZIK**

**TUTOR DE TESIS:**

**DRA. KAREN RUBÍ IGNOROSA ARELLANO**

**ASESOR METODOLÓGICO:  
DR. ALEJANDRO LOREDO MAYER**



**CIUDAD DE MÉXICO**

**2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

COMPOSICIÓN CORPORAL POR IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA E ÍNDICE DE  
MASA CORPORAL EN NIÑOS MEXICANOS CON SÍNDROME DE DOWN,  
DE 5 A 18 AÑOS DE EDAD.



DR. JOSÉ N. REYNÉS MANZUR  
DIRECTOR DE ENSEÑANZA



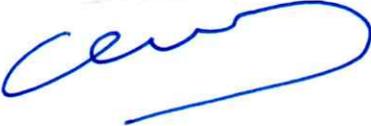
DR. MANUEL ENRIQUE FLORES LANDERO  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PRE Y POSGRADO



DR. JAIME ALFONSO RAMÍREZ MAYANS  
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE GASTROENTEROLOGÍA Y NUTRICIÓN



DRA. KAREN RUBÍ IGNOROSA ARELLANO  
TUTOR DE TESIS



DR. ALEJANDRO LOREDO MAYER  
ASESOR METODOLÓGICO

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| Introducción -----   | 1  |
| 1. Composición corporal -----                                  | 1  |
| 2. Métodos de composición corporal -----                       | 2  |
| 3. Métodos diagnósticos de composición corporal -----          | 3  |
| 4. Composición corporal en pediatría -----                     | 8  |
| 5. Impedancia bioeléctrica en la población pediátrica -----    | 10 |
| 6. Síndrome de Down -----                                      | 11 |
| 7. Composición corporal en niños con síndrome de Down -----    | 14 |
| 8. Impedancia bioeléctrica en niños con síndrome de Down ----- | 16 |
| <br>   |    |
| Planteamiento del Problema -----                               | 18 |
| <br>   |    |
| Pregunta de Investigación -----                                | 18 |
| <br>   |    |
| Justificación -----  | 18 |
| <br>   |    |
| Objetivo General -----   | 19 |
| <br>   |    |
| Objetivos Específicos -----                                    | 19 |
| <br>   |    |
| Material y Métodos -----                                       | 20 |
| <br>   |    |
| Cuadro de Variables -----                                      | 22 |
| <br>   |    |
| Resultados -----   | 24 |
| <br>   |    |
| Discusión -----  | 26 |
| <br>   |    |
| Conclusiones -----   | 27 |
| <br>   |    |
| Referencias -----  | 28 |
| <br>   |    |
| Anexos -----   | 31 |
| <br>   |    |
| Cronograma de actividades -----                                | 39 |

# **Composición corporal por impedancia bioeléctrica e Índice de Masa Corporal en niños mexicanos con síndrome de Down, de 5 a 18 años de edad**

**Profesor Titular: Dr. Jaime Alfonso Ramírez Mayans**

**Tutor de Tesis: Dra. Karen Rubí Ignorosa Arellano**

**Asesor metodológico: Dr. Alejandro Loredo Mayer**

**Alumno de Tesis: Dra. Lucía Casas Guzik**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1. Composición corporal**

El cuerpo humano está compuesto principalmente por cuatro componentes: agua, grasa, proteínas y minerales; siendo la grasa el enfoque de la mayoría de estudios sobre composición corporal debido a su asociación con el aumento en la morbilidad y mortalidad así como porque es el que más variaciones tiene entre individuos y en un mismo individuo a través del tiempo. La mayoría de la masa grasa (MG) se encuentra en el tejido adiposo, sin embargo, también se encuentra en órganos como el hígado y el músculo esquelético y su tipo de distribución en el universo corporal se asocia a riesgo metabólico y cardiovascular. Así mismo, el aumento en la grasa visceral (GV) también se asocia a aumento del riesgo cardiovascular, Diabetes Mellitus tipo 2, enfermedad hepática y cáncer; y el aumento en la grasa del músculo esquelético a resistencia a la insulina y sedentarismo. Debido a esto, desde inicios del siglo pasado se ha intentado determinar la composición corporal humana de diversas formas mediante principios físicos, instrumentos y modelos diversos con la intención de conocer factores de riesgo nutricionales, de actividad física y enfermedad, así como para predecir resultados clínicos ante tratamientos médicos y cambios del estilo de vida. Dicha área de investigación se encuentra aún en evolución, particularmente en los individuos pertenecientes a la edad pediátrica (0-18 años).<sup>1,2</sup>

Múltiples estudios han comprobado las deficiencias del Índice de Masa Corporal (IMC) en la evaluación nutricional, específicamente del sobrepeso y obesidad, debido a que su valor no nos permite diferenciar la masa libre de grasa (MLG) de la MG; así como tampoco refleja la distribución de estos componentes en el cuerpo, tendiendo a clasificar erróneamente a nivel individual debido a la baja sensibilidad

para determinar el exceso de adiposidad. Como consecuencia, un exceso de MG puede ocultar el déficit de MLG, por lo cual, los métodos de composición corporal, que toman en cuenta la MLG y la MG, proporcionan información más valiosa para la evaluación nutricional objetiva de un paciente, en comparación con el IMC.<sup>2,3</sup>

En los últimos tiempos, con el advenimiento de la pandemia de sobrepeso y obesidad en la población pediátrica, y con ello el aumento en las condiciones de estilo de vida prevenibles para evitar consecuencias en la salud en el resto de la vida, ha incrementado la necesidad de crear avances tecnológicos en los métodos de composición corporal que permitan no sólo medir la adiposidad, masa magra y hueso, sino analizar el estado nutricional y la capacidad funcional del organismo; con la intención de determinar una nutrición apropiada para cada etapa de la vida que asegure un óptimo crecimiento y desarrollo; y, a su vez, nos permita entender mejor los orígenes de la salud y enfermedad (programación metabólica) y monitorizar las intervenciones terapéuticas.<sup>3,4</sup>

## **2. Modelos de composición corporal**

Existen diferentes métodos para determinar la composición corporal de un individuo de acuerdo con distintos principios físicos, cuyos enfoques se pueden dividir en métodos directos, indirectos o doblemente indirectos. Los métodos directos implican el análisis de cadáveres, mientras que los indirectos se basan en ciertas suposiciones derivadas del número limitado de datos basados en cadáveres. Los métodos doblemente indirectos o predictivos, usan una medida indirecta para validar una predicción generalizada de la composición corporal a partir de otra medida indirecta, por ejemplo, mediante densitometría basada en mediciones de pliegues cutáneos.<sup>3,4</sup>

Los diversos métodos disponibles para evaluar la composición corporal se basan en modelos de dos compartimentos (2C), tres compartimentos (3C), cuatro compartimentos (4C) o multicompartimentales y se eligen dependiendo del número de componentes que se pretende medir.<sup>3,4</sup>

El modelo de 2C es el más simple puesto que únicamente divide el peso corporal en MG y MLG. Algunos ejemplos de este modelo incluyen la hidrodensitometría, la pletismografía por desplazamiento de aire (PDA) y la hidrometría, los cuales suponen una composición química constante y, por lo tanto, una densidad de MG y MLG. Estos métodos han sido útiles por más de cinco décadas, sin embargo, requieren esfuerzo del participante para su elaboración y pueden conducir a inexactitud si dichas proporciones “constantes” de agua, minerales y proteínas de

la MLG no aplican a la población de estudio por alguna condición antropométrica o médica que las modifique.<sup>3,4</sup>

En el modelo 3C, la MLG se divide en masa de tejido magro (MTM), contenido mineral óseo (CMO), agua corporal total (ACT) y sólidos restantes que incluyen proteínas, minerales y masa seca sin grasa. Ha mostrado mejores resultados que el modelo 2C en cuanto al análisis de composición corporal en adultos sanos y niños mayores, sin embargo, debe usarse con precaución en aquellos con MTM o CMO reducidos ya que la estimación final de la MG no será precisa al ser comparados con valores estimados de densidad. Un ejemplo de este tipo de modelo es la absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA), que proporciona una medición rápida y no invasiva regional o generalizada a través de rayos X de alta y baja energía, siendo esto último una causa para su uso limitado en la población pediátrica.<sup>3,4</sup>

El modelo 4C se obtiene combinando diversos métodos para dividir la masa corporal en grasa (medida por hidrodensitometría), mineral (medida por DEXA), agua (medida por dilución de isótopos) y proteínas (residuales). Se utiliza en entornos clínicos y estudios de investigación debido al tiempo, costo y equipo necesarios, para validación de los métodos de composición corporal y para derivar ecuaciones predictivas. Es reconocido como el método de referencia de la composición corporal.<sup>3,4</sup>

En cuanto a los modelos multicompartimentales, el análisis de activación de neutrones (AAN) se puede utilizar para medir el contenido corporal total de elementos (Calcio, Sodio, Cloruro, Fósforo, Nitrógeno, Hidrógeno, Oxígeno y Carbono), proporcionando medidas precisas de la composición corporal, para validar otros métodos. Sin embargo, la falta de instalaciones adecuadas, el alto costo y la exposición a la radiación limitan su uso regular en la medicina clínica. Así mismo, no son prácticos en los lactantes y niños pequeños, por lo cual, los métodos comúnmente utilizados en la población infantil incluyen antropometría, hidrometría, PDA, impedancia bioeléctrica (IB), DEXA y resonancia magnética (RM).<sup>3,4</sup>

Ver **Figura 1** en el apartado de anexos para la mayor comprensión de los distintos modelos de composición corporal.

### **3. Métodos diagnósticos de composición corporal**

Existen múltiples métodos diagnósticos de composición corporal, los cuales se dividen para su estudio en a) métodos de campo, que incluyen la antropometría,

IMC, circunferencia de cintura y relación cintura cadera; b) de laboratorio, que incluyen la IB, hidrodensitometría, PDA, hidrometría o método de dilución de isótopos, DEXA, tomografía computarizada (TC), resonancia magnética (RM) y ultrasonido.<sup>4</sup>

#### a) Métodos de campo

Desde tiempos inmemorables, la antropometría ha permitido evaluar de forma fácil, segura, con bajo costo y no invasiva, el estado nutricional de la población pediátrica, permitiendo además identificar a personas en riesgo de malnutrición y conocer la eficacia de una intervención nutricional o terapéutica.

El cálculo del IMC (*peso en kilogramos / talla en metros<sup>2</sup>*), recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), es ampliamente utilizado por la rapidez y facilidad de su obtención, sin embargo, como se mencionó anteriormente; el porcentaje de MG para un IMC determinado cambia de acuerdo a la edad, sexo, etnia y diferencias individuales, además de que no es sensible a la distribución real de la MG y al riesgo metabólico. Así mismo, cabe recalcar, que personas de la misma edad, altura y peso (por lo tanto mismo IMC), pueden tener diferentes formas corporales, composición corporal, requisitos de energía y perfiles metabólicos. Por otro lado, es altamente específico (90%), lo que sugiere que es una herramienta excelente para predecir cuándo no hay obesidad. En conclusión, si bien el IMC es valioso por su conveniencia y simplicidad en la vigilancia y el cribado de salud pública, carece de sensibilidad para usarse en el diagnóstico en la práctica clínica individual.<sup>3,4,5</sup>

La circunferencia de cintura se utiliza como un indicador de grasa intraabdominal, la cual se obtiene midiendo con una cinta no estirable, en posición anatómica, al final de la espiración, la circunferencia abdominal a nivel del punto medio entre la cresta iliaca anterosuperior y el borde de la última costilla ipsilateral. La medición deberá compararse con la tabla de referencia correspondiente para obtener información adecuada sobre la adiposidad abdominal o visceral.<sup>3,4</sup> **(Tabla 1)**

La relación cintura cadera (*circunferencia de la cintura en centímetros / circunferencia de la cadera en centímetros*), se usa como una medida sustituta de la distribución de grasa en la parte inferior y superior del cuerpo. El exceso de grasa en la parte superior del cuerpo es más común en hombres y la inferior en mujeres. Un valor  $>0.5$  sugiere obesidad visceral y uno  $<0.5$  subcutánea, esta última confiere menor riesgo metabólico.<sup>3,4</sup>

La medida de pliegues cutáneos (PC) sirve para obtener un valor de densidad corporal (DC) mediante ecuaciones específicas para edad y sexo basadas en predicciones del porcentaje de grasa corporal de un individuo. Es un método ampliamente utilizado debido a su relativo bajo costo y practicidad, sin embargo, las posibles fuentes de error en este método son la falta de habilidad técnica, el tipo de calibrador y la ecuación de predicción utilizadas.<sup>3,4</sup>

#### b) Métodos de laboratorio

La IB predice la composición corporal basándose en las propiedades conductoras eléctricas del cuerpo, por lo que requiere medir la impedancia (Z) o resistencia al flujo de corriente eléctrica baja (800  $\mu$ A) a una frecuencia única (50 kHz) o multifrecuencia.<sup>4</sup> Esta corriente es resistida o impedida en diversos grados dependiendo del tipo de tejido, diferenciando así entre MLG y MG.<sup>3</sup> La IB multifrecuencia permite diferenciar el compartimento de agua intracelular y extracelular. Bajo una estandarización óptima de los métodos, instrumentos y preparación del individuo estudiado, proporciona estimaciones rápidas, fáciles y relativamente económicas de MLG y ACT en poblaciones sanas y en individuos obesos. El instrumento necesario para realizarlo es portátil, seguro, fácil de usar y de costo relativamente bajo, por lo cual lo convierte en una herramienta útil para grandes estudios y eficaz mientras se cumpla estrictamente el protocolo previo a su uso.<sup>1,4,5</sup> **(Tabla 2)**. Su error potencial se debe principalmente a la suposición de un estado de euhidratación y/o desequilibrio electrolítico que afecta la impedancia del tejido, lo cual propicia que la información no sea confiable. Lo mismo sucede en situaciones en las que la longitud de las extremidades es distinta, momento del ciclo menstrual y posición de los electrodos.<sup>3,4,5</sup> Así mismo, en adultos de 18 a 29 años, la IB simple y multifrecuencia subestima la mediana de la MG en -0,3 kilogramos (Kg) en hombres y -1,7 Kg en mujeres. Por lo tanto, su uso en la práctica clínica puede considerarse menos preciso en poblaciones obesas o atléticas con poca grasa.<sup>3,4</sup> Las ecuaciones desarrolladas en una población específica son generalizables solo a poblaciones similares, por lo que se recomienda precaución cuando se analiza la composición corporal en una población diferente a la muestra de validación.<sup>5</sup>

La hidrodensitometría o pesaje subacuático, implica la estimación de la DC a través de la medición del agua desplazada por el cuerpo cuando está completamente sumergido. En combinación con mediciones de volumen pulmonar residual, proporciona una medición precisa del volumen corporal, a partir de la cual se estima la DC. Un individuo con un mayor porcentaje de MLG pesará más en el agua y tendrá un porcentaje bajo de MG, ya que los huesos y los músculos son más densos que el agua, mientras que la grasa flota. Por el contrario, una gran cantidad de MG,

hará que el cuerpo sea más liviano en el agua. Para llegar a una estimación precisa de la DC, debe corregirse para la cantidad de aire presente en los pulmones y el tracto gastrointestinal en el momento de la medición. Es una técnica precisa, sin embargo, requiere amplia colaboración del sujeto estudiado por lo que no suele ser apta para su uso en pacientes pediátricos.<sup>1,4</sup>

La PDA funciona bajo un principio similar y con precisión parecida a la hidrodensitometría, en la cual se mide la DC y, por lo tanto, la MG total y la masa total magra (MTM). Utiliza la asociación entre presión y volumen para derivar el volumen corporal (*volumen de aire en una cámara vacía - volumen de aire en la cámara después de que la persona se sentó en ella*). El volumen del aire desplazado puede determinarse a partir del cambio de presión de aire.<sup>1,4</sup> Existe una PDA infantil validada en lactantes de hasta 6 meses u 8 Kg, la cual permite evaluar de forma precisa la composición corporal de recién nacidos hasta los 5 años de edad.<sup>5</sup> Entre sus ventajas se encuentra que es fácil de usar, la técnica es no invasiva, rápida y no requiere una amplia capacitación técnica. Sin embargo, una limitación es la suposición de una constante de hidratación para la MLG, ya que si está sobrehidratada (en comparación con el predicho), su densidad será menor y se subestimará, sobrestimando consecuentemente la MG. Ocurrirá lo inverso si la MLG está deshidratada. La subestimación de la MG con sobrestimación de la MLG sucede frecuentemente en personas atléticas y lo inverso en recién nacidos. Otra desventaja, es que el costo del equipo es alto por lo que se encuentra disponible en pocos hospitales y requiere la cooperación de los participantes.<sup>4,5</sup>

La hidrometría o método de dilución de isótopos se basa en el principio de dilución, donde el ACT se puede estimar si se conoce la concentración y cantidad del trazador (isótopo). El ACT comprende 40-60% del peso corporal y está presente principalmente en la MLG. Los isótopos comúnmente utilizados son D2O y 18O. Las muestras de fluidos corporales de saliva, orina o sangre se recolectan antes del estudio para determinar los niveles previos a la administración del isótopo y 3-4 horas posterior a su administración para proporcionar una medida de su concentración. El isótopo puede medirse a partir de espectrometría de masas con relación de isótopos o mediante espectrofotometría infrarroja. Este método tiene una precisión y exactitud del 1-2% para medir ACT y aquellas derivadas de RM no tienen diferencias en recién nacidos de 12 a 69 horas de vida extrauterina. Los factores que pueden ocasionar fallo en la medición incluyen variaciones en el tipo de fluido medido, el tiempo de equilibrio isotópico, la corrección del espacio de dilución y el método de análisis utilizado. Si bien el método es preciso, el costo de los isótopos y la experiencia técnica necesaria para analizar los resultados limitan su uso generalizado.<sup>4,5</sup>

La DEXA mide la grasa corporal, músculo y CMO utilizando dos energías de rayos X. Su principio consiste en que la atenuación de los rayos X con altas y bajas energías de fotones son medibles y dependen de las propiedades del tejido subyacente.<sup>4</sup> Las variaciones en la atenuación de rayos X a través de los tejidos son causadas por diferencias en la densidad y composición química de la MG, MTM y hueso. Es un procedimiento rápido, con baja exposición a radiación y que requiere poca habilidad técnica y preparación por parte del individuo. Así mismo, permite evaluar el cuerpo en su totalidad o regionalmente.<sup>1,4</sup> Se ha reportado un coeficiente de varianza entre 0.6% y 1.2% en comparación con un método 4C, por lo que, a pesar de no ser comparable en su efectividad, se ha convertido en un método ampliamente aceptado para la medición de la composición corporal debido a su excelente precisión, relativa facilidad de uso y disponibilidad.<sup>3</sup> Además, puede usarse en todo rango de edad a un costo relativamente bajo y es la única técnica disponible que mide la densidad mineral y el contenido óseo.<sup>3,5</sup> En cuanto a las diferencias en el porcentaje de MG, varían de -5.3% a +2.9%, dependiendo del modelo, con una tendencia a subestimar el porcentaje de MG en individuos delgados y a sobreestimarla en aquellos con mayor MG. Las restricciones de masa corporal (200 Kg), ancho y altura (66 x 197 centímetros) limitan su uso en algunos pacientes adultos, comprometiendo la precisión del escaneo, mientras que en la población pediátrica difícilmente se presentan. Otras limitaciones incluyen que requiere ser realizada por un médico o técnico radiólogo con conocimientos técnicos precisos y aunque la dosis de radiación es baja (~0.96-1.92  $\mu$ Sv), la exposición limita su uso en los pacientes pediátricos.<sup>3,5</sup>

La TC y la RM se consideran el estándar de oro para el análisis de la composición corporal.<sup>1,4</sup> La TC permite obtener imágenes de volumen tridimensional de alta resolución utilizando proyecciones desde diferentes ángulos del cuerpo así como obtener mediciones volumétricas directas de órganos y depósitos de tejido adiposo. Puede determinar de forma precisa la grasa del músculo esquelético y del hígado (si es >5%), sin embargo, en la clínica, suele limitarse a un análisis de dos dimensiones de una o varias áreas corporales a través de cortes axiales con la intención de disminuir la radiación ionizante utilizada, lo cual limita su precisión.<sup>1,4</sup> Por otro lado, la RM es la única técnica que no utiliza radiación disponible que permite la cuantificación *in vivo* del tejido adiposo. Así mismo, permite la cuantificación de componentes importantes de la MLG, la masa del músculo esquelético (miembros superiores, inferiores y tronco) y masa específica en los órganos, incluyendo la médula ósea. Utiliza las diferentes propiedades magnéticas de los núcleos celulares, generalmente hidrógeno, en agua y grasa para crear imágenes. No usa radiación ionizante, por lo que puede usarse para crear imágenes volumétricas tridimensionales incluso en recién nacidos, sin suponer un riesgo, como en el caso de la TC. Sin embargo, debido a la disponibilidad limitada de

herramientas eficientes para analizar la segmentación de imágenes tridimensionales, la composición corporal mediante RM está restringida a cortes unidimensionales o bidimensionales. Así mismo, se requiere un software especializado de posprocesamiento para el análisis, un analista altamente capacitado, colaboración activa del sujeto para permanecer inmóvil durante el escaneo y ausencia de claustrofobia. La EchoRM está validada en adultos de menos de 250k Kg y se ha desarrollado una EchoRM/Small validada en niños de 3 a 50 Kg o de 2 semanas a 16 años de edad. La medición se adquiere con el participante en posición supina, el tiempo de adquisición de la medición es de 2 a 4 minutos y no requiere que el sujeto se encuentre inmóvil, lo cual supone una ventaja significativa al evaluar lactantes y niños.<sup>4,5</sup>

Finalmente, el ultrasonido funciona emitiendo una onda ultrasónica a través de una sonda transductora colocada en la piel, que se refleja, en parte, por la interfaz músculo-grasa. Mientras que un calibrador hace que la deformación de la capa subcutánea produzca un pliegue medible, una sonda de ultrasonido mide la construcción de una sola capa y puede distinguir el tejido adiposo del dérmico con una deformación mínima. Dado que combina seguridad, rentabilidad y precisión, su uso tanto en la práctica clínica como en los estudios epidemiológicos va en aumento.<sup>3</sup>

Ver **Tabla 3** en los anexos, que ofrece un resumen de la información previa.

#### **4. Composición corporal en pediatría**

La composición corporal es muy distinta en niños en comparación con los adultos, principalmente porque la MLG y el CMO cambian durante el crecimiento. Sin embargo, la mayoría de estudios se han realizado en adultos, por lo que conocer las diferencias entre ambos grupos de edad resulta importante para entender la discrepancia de ésta durante las diferentes etapas de la edad pediátrica.<sup>2</sup>

Dentro de las características de este grupo de edad en cuanto a composición corporal se refiere, de acuerdo con Fomon y colaboradores, el ACT disminuye del nacimiento a los 10 años de edad de 80.6% a 75.1% (niños) y 76.9% (niñas), con valores similares reportados por Boileau y colaboradores (75.1%  $\pm$  2.8% DS en niños y 76%  $\pm$  3.7% DS en niñas de 10 años de edad promedio) así como por Wells y colaboradores (75%  $\pm$  2.5% DS y 75.5%  $\pm$  1.8%, para niños y niñas, respectivamente). Mientras que el porcentaje de MG aumenta del 13.7% en los lactantes al 25.4% a los 6 meses y posteriormente disminuye a 13.7% a los 10 años de edad en hombres (**Tabla 4**). A este respecto, Wells y colaboradores reportaron

un aumento de MG en mujeres de 14.9% en la lactancia a 26.4% a los 6 meses y posteriormente 19.4% a los 10 años de edad. Así mismo, la densidad de MLG en la edad pediátrica (1.0864 Kg/L) es significativamente menor que en la edad adulta (1.1 Kg/L) y los niños tienen mayor tejido extracelular y contenido de electrolitos en comparación con el tejido intracelular, por lo tanto, resistividad más baja que los adultos.<sup>2</sup>

Además de la edad, la raza y etnia también afectan la composición corporal; por ejemplo, los hombres y mujeres chinos de 5 a 18 años de edad tienen mayor peso y MG en comparación con los japoneses y blancos de la misma edad, las mujeres afroamericanas de 9 a 19 años tienen una MLG más alta en comparación con las blancas e hispanas de la misma edad o talla mientras que los hombres afroamericanos de 9 a 12 años, tienen menos grasa visceral y subcutánea en comparación con caucásicos de la misma edad, pero mayor MG a medida que crecen. Es por ello que es de suma importancia considerar estos factores cuando se realiza un análisis de la composición corporal en niños de población interracial.<sup>2</sup>

La evaluación de la composición corporal del neonato, especialmente de la MG y la MTM, permiten conocer la influencia del crecimiento intrauterino del sujeto; y, en los lactantes, proporciona información sobre factores de riesgo tempranos y potencialmente modificables para prevenir una mala programación metabólica con consecuencias en la vida ulterior, así como para obtener información valiosa para complementar las investigaciones actuales sobre los orígenes del desarrollo de la salud y enfermedad. Sin embargo, los errores en estos grupos de edad se presentan frecuentemente debido a la poca precisión con la cual se detectan y registran los cambios de líquido ingerido (leche materna) y excretado (orina, heces y saliva). Se ha realizado IB en estos grupos de edad y actualmente se cuenta con ecuaciones de predicción infantiles, sin embargo, con baja precisión a nivel individual. La DEXA, precisa individualmente en otros grupos de edad, tiene un uso limitado en los neonatos debido a la exposición a la radiación.<sup>4</sup>

En cuanto a los preescolares y escolares, suelen evaluarse mediante IMC a partir de los 2 años de edad, sin embargo, debido a que en este grupo de edad se ha detectado un aumento en la tasa de sobrepeso y obesidad, resulta vital la estimación de la MG mediante composición corporal así como la medición de circunferencia de cintura a dicha evaluación; ya que el IMC no define con precisión entre MG y MTM e incluso el aumento del IMC podría deberse a un aumento en la MLG. Actualmente se cuenta con curvas de percentiles de grasa corporal de niños de poblaciones occidentales y del norte y oeste de India de acuerdo a pliegues cutáneos, IB y DEXA.<sup>4</sup>

## **5. Impedancia bioeléctrica en la población pediátrica**

Las técnicas de IB generalmente se desarrollan y validan contra los métodos de referencia (DEXA, hidrodensitometría e hidrometría), sin embargo, hay que recordar que dichos métodos basan sus proporciones en adultos.<sup>2</sup>

A manera de recordatorio, la MLG en la edad pediátrica contiene más agua y menos proteínas y minerales que en los adultos, y su composición química cambia conforme van creciendo; por lo que al comparar los resultados con otros métodos, deberán convertirse valores específicos de edad y sexo tomando en cuenta la calidad e integridad de los datos originales de los cuales derivaremos las constantes.<sup>2</sup>

Wells y colaboradores describieron que la dilución de deuterio y la DEXA producen modelos aceptables de 2C para niños de 8 a 12 años, mientras que la IB y los pliegues cutáneos no fueron satisfactorios. Así mismo, la hidrodensitometría mostró errores sistemáticos en relación con el modelo 4C. Con base en ello, sugirieron que la precisión de los modelos de 3C y 4C es de aproximadamente 0,5 Kg de MLG y MG. Por lo tanto, la hidrodensitometría y la PDA deben usarse con precaución para validar la IB.<sup>2</sup>

De acuerdo a lo anterior, se podría pensar que la IB es la técnica más susceptible a imprecisión en comparación con el modelo 4C, resulta el método más lógico para aplicar en la edad pediátrica debido a su bajo costo, no invasividad, falta de radiación, facilidad de uso y mejor reproducibilidad en comparación con otras técnicas de cabecera, como las mediciones de pliegues cutáneos.<sup>2</sup>

La IB de frecuencia simple mide la impedancia o resistencia (Z) y la reactancia u oposición al paso de una corriente alterna ( $X_c$ ), a una corriente eléctrica a medida que viaja a través del componente líquido del cuerpo. La MLG se calcula a partir del ACT, asumiendo que el 73% de la MLG es agua en los adultos, sin embargo, resulta en una sobrestimación de la MLG y una subestimación de la MG en niños que tienen un 75-76% de agua para la MLG, lo cual propicia una imprecisión en el análisis de la composición corporal en niños.<sup>2</sup>

Las mediciones de la IB se obtienen mediante cuatro electrodos estándar (dos en las manos y dos en los pies), con lo cual se evalúa la MLG y el ACT en el de frecuencia simple o única y los diversos compartimentos intracelulares y extracelulares en el multifrecuencia.<sup>2</sup>

El proceso de validación de las ecuaciones de la IB simple es más difícil en niños que en adultos porque la fracción de hidratación así como el largo de las extremidades y tronco, cambian durante la infancia; así como la geometría entre los diversos grupos étnicos, lo cual modifica la resistencia y con ello el valor de ACT y MLG. Wells y colaboradores reportan grandes sesgos y límites para la MLG y la MG en niños de 8 a 12 años de edad de acuerdo con las ecuaciones publicadas en comparación con el modelo 4C. Loveday y colaboradores probaron otras ecuaciones en niños con Síndrome de Down y descubrieron que la ecuación de Schaefer era la más precisa para predecir el porcentaje de MG en comparación con el modelo 4C y DEXA. Por otra parte, Tyrell y colaboradores encontraron que en comparación con la DEXA, la IB correlaciona mejor los índices antropométricos y la estimación de la MLG en niños de 4.9 a 10.9 años pero con límites de concordancia grandes para el porcentaje de MG de -4.29 a 9.36%.<sup>2</sup>

Dichos estudios sugieren que la IB puede usarse para determinar la MLG y la MG en niños mientras sea validado contra un método de referencia para determinar las ecuaciones apropiadas en el análisis de niños de diferentes edades, sexos y estados de hidratación. Las diferencias étnicas también pueden requerir factores específicos o ecuaciones separadas.<sup>2</sup>

## **6. Síndrome de Down**

El síndrome de Down (SD) o Trisomía 21 es la anomalía cromosómica más común en los recién nacidos con una prevalencia estimada de 6.1 a 13.1 por cada 10,000 personas y es una de las principales causas de discapacidad intelectual y otros problemas de salud. Su incidencia es 1 caso por cada 319-1,000 recién nacidos vivos y se caracteriza por una amplia complejidad genética y fenotípica. En países desarrollados, la esperanza de vida llega a los 55-60 años de edad.<sup>6-12</sup>

En México, la prevalencia se estima en 3.73 por cada 10,000 recién nacidos, mientras que la incidencia es de 1 caso por cada 650 recién nacidos vivos.<sup>13</sup>

El fenotipo del complejo SD es resultado de un desequilibrio en la dosis de genes del cromosoma 21, el cual se compone de 225 genes. El desequilibrio más común consiste en una copia extra de cromosoma 21, resultando en una trisomía, por lo que el cariotipo será 47 XX + 21 en mujeres y 47 XY + 21 en hombres. Sin embargo, también puede deberse a una translocación Robertsoniana (2-4% de los casos), en la cual el brazo largo del cromosoma 21 está unido a otro cromosoma (generalmente el 14) o debido a un isocromosoma. En los casos de mosaicismo, el error ocurre en algún momento de la división celular después de la fertilización, por lo que los

sujetos tendrán dos linajes celulares, uno con el número normal de cromosomas y otro con un número adicional del 21.<sup>6</sup>

Este padecimiento puede sospecharse durante la realización de ultrasonido prenatal entre la semana 14 a 24 de gestación, al detectar un hueso nasal pequeño o nulo, ventrículos cerebrales grandes y translucencia nucal. Entre los métodos diagnósticos se incluye la amniocentesis y muestreo de vellosidades coriónicas, los cuales son bastante confiables, pero ofrecen un riesgo de aborto espontáneo de 0,5-1%. También pueden realizarse ensayos moleculares rápidos prenatales como la hibridación fluorescente *in situ* (FISH), la reacción en cadena de polimerasa cuantitativa de fluorescencia (QF-PCR) y el ensayo de ligadura de sonda múltiple (MLPA). Sin embargo, el análisis citogenético del cariotipo de células en metafase continúa siendo el método diagnóstico habitual en la mayoría de los centros, el cual nos permite identificar la trisomía 21 y otras aneuploidías y translocaciones equilibradas.<sup>6</sup>

Todas las personas con SD presentan dificultad para el aprendizaje, variantes anatómicas como mentón pequeño, epicanto, puente nasal deprimido, pliegue palmar único, macroglosia, clinodactilia e hipotonía en la primera infancia. Algunos fenotipos variables agregados incluyen defectos congénitos cardíacos y gastrointestinales así como enfermedades oncológicas, neurológicas y endocrinológicas, como sus mayores exponentes.<sup>6,9,11,12</sup>

Dentro de las cardiopatías asociadas, se presentan hasta en el 50% de los casos, con defectos en el septum aurículoventricular en hasta 40% de los pacientes. Se ha reportado comunicación interventricular (CIV) en 35%, defectos de tabique aurículoventricular muscular y membranoso, entre otras.<sup>6</sup> En México, el 58% de los niños con SD sufren alguna cardiopatía, dentro de las cuales, la persistencia del conducto arterioso (PCA), comunicación interauricular (CIA) y CIV conforman el 90%. La cardiopatía aislada más frecuente es la CIA y la asociada a otras cardiopatías es la PCA.<sup>14</sup>

En lo que respecta al espectro de neoplasias malignas en el SD, se incluyen leucemias y tumores sólidos, con un riesgo relativo de leucemia de 10-20 veces mayor que la población general y un riesgo acumulado del 2% a los 5 años y del 2.7% a los 30 años de edad. Constituyen aproximadamente el 2% de todas las leucemias linfoblásticas agudas (LLA) y aproximadamente el 10% de las mieloides agudas (LMA) en la edad pediátrica.<sup>6</sup>

Así mismo, tienen un riesgo mucho mayor que la población general de aparición temprana de Enfermedad de Alzheimer, con un incremento de hasta el 70% después de los 50 años de edad.<sup>6</sup>

En cuanto a los problemas gastrointestinales, el 12% de los casos de Enfermedad de Hirschsprung ocurren en niños con SD y tienen un riesgo incrementado de ano imperforado y atresia o estenosis duodenal. La Enfermedad de Hirschsprung es una forma de obstrucción intestinal baja causada por la ausencia de células ganglionares mientéricas normales en un segmento o en la totalidad del colon. Esto ocasiona que las ondas peristálticas no pasen a través del segmento agangliónico y no hay defecación normal, lo que conduce a una obstrucción funcional. Los síntomas característicos incluyen distensión abdominal, ausencia de defecación, enterocolitis y vómito biliar a los pocos días después del nacimiento. Aquellos con atresia duodenal también presentarán vómito de características biliares temprano en el periodo neonatal, lo cual puede ocasionar desequilibrio hidroelectrolítico severo. En cuanto al ano imperforado, se asocia a otras anomalías denominadas asociación VACTERL que incluye anomalías vertebrales, atresia anal, anomalías cardiovasculares, fístula traqueoesofágica, atresia esofágica, defectos renales y de las extremidades.<sup>6</sup>

Por otro lado, en cuanto al aspecto nutricional, de acuerdo con una revisión sistemática de Bertapelli y colaboradores,<sup>7</sup> los jóvenes con SD tienen una prevalencia de sobrepeso y obesidad de 13.3-52.9% y 0-62.5% respectivamente, combinada de 23-70%, coincidente con la reportada por Basil y colaboradores<sup>8</sup> de 22.4% y 47.8%, respectivamente. Así mismo, se ha reportado una prevalencia significativamente mayor de obesidad (basada en un IMC en percentil  $\geq 95$ ) en jóvenes con SD comparados con sus hermanos sanos<sup>17</sup> y mayores tasas de sobrepeso y obesidad en comparación con jóvenes de la población general.<sup>15</sup> Lo cual sugiere que tienen más probabilidades de tener sobrepeso u obesidad que la población general de jóvenes.<sup>7,12,16</sup> Hasta el momento, el sexo no se ha establecido como un factor de riesgo para desarrollar sobrepeso u obesidad en este grupo poblacional<sup>7,8</sup>, sin embargo, en cuanto a la edad, se han reportado tasas más altas de estas patologías en aquellos mayores de 2 años de edad<sup>17</sup> con una tasa de incidencia de 6.8 en aquellos de 3 a 6 años y mayores.<sup>18</sup> Debido a esto, se han realizado múltiples estudios para determinar los factores de riesgo para desarrollar dichas entidades nosológicas, entre las cuales se incluyen la concentración sérica elevada de leptina, hormona producida por el tejido adiposo que regula el equilibrio energético al inhibir la sensación de hambre.<sup>7,12</sup> Magge y colaboradores<sup>19</sup> reportaron niveles elevados de leptina sérica en niños con SD en comparación con sus hermanos sanos. Así mismo, se sospecha que el requerimiento energético en reposo (RER) es más bajo en aquellos con SD, sin embargo, aún no se ha

establecido como un factor de riesgo para obesidad.<sup>7</sup> Otra sospecha es que los jóvenes con SD tienen menor actividad física en comparación con sus compañeros de la misma edad y sexo sanos y que, además, ésta disminuye con la edad, contribuyendo a que padezcan dichas entidades.<sup>20</sup>

La obesidad y la resistencia a la insulina son comunes en individuos con SD. La hiperglucemia aumenta el estrés oxidativo y la glicosilación de lipoproteínas de baja densidad (LDL), volviéndolas más aterogénicas, disminuyendo la producción de óxido nítrico e incrementando la coagulabilidad, propiciando finalmente daño endotelial y un riesgo aterogénico incrementado. Así mismo, la resistencia a la insulina en los adipocitos propicia un incremento de los ácidos grasos libres y por lo tanto de LDL.<sup>9,21,22</sup> Debido a esto, el SD se asocia a perfiles de lípidos caracterizados por hipertrigliceridemia y bajas lipoproteínas de alta densidad (HDL) en sujetos no obesos en comparación con sus hermanos sanos. Específicamente, tienen niveles elevados de colesterol total (CT), triglicéridos (TAG) y LDL; con bajos niveles de HDL.<sup>9</sup>

La obesidad puede contribuir al desarrollo de Síndrome de Apnea e Hipopnea Obstructiva del Sueño (SAHOS)<sup>8</sup>, por lo que una persona con SD y obesidad, aunado a las características subyacentes anatómicas de su vía aérea, tiene más probabilidad de padecerlo.<sup>23</sup>

Finalmente, estos niños tienen alteraciones ortopédicas inherentes como resultado de hipotonía y laxitud ligamentosa y la obesidad tiene un impacto en los patrones de marcha.<sup>24</sup>

Debido a ello, y a las otras patologías que pueden presentarse en este grupo de pacientes (cataratas, infecciones de vías aéreas de repetición, epilepsia, hipoacusia, Diabetes Mellitus, hipotiroidismo, entre otras), se recomienda un seguimiento multidisciplinario conformado al menos por un pediatra, gastroenterólogo pediatra, nutriólogo, genetista, especialista en neurodesarrollo, cardiólogo, neumólogo, endocrinólogo, oftalmólogo, ortopedista, psiquiatra infantil, terapeuta físico y ocupacional, fonoiatra y audiólogo.<sup>6,8</sup>

## **7. Composición corporal en niños con Síndrome de Down**

Las personas con discapacidad intelectual (DI) tienen mayor riesgo de padecer sobrepeso y obesidad, lo cual los predispone a múltiples enfermedades metabólicas, cardiovasculares y pulmonares. De acuerdo con las recomendaciones de la OMS, deberíamos utilizar el IMC y circunferencia de cintura en la población

pediátrica, sin embargo, las personas con DI suelen presentar una antropometría distinta en comparación con los individuos sanos de la misma edad y sexo.<sup>10,22</sup> De acuerdo con Bandini y colaboradores,<sup>25</sup> el IMC identifica con precisión el exceso de grasa corporal en el percentil 95 de la juventud con SD, pero con menor precisión en aquellos entre el percentil 85 y 95.

Es por ello que se han utilizado múltiples alternativas para evaluar la composición corporal en este tipo de población, siendo la PDA, la hidrodensitometría y la DEXA los métodos de referencia debido a que han presentado resultados confiables en diversas poblaciones. Sin embargo, en muchas ocasiones no pueden realizarse en la población pediátrica y mucho menos en la población que además padece DI por el uso de radiación y el requisito de que el paciente permanezca inmóvil durante el proceso, por lo cual, la IB resulta una alternativa práctica, rentable y precisa, siempre y cuando se compare los resultados con ecuaciones de regresión específicas para dicho grupo poblacional, de lo contrario, existe un mayor riesgo de subestimar o sobreestimar los niveles de grasa corporal.<sup>10</sup>

De acuerdo con Casey, las ecuaciones de predicción preexistentes utilizadas en personas sin discapacidad pueden no ser adecuadas para individuos con DI que poseen proporciones y características corporales únicas. González-Agüero y colaboradores recomiendan la ecuación de Slaughter para este propósito. Por otro lado, Rieken y colaboradores, idearon una ecuación de predicción basada en IB más precisa para evaluar el estado de salud en esta población comparada con las medidas preexistentes de pliegues cutáneos. Sin embargo, de acuerdo con Usera y colaboradores, la PDA es la alternativa más conveniente por su alta fiabilidad y validez en comparación con el pesaje hidrostático, el cual no puede realizarse en personas con DI debido a la complejidad de su metodología.<sup>10</sup>

El objetivo principal de la atención biopsicosocial del individuo con DI, entre ellos, aquel con SD, es lograr su independencia y autonomía durante la edad pediátrica para que pueda desarrollarse plenamente en la adultez, sin embargo, los múltiples problemas de salud que pueden presentar, representan una gran barrera para lograr esta transición, entre ellos el sobrepeso y obesidad.<sup>26</sup>

La prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños con SD es de dos a cuatro veces mayor que sus pares sanos. Las estimaciones reportadas de prevalencia de sobrepeso y obesidad se basan en muestras de conveniencia y pueden variar según la metodología de medición realizada. Estos niños a menudo tienen niveles reducidos de actividad física, una tasa metabólica basal más baja secundaria a una menor masa magra, una mayor incidencia de hipotiroidismo y una respuesta anormal a ciertas hormonas, lo cual contribuye a un menor gasto energético,

resultando en una reducción de la necesidad calórica, lo que aumenta el riesgo de un exceso de ingesta calórica y el consiguiente aumento de peso.<sup>26</sup>

## **8. Impedancia bioeléctrica en niños con Síndrome de Down**

La prevalencia de sobrepeso y obesidad ha ido en aumento en la población pediátrica en los últimos años, incluyendo la población de niños con SD, quienes particularmente, tienen una mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad así como de afecciones secundarias a estas entidades, al contrario de lo que se creía en la década de 1970, cuando de acuerdo a datos obtenidos de autopsias de adultos con este síndrome, se concluyó que no padecían aterosclerosis y enfermedades cardiovasculares. Múltiples estudios recientes han refutado esa hipótesis e incluso revelado una mayor mortalidad por enfermedad cardiovascular y complicaciones de Diabetes Mellitus en esta población.<sup>16,21,22</sup>

Los avances en la atención médica en los últimos años han aumentado la esperanza de vida en los individuos con SD,<sup>21</sup> por lo que apoyar pautas preventivas de sobrepeso y obesidad mejorará su salud y calidad de vida a largo plazo. Para ello, existen tablas de referencia de peso, altura e IMC especializadas para niños con SD, las cuales se desarrollaron utilizando datos de poblaciones de niños y jóvenes con este padecimiento y muestran una mayor variación de peso con la edad; característicamente con un mayor rango de peso entre los percentiles, en comparación con las tablas para una población sana de la misma edad y sexo.<sup>22</sup> En el año 2011, la Academia Americana de Pediatría (AAP) recomendó al personal de salud utilizar las curvas de referencia estándar (para población sana) de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) o los de la OMS para monitorizar el IMC de los niños con SD (**Figura 2**).<sup>16</sup> De acuerdo a dichas curvas, deberá considerarse en obesidad a aquella persona con IMC en percentil  $\geq 95$ <sup>22</sup> ( $\geq 85$  en la poblaciones de riesgo, como la mexicana).<sup>27</sup> Es común encontrar un IMC elevado en las personas con SD, lo cual puede estar influido por la talla baja y proporciones corporales alteradas que los caracterizan.<sup>16</sup>

Debido a la tendencia de los niños con SD a tener sobrepeso y obesidad, se ha recomendado que sean evaluados tanto en las tablas designadas para ellos como en las de la población general.<sup>16,22</sup> En 2014, Weber y colaboradores demostraron que el percentil  $\geq 80$  para índice de MG es el umbral óptimo para identificar niños con riesgo de Síndrome Metabólico,<sup>28</sup> por lo que en 2016, Hatch-Stein y colaboradores,<sup>16</sup> utilizando el percentil  $\geq 80$  como indicador de exceso de adiposidad en niños de 10 a 20 años, evaluaron el rendimiento de los cuadros de IMC específicos de los CDC para niños con SD en la identificación de adiposidad

corporal excesiva. El percentil 85 de IMC en las curvas de referencia estándar de los CDC identificó bien el exceso de adiposidad tanto en la población sana como en aquella con SD, en quienes era más sensible que el percentil 85 de IMC de aquellas específicas para personas con SD. Con este hallazgo, proporcionaron la evidencia necesaria para respaldar la recomendación del uso de las curvas de referencia estándar de IMC de los CDC para niños y niñas con SD, ya que, aunque las específicas para SD son un método excelente para comparar pacientes con SD con sus pares sanos, las estándar para población sana son el apropiado para la identificación temprana del sobrepeso y obesidad.<sup>16</sup>

Sin embargo, a pesar de que ahora podemos diagnosticar de forma más eficaz el sobrepeso y obesidad, lo anterior no resuelve la dificultad de definir adecuadamente estos problemas en la población de niños con SD, ya que la mejor definición de obesidad se basa en la adiposidad (o porcentaje de MG), que representa una mayor morbilidad y mortalidad no medible a través del IMC.<sup>22</sup>

Existen pocos trabajos publicados que describan la composición corporal en sujetos en edad pediátrica con SD, entre ellos, uno de los más notables fue el realizado por Loveday y colaboradores<sup>22</sup> en Nueva Zelanda en el año 2012, en el cual se realizó un análisis por IB de 70 niños y niñas con SD y se calculó la MLG mediante las ecuaciones de Schaefer<sup>29</sup>, Pietrobelli<sup>30</sup> y Tyrell<sup>31</sup> (**Tabla 5**). Los sujetos tenían pesos medios similares ( $42.6 \pm 18.3$  Kg frente a  $42.3 \pm 3.1$  Kg) y un IMC medio ( $22 \pm 6.2$  frente a  $21 \pm 3.6$ ). Las mujeres tuvieron un porcentaje de MG más alto ( $30.5 \pm 12.8\%$  *versus*  $22.3 \pm 11.4\%$ ) en comparación con los hombres. Las tasas de obesidad fueron del 38% en mujeres y del 23% en hombres, encontrando los valores más altos de porcentaje de MG después de los 12 años en las mujeres y antes de los 12 años en hombres. La ecuación de Schaefer tuvo una alta correlación con lo obtenido por DEXA y la diferencia media más baja en comparación con las otras ecuaciones. La IB subestimó el porcentaje de MG en las mujeres en comparación con la DEXA con una diferencia media de 4.8%. En contraste, el porcentaje de MG en hombres medido por IB y DEXA no tuvo una diferencia significativa, con una diferencia media de 0.6%. Finalmente, el porcentaje de MG calculado por IB en mujeres y hombres, correlacionó significativamente con el IMC y el porcentaje de MG por IB correlacionó bien con el medido por DEXA en ambos sexos; demostrando que la IB puede usarse para determinar con precisión la MLG y el porcentaje de MG utilizando la ecuación de Schaefer en niños y jóvenes con SD.<sup>22</sup>

En un estudio similar, Artioli y colaboradores,<sup>11</sup> compararon el IMC obtenido en tablas de Score Z de la OMS con análisis por IB y DEXA, encontrando que el 57% de los niños con SD que se habían clasificado con IMC adecuado, en realidad tenían porcentaje de MG alterado por los otros métodos, con lo cual se concluye que el

IMC no es una herramienta precisa para evaluar la composición corporal en la población pediátrica con SD, especialmente los que están dentro de su rango adecuado de Score Z.<sup>11</sup>

De acuerdo con lo anterior, existe una necesidad de conocer, enseñar y utilizar mejores herramientas que el IMC para el análisis de la composición corporal en esta población con la intención de brindar atención oportuna y evitar comorbilidades en la juventud y adultez. Debido a que en muchos lugares esto no será posible en un futuro cercano, la recomendación es que estos niños sean atendidos como si tuvieran altos porcentajes de MG.

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La prevalencia de sobrepeso y obesidad ha ido en aumento en la población pediátrica en los últimos años, incluyendo la población de niños con SD, quienes particularmente, tienen una mayor prevalencia de éstas, así como de afecciones metabólicas secundarias. Existen pocos trabajos publicados que describan la composición corporal en sujetos en edad pediátrica con SD.

El Instituto Nacional de Pediatría (INP) es un hospital de referencia de tercer nivel, que cuenta con una clínica de atención integral para los niños con SD, al momento no existen datos de las características nutricionales ni de composición corporal en estos pacientes.

### **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuáles son las características de la composición corporal por Impedancia Bioeléctrica en los niños mexicanos de 5 a 18 años de edad con Síndrome de Down del Instituto Nacional de Pediatría?

## **JUSTIFICACIÓN**

Las personas con Síndrome de Down tienen mayor probabilidad de padecer sobrepeso y obesidad, por lo cual deben identificarse para poder controlar oportunamente los factores de riesgo cardiovascular.

Para ello se requiere, primero, conocer los factores de riesgo de forma correcta, lo cual se logra mediante el análisis de composición corporal y existen nulos estudios en la población mexicana con este síndrome.

Existe una necesidad de utilizar mejores herramientas que el IMC para el análisis de la composición corporal en esta población con la intención de brindar atención oportuna y evitar comorbilidades en la juventud y adultez.

Con los datos que se obtendrán de este trabajo, se busca promover el uso de la Impedancia Bioeléctrica en la población con Síndrome de Down para la detección oportuna de factores de riesgo cardiovascular con la finalidad de que se realicen intervenciones preventivas tempranas.

## **OBJETIVO GENERAL**

Conocer el estado nutricional a través de la composición corporal por Impedancia Bioeléctrica e Índice de Masa Corporal en los niños mexicanos de 5 a 18 años de edad con Síndrome de Down del Instituto Nacional de Pediatría.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Conocer la composición corporal por Impedancia Bioeléctrica de niños mexicanos de 5 a 18 años de edad con Síndrome de Down del Instituto Nacional de Pediatría.

Demostrar el Índice de Masa Corporal (CDC) en niños mexicanos de 5 a 18 años de edad con Síndrome de Down.

Describir la correlación del porcentaje de masa grasa con el Índice de Masa Corporal en esta población

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de un estudio retrospectivo, analítico y transversal realizado tras la obtención de la composición corporal por Impedancia Bioeléctrica de niños mexicanos de 5 a 18 años de edad con Síndrome de Down del Instituto Nacional de Pediatría.

Criterios de inclusión:

- Expedientes de pacientes con Síndrome de Down diagnosticado con cariotipo (Trisomía 21), de cualquier sexo, que tengan entre 5 y 18 años de edad, a quienes se les haya realizado valoración nutricional, mediante estudio de composición corporal por Impedancia Bioeléctrica en el servicio de Gastroenterología y Nutrición del Instituto Nacional de Pediatría.

Criterios de exclusión:

- Expedientes de pacientes con tratamientos médicos que interfieran en los resultados de la composición corporal (esteroides, diuréticos, hormonales, metformina, quimioterapéuticos).
- Expedientes de pacientes con enfermedades cardíacas o renales que impliquen una mala distribución o mal manejo de líquidos.
- Expedientes de pacientes que hayan tenido dificultad para permanecer estáticos, y que hayan dado una mala lectura de la impedancia bioeléctrica.
- Expedientes de pacientes con inadecuado estado de hidratación.
- Expedientes de pacientes con mosaicismo.

Tamaño de la muestra:

Se incluirá un tamaño de muestra a conveniencia, ya que se incluirán a todos los expedientes de pacientes con Síndrome de Down entre 5 y 18 años de edad, a quienes se les haya realizado estudio de composición corporal por Impedancia Bioeléctrica en el Instituto Nacional de Pediatría de 2015 a 2020.

Considerando que en el Instituto Nacional de Pediatría se atienden al año un promedio de 243,837 pacientes<sup>32</sup>; y que la prevalencia de Síndrome de Down en la población general es de 1.3%, se realizó el cálculo de la muestra para estudios descriptivos o encuestas poblacionales con un nivel de confianza del 95%, margen de error aceptable de 5.4% y un efecto del diseño de 1, dando un total de 17 pacientes con Síndrome de Down por año, los cuales deberían ser evaluados para tener una muestra representativa de la población. **Figura 4.**

Dada la baja prevalencia de Síndrome de Down, se incluirán a todos los pacientes con esta patología que cuenten con Impedancia Bioeléctrica.

#### Metodología:

1. Se revisarán los expedientes de los pacientes con Síndrome de Down (CIE-10: Q90) del Instituto Nacional de Pediatría a quienes se les ha realizado estudio de composición corporal por Impedancia Bioeléctrica.
2. De aquellos que cumplan con criterios de inclusión y exclusión, se obtendrá índice de masa corporal y diagnóstico nutricional por gráficas estándar de IMC (CDC) y se realizará el análisis de los resultados de la composición corporal (InBody®). Ambos datos (IMC y composición corporal) serán del día en que se haya realizado la composición previamente.
3. Se registrarán los datos en el *software* SPSS versión 21.

#### Análisis estadístico e interpretación de resultados:

- Se realizará un análisis de regresión lineal para obtener coeficiente de correlación entre el porcentaje de masa grasa y el índice de masa corporal utilizando el *software* STATA v16
- Dicho análisis se presentará en forma de gráficas.
- Se realizará un análisis univariado de pruebas de tendencia central para conocer las características de la muestra estudiada y para establecer el tipo de distribución de cada variable; tratándose de variables numéricas continuas con tendencia a distribución normal, se realizará el cálculo de la media y desviación estándar como el en el caso de la variable edad; en el caso de variables cualitativas con distribución normal se obtendrá su proporción.
- En el caso de que variables a medir no tengan una distribución con tendencia a la normalidad, se estimará el valor mínimo y el valor máximo y se calculará la mediana.
- Posteriormente se reportarán los datos en cuadros de estadística descriptiva y se graficarán en la forma conveniente a cada análisis.

#### Aspectos éticos:

- Los datos obtenidos se presentarán con estricto respeto al paciente y su familia, manejando los datos de forma anónima.
- El protocolo se realizó con base en los puntos del Código de Núremberg y Declaración de Helsinki.
- De acuerdo al reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud; en el título segundo sobre los aspectos éticos de la investigación en seres humanos y conforme a lo que comenta en el artículo 17, éste estudio corresponde a una investigación que no presenta riesgo y

se apega a los distintos códigos de ética para la investigación en salud. Por tratarse de un estudio retrospectivo no se requerirá consentimiento informado.

## CUADRO DE VARIABLES

### Variables demográficas

|                       | <b>Definición Conceptual</b>   | <b>Tipo de Variable</b>        | <b>Escala de Medición</b>                                    |
|-----------------------|--|--------------------------------|--|
| <b>Sexo</b>           | Acorde a los genitales externos del sujeto. Importante para determinar la frecuencia en el sexo. | Cualitativa nominal dicotómica | Masculino<br>Femenino  |
| <b>Edad</b>           | Tiempo de vida desde el nacimiento hasta la fecha en que se realizó la composición corporal.     | Cuantitativa continua          | Meses  |
| <b>Comorbilidades</b> | Presencia de una o más enfermedades además de la enfermedad primaria o principal                 | Cualitativa nominal politómica | Cardiopatía<br>Neuropatía<br>Endocrinopatía<br>Metabolopatía |

### Variables antropométricas

| <b>Nombre de la Variable</b>            | <b>Definición Conceptual</b>   | <b>Tipo de Variable</b> | <b>Medición de la variable</b>   |
|---|--|-------------------------|--|
| <b>Peso</b>                             | Medida de fuerza con la que la gravedad atrae un cuerpo, expresada en kilogramos       | Cuantitativa continua   | Kilogramos   |
| <b>Talla</b>                            | Altura de un individuo indicada en centímetros   | Cuantitativa continua   | Centímetros  |
| <b>IMC</b>                              | Índice utilizado para clasificar el estado nutricional, expresado en Kg/m <sup>2</sup> | Cuantitativa continua   | Kilogramos/metros cuadrados  |
| <b>Z Score del IMC</b>                  | Número de desviaciones estándar con respecto a la normalidad                           | Cuantitativa continua   | Desviaciones estándar (DE)   |
| <b>Clasificación con base a Z Score</b> | Número de desviaciones estándar con respecto a la normalidad                           | Cualitativa ordinal     | >3 DE: Obesidad<br>>2 DE: Sobrepeso<br><-1 DE: Desnutrición leve<br><-2DE: Desnutrición moderada<br><-3DE: Desnutrición severa |

## Composición corporal

| <b>Nombre de la Variable</b>                               | <b>Definición Conceptual</b>  | <b>Tipo de Variable</b> | <b>Medición de la variable</b> |
|--|---|-------------------------|--------------------------------|
| <b>Agua corporal total</b>                                 | Cantidad de agua en un sujeto expresada en Litros   | Cuantitativa continua   | Litros y mililitros            |
| <b>Proteínas</b>   | Cantidad de proteína en un sujeto expresada en Kilogramos   | Cuantitativa continua   | Kilogramos y gramos            |
| <b>Minerales</b>   | Cantidad de minerales en un sujeto expresada en Kilogramos  | Cuantitativa continua   | Kilogramos y gramos            |
| <b>Masa musculoesquelética</b>                             | Cantidad de proteína y minerales en un sujeto expresada en Kilogramos   | Cuantitativa continua   | Kilogramos y gramos            |
| <b>Grasa corporal</b>                                      | Cantidad de masa grasa en un sujeto expresada en Kilogramos   | Cuantitativa continua   | Kilogramos y gramos            |
| <b>Porcentaje de grasa corporal</b>                        | Cantidad de masa grasa en un sujeto expresada en porcentaje   | Cuantitativa continua   | 1 a 100%                       |
| <b>Masa libre de grasa</b>                                 | Cantidad de masa libre de grasa en un sujeto expresada en Kilogramos  | Cuantitativa continua   | Kilogramos y gramos            |
| <b>Tasa metabólica basal</b>                               | Cantidad mínima de energía que una persona necesita, en estado de reposo, para llevar a cabo sus funciones vitales, expresada en kilocalorías | Cuantitativa continua   | Kilocalorías                   |
| <b>Nivel de grasa visceral</b>                             | Cantidad de grasa perivisceral en abdomen expresada en Kilos  | Cuantitativa continua   | Kilogramos y gramos            |
| <b>Análisis magro y grasa por segmentos</b>                | Cantidad de masa magra y masa grasa en miembros superiores, inferiores y tronco expresada en porcentaje                                       | Cuantitativa continua   | 1-100%                         |
| <b>Impedancia a 20 y 199kHz miembro superior derecho</b>   | Resistencia al paso de una corriente eléctrica a través del miembro superior derecho expresada en Ohms  | Cuantitativa continua   | Ohms                           |
| <b>Impedancia a 20 y 100kHz miembro superior izquierdo</b> | Resistencia al paso de una corriente eléctrica a través del miembro superior izquierdo expresada en Ohms                                      | Cuantitativa continua   | Ohms                           |
| <b>Impedancia a 20 y 100kHz tronco</b>                     | Resistencia al paso de una corriente eléctrica a través del tronco expresada en Ohms  | Cuantitativa continua   | Ohms                           |
| <b>Impedancia a 20 y 100kHz miembro inferior derecho</b>   | Resistencia al paso de una corriente eléctrica a través del miembro inferior derecho expresada en Ohms  | Cuantitativa continua   | Ohms                           |
| <b>Impedancia a 20 y 100kHz miembro inferior izquierdo</b> | Resistencia al paso de una corriente eléctrica a través del miembro inferior izquierdo expresada en Ohms                                      | Cuantitativa continua   | Ohms                           |

## RESULTADOS

De un total de 43 expedientes de pacientes con síndrome de Down con edades comprendidas entre los 5 y 18 años, 8 fueron excluidos, 6 porque su análisis no era valorable ya que no permanecieron inmóviles durante el estudio, 1 porque estaba recibiendo quimioterapia y 1 porque tenía marcapasos.

De los 35 restantes, el 51.5% fueron mujeres, la edad media fue de 11.9 años y el 34.2% padecían alguna comorbilidad, entre las cuales destacaron las cardiopatías (66.6%), oftalmológicas (25%) y neumopatías (8.3%).

En cuanto a las variables antropométricas, la media de peso fue de 37.7 kg (mínimo 13.5 kg y máximo 69.3 kg), mientras de talla fue 131.2 cm (mínima 97 cm y máxima 157 cm). El promedio de IMC fue 20.8 kg/m<sup>2</sup> (mínimo 9.7 kg/m<sup>2</sup> y máximo 35.9 kg/m<sup>2</sup>), con un total de 5 sujetos con desnutrición leve (14.2%), 5 con sobrepeso (14.3%), 8 con obesidad (22.9%) y 17 eutróficos (48.6%).

Dentro de las variables de composición corporal estudiadas, se encontró una media de 19.2 L de agua corporal total (mínima 6.7 L y máxima 33.7 L), la cual fue normal en el 45.8%, baja en el 31.4% y elevada en el 22.8%.

Por otro lado, la masa proteica media fue de 4.9 kg, siendo normal en el 42.9%, baja en el 37.1% y elevada en el 20%. La masa mineral tuvo un promedio de 1.6 kg, siendo normal en el 48.6%, disminuida en el 37.1% y elevada en el 14.3%; y la masa musculoesquelética con media de 13 kg fue normal en el 37.2%, disminuida en el 37.1% y elevada en el 25.7% de la muestra.

En cuanto a la masa grasa, la media fue de 12.3 kg y 31.2% del peso corporal; los cuales resultaron dentro del rango de normalidad en el 8.5% para ambos (tanto kilogramos como porcentaje del peso corporal), debajo del límite inferior de normalidad en el 20% y 14.3% respectivamente; por encima de éste en el 71.5% y 77.2%, respectivamente.

La masa libre de grasa promedio fue de 25.2 kg. En lo respectivo a la masa grasa visceral, el promedio fue de 5.6 kg (mínimo 1 kg y máximo 20 kg), siendo normal en el 85.7% de la muestra.

Finalmente, la tasa metabólica basal promedio fue de 917.3 kcal/día (mínima de 561 kcal/día y máxima de 1299 kcal/día), la cual estaba disminuida en el 60%, normal en el 25.7% y elevada en el 14.3%.

Se demostró un coeficiente de correlación del IMC con la masa grasa para sobrepeso y obesidad de 10.4 y 14.1, respectivamente, con un valor de p de 0.04 (intervalo de confianza 0.04-20.7) para sobrepeso y de 0.004 (intervalo de confianza 4.72-23.3) para obesidad. No así en aquellos con IMC normal, con un coeficiente de correlación de 5.8 y valor de p de 0.16 (intervalo de confianza -2.5-14.0).

Por otro lado, el IMC no correlacionó con la grasa visceral, demostrando los siguientes resultados para eutrofia, sobrepeso y obesidad:

- Eutrofia: coeficiente de correlación de 3.8 con valor de p de 0.15 (intervalo de confianza de -1.4-9.0).
- Sobrepeso: coeficiente de correlación de 2.6 con valor de p de 0.42 (intervalo de confianza -3.9-9.13).
- Obesidad: coeficiente de correlación de 3.7 con valor de p de 0.21 (intervalo de confianza -2.41-6.81).

Además, se demostró un coeficiente de correlación de 0.10 entre kilogramos de masa grasa corporal y edad, con un valor de p de 0.00 (intervalo de confianza -0.05-0.15), sin embargo, el coeficiente de correlación entre el porcentaje de masa grasa y edad es 0.03, con un valor de p de 0.59 (intervalo de confianza 0.08-0.14). **Figura 5.**

Así mismo, se demostró una falta de correlación entre grasa visceral en kilogramos y edad, con un coeficiente de correlación de 0.02 y un valor de p de 0.17 (intervalo de confianza -0.01-0.05). **Figura 6.**

Finalmente, la masa musculoesquelética y la masa libre de grasa aumentan con la edad, con un coeficiente de correlación de 0.11, valor de p de 0.00 (intervalo de confianza 0.08-0.14) y 0.19 con valor de p de 0.00 (intervalo de confianza 0.14-0.23), respectivamente. **Figura 7.**

## DISCUSIÓN

En esta tesis se demostró una correlación entre el IMC y la masa grasa en aquellos sujetos con sobrepeso y obesidad, lo cual es evidente. Sin embargo, no hubo correlación en aquellos con IMC normal ni entre el IMC y la grasa visceral, por lo que se podría recomendar la impedancia bioeléctrica como herramienta para medir la masa grasa corporal pero no la grasa visceral en esta población.

Además, se demostró correlación entre la masa grasa corporal en kilogramos y la edad, también esperado. Sin embargo, no entre el porcentaje de masa grasa corporal y la edad, quizás debido a la distribución de los componentes corporales y sus cambios durante el crecimiento.

Así mismo, se demostró una falta de correlación entre la grasa visceral en kilogramos y la edad. En este sentido, se podría realizar una comparación con niños sanos como investigación futura.

Actualmente, existen pocos estudios publicados en los cuales se describa la composición corporal en la población pediátrica con síndrome de Down. Entre ellos, uno de los más destacados es el realizado por Loveday y colaboradores,<sup>22</sup> en el cual, a través del análisis por impedancia bioeléctrica de 70 niños y niñas con éste síndrome, se calculó la masa libre de grasa utilizando diferentes ecuaciones, demostrando que las niñas tenían un porcentaje de masa grasa corporal más alta que los niños, siendo mayor en aquellas mayores de 12 años. Además, el porcentaje de masa grasa en mujeres y hombres correlacionó significativamente con el IMC, al igual que en nuestro estudio, lo que demuestra que la impedancia bioeléctrica se puede utilizar para determinar con precisión el porcentaje de masa libre de grasa y masa grasa en niños y jóvenes con síndrome de Down.<sup>22</sup>

Por otro lado, contrario a nuestros resultados, Artioli y colaboradores<sup>11</sup> compararon el IMC con los resultados de composición corporal de impedancia bioeléctrica y absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA), encontrando que el 57% de los niños con síndrome de Down que habían sido clasificados con un IMC adecuado, en realidad tenían un porcentaje de masa grasa alterado por otros métodos.

En otro estudio realizado con 40 niños con síndrome de Down por Venegas y colaboradores,<sup>33</sup> se encontró una alta correlación entre la circunferencia de cintura e IMC, similar a otro estudio chileno<sup>34</sup> y contrario a los resultados de González-Agüero y colaboradores<sup>35</sup>; así como con nuestro hallazgo de una falta de correlación entre la grasa visceral y el IMC.

## CONCLUSIONES

En esta tesis se demostró que la masa grasa correlaciona significativamente con el Índice de Masa Corporal y se concluye que la impedancia bioeléctrica es una herramienta útil para determinar la masa grasa en la población pediátrica con síndrome de Down, no así la grasa visceral por lo que no se recomienda utilizar esta variable para determinar riesgo de enfermedades asociadas, ya que no se encontró correlación en este estudio.

Además, aunque la masa grasa aumenta en kilogramos, no en porcentaje con respecto a la edad en esta población.

Una comparación de esta población con niños de la misma edad y sexo sanos o con los resultados obtenidos por DEXA se propone como una posible investigación complementaria del tema.

La población pediátrica con síndrome de Down tiene un mayor riesgo de tener sobrepeso y obesidad, por lo que se recomienda evaluarlos utilizando tablas de Índice de Masa Corporal estándar así como la realización de un análisis de composición corporal para mejorar la precisión del diagnóstico nutricional, especialmente para la determinación de masa grasa. Esto se puede realizar a través de impedancia bioeléctrica ya que resulta una alternativa práctica, rentable y precisa en esta población, que nos permitirá brindar asesoría oportuna y evitar comorbilidades en la juventud y adultez.

## REFERENCIAS

- <sup>1</sup>Borga M, West J, D Bell J, et al. Advanced body composition assessment: from body mass index to body composition profiling. *J Investig Med*. 2018;66:887–95.
- <sup>2</sup>Kyle UG, Earthman CP, Pichard C, Coss-Bu JA. Body composition during growth in children: limitations and perspectives of bioelectrical impedance analysis. *Eur. J. Clin. Nutr*. 2015;69:1298–1305.
- <sup>3</sup>Toomey CM, Cremona A, Hughes K, et al. A Review of Body Composition Measurement in the Assessment of Health. *Top Clin Nutr*. 2015;30(1):16–32.
- <sup>4</sup>Kuriyan R. Body composition techniques. *Indian J Med Res*. 2018;148:648-58.
- <sup>5</sup>Lemos T, Gallagher D. Current body composition measurement techniques. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*. 2017;24(5):310–14.
- <sup>6</sup>Asim A, Kumar A, Muthuswamy S, et al. Down syndrome: an insight of the disease. *J Biomed Sci*. 2015;22(41).
- <sup>7</sup>Bertapelli F, Pitetti K, Agiovlasis S, et al. Overweight and obesity in children and adolescents with Down syndrome - prevalence, determinants, consequences, and interventions: A literature review. *Res. Dev. Disabil*. 2016;57:181–92.
- <sup>8</sup>Basil JS, Santoro SL, Martin LJ, et al. Retrospective Study of Obesity in Children with Down Syndrome. *J Pediatr*. 2016;173:143-48
- <sup>9</sup>Adelekan T, Magge S, Shults J, et al. Lipid Profiles of Children With Down Syndrome Compared With Their Siblings. *Pediatrics*. 2012;129(6):1382-87.
- <sup>10</sup>Casey AF. Measuring Body Composition in Individuals with Intellectual Disability: A Scoping Review. *J Obes*. 2013:1-6.
- <sup>11</sup>Artioli TO, Witsmiszyn E, Ferreira A, et al. Assessing Down syndrome BMI and body composition. *Rev Med Int Sindr Down*. 2017:1-4.
- <sup>12</sup>Martínez-Espinosa RM, Molina-Vila MD, García-Galbis MR. Evidences from Clinical Trials in Down Syndrome: Diet, Exercise and Body Composition. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020;17(4294);2-16.
- <sup>13</sup>Sierra-Romero MC, Navarrete-Hernández E, Canún-Serrano S. Prevalencia del Síndrome de Down en México utilizando los certificados de nacimiento vivo y de muerte fetal durante el periodo 2008-2011. *Bol Med Hosp Infant Mex*. 2014;71(5):292-97.
- <sup>14</sup>de Rubens-Figueroa J, del Pozzo-Magaña B, Pablos-Hach JL, et al. Malformaciones cardíacas en los niños con síndrome de Down. *Rev Esp Cardiol* 2003;56(9):894-99.
- <sup>15</sup>Van Gameren-Oosterom HBM, Van Dommelen P, Schonbeck Y, et al. Prevalence of overweight in Dutch children with Down syndrome. *Pediatrics*. 2012;130:1520-26.
- <sup>16</sup>Hatch-Stein JA, Zemel BS, Prasad D, et al. Body Composition and BMI Growth Charts in Children With Down Syndrome. *Pediatrics*. 2016;138(4):e20160541
- <sup>17</sup>AbdAllah AM, Raffa S, Alaidaroos T, et al. Nutritional status of some children and adolescents with Down syndrome in Jeddah. *Life Sci*. 2013;10:1310-18.

- <sup>18</sup>Alexander M, Petri H, Ding Y, et al. Morbidity and medication in a large population of individuals with Down syndrome compared to the general population. *DMCN*. 2017;58:246–54.
- <sup>19</sup>Magge SN, O’Neill KL, Shults J, Stallings VA, et al. Leptin levels among prepubertal children with Down syndrome compared with their siblings. *J Pediatr*. 2008;152:321–26.
- <sup>20</sup>Pitetti K, Baynard T, Agiovlasitis S. Children and adolescents with Down syndrome: physical fitness and physical activity. *J Sport Health Sci*. 2013;2:47–57.
- <sup>21</sup>Magge SN, Zemel BD, Pipan ME, et al. Cardiometabolic Risk and Body Composition in Youth With Down Syndrome. *Pediatrics*. 2019;144(2);e20190137;1-12.
- <sup>22</sup>Loveday SJ, Thompson JMD, Michell EA. Bioelectrical impedance for measuring percentage body fat in young persons with Down syndrome: validation with dual-energy absorptiometry. *Acta Paediatr*. 2012;101:491–95.
- <sup>23</sup>Lal C, White DR, Joseph JE, et al. Sleep-disordered breathing in Down syndrome. *Ch*. 2015;147:570–79.
- <sup>24</sup>Pau M, Galli M, Crivellini M, et al. Relationship between obesity and plantar pressure distribution in youths with Down syndrome. *Am J Phys Med Rehabil*. 2013;92:889–97.
- <sup>25</sup>Bandini LG, Fleming RK, Scampini R, et al. Is body mass index a useful measure of excess body fatness in adolescents and young adults with Down syndrome? *J Intellect Disabil Res*. 2013;57(11):1050-57.
- <sup>26</sup>Polfuss M, Sawin KJ, Papanek PE, et al. Total energy expenditure and body composition of children with developmental disabilities. *Disabil Health J*. 2018;11:442-46.
- <sup>27</sup>Torres-Tamayo M, Aguilar-Herrera BE, Altamirano-Bustamante N, et al. Consenso de expertos sobre prevención, diagnóstico y tratamiento de la obesidad en edad pediátrica. *Bol Med Hosp Infant Mex*. 2015;72(1):1-28
- <sup>28</sup>Weber DR, Leonard MB, Shults J, et al. A comparison of fat and lean body mass index to BMI for the identification of metabolic syndrome in children and adolescents. *J Clin Endocrinol Metab*. 2014;99(9):3208–16.
- <sup>29</sup>Schaefer F, Georgi M, Zieger A, et al. Usefulness of bioelectric impedance and skinfold measurements in predicting fat-free mass derived from total body potassium in children. *Pediatr Res*. 1994;35:617–24.
- <sup>30</sup>Pietrobelli A, Andreoli A, Cervelli V, et al. Predicting fat-free mass in children using bioimpedance analysis. *Acta Diabetol*. 2003;40:212–15.
- <sup>31</sup>Tyrrell VJ, Richards G, Hofman P, et al. Foot-to-foot bioelectrical impedance analysis: a valuable tool for the measurement of body composition in children. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2001;25:273–78.

<sup>32</sup>Serrano.Sierra A, Correa-Beltrán MD, Reynés-Manzur JN, et al. Agenda Estadística 2018. Dirección de Planeación Instituto Nacional de Pediatría. 2018. 2-48.

<sup>33</sup>Venegas E, Ortiz T, Grandfeldt G, et al. Nutrition assessment and indicators of visceral fat and subcutaneous fat in children with Down syndrome. *Rev Med Int Sindr Down*. 2015;19(2):21-7.

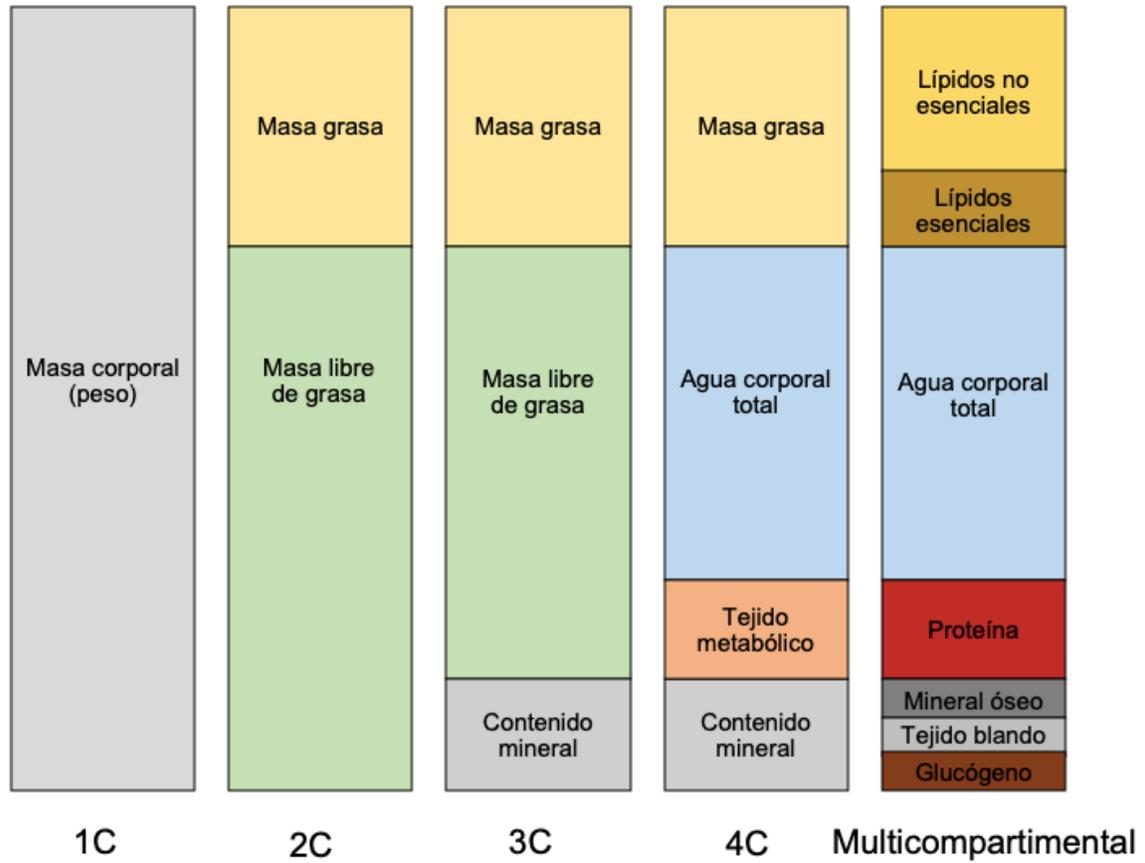
<sup>34</sup>Cresp M, Caamaño F, Ojeda R, et al. Correlación de variables antropométricas como predictor de salud, en una población de niños y adolescentes con síndrome de Down de Temuco, Chile. *Rev Fac Med*. 2014;62(2): 193-8.

<sup>35</sup>Gonzalez-Aguero A, Ara I, Moreno LA, et al. Fat and lean masses in youths with Down syndrome: gender differences. *Res Dev Disabil*. 2011;32:1685-93.

<sup>36</sup>Fuentes-Lugo D. Determinación de la composición corporal en pediatría. En: Comité de nutrición de la AEP. Manual práctico de nutrición en pediatría. Ergon; 2007. Pp. 24.

## ANEXOS

Figuras:



**Figura 1.** Modelos de composición corporal.<sup>4</sup>





Figura 2. Percentiles de Índice de Masa Corporal para niños y niñas.

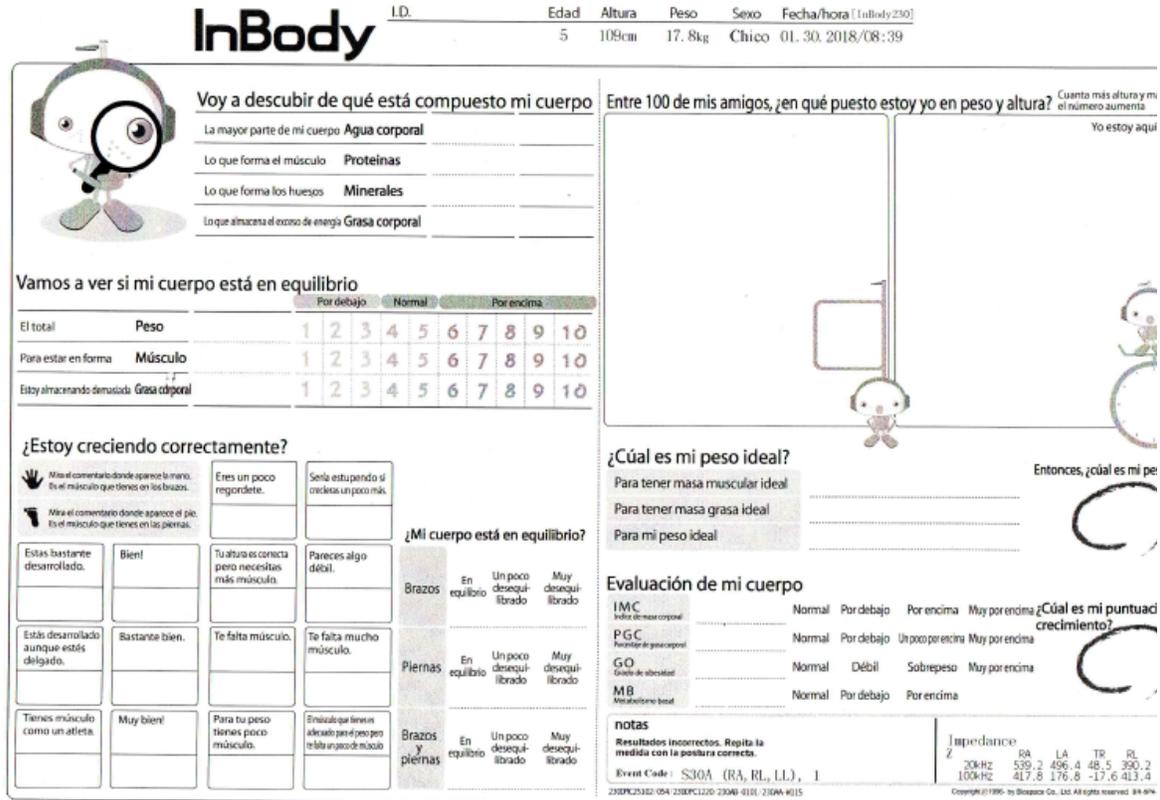
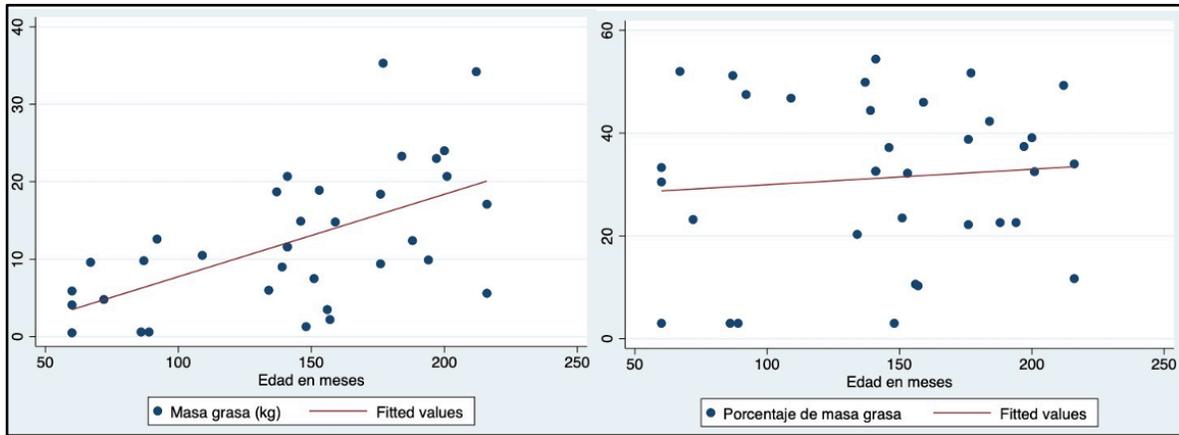


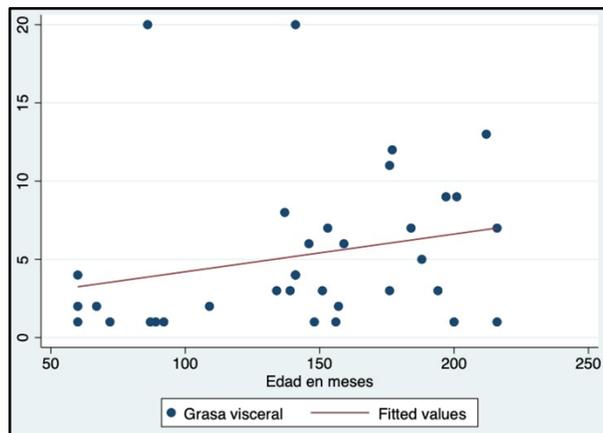
Figura 3. Hoja de resultados de composición corporal por Impedancia Bioeléctrica (InBody®).

$$\frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left( \frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

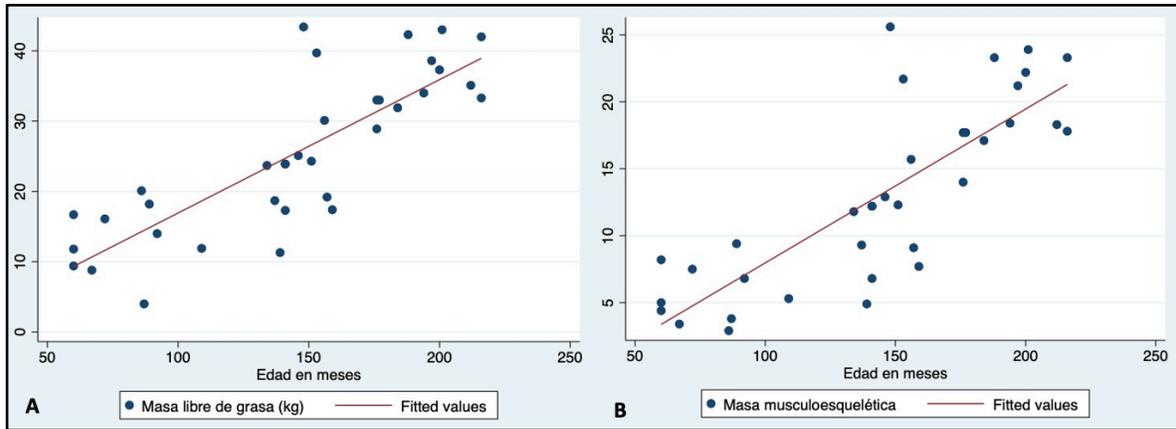
Figura 4. N: tamaño de la muestra, e: margen de error, z: puntuación Z, p: desviación estándar



**Figura 5. A.** Kg: Kilogramos. Coeficiente de correlación 0.10, valor  $p$  0.00 (intervalo de confianza -0.05-0.15). **B.** Coeficiente de correlación 0.03, valor  $p$  0.59 (intervalo de confianza 0.08-0.14).



**Figura 6.** Coeficiente de correlación 0.02, valor  $p$  0.17 (intervalo de confianza -0.01-0.05).



**Figura 7. A.** Kg: Kilogramos. Coeficiente de correlación 0.10, valor  $p$  0.00 (intervalo de confianza -0.05-0.15). **B.** Coeficiente de correlación 0.03, valor  $p$  0.59 (intervalo de confianza 0.08-0.14).

Tablas:

| Edad en años | Percentil 90 (cm) |       | Percentil 75 (cm) |       |
|--------------|-------------------|-------|-------------------|-------|
|              | Niños             | Niñas | Niños             | Niñas |
| 6            | 67                | 66    | 64                | 60    |
| 7            | 71                | 69    | 63                | 63    |
| 8            | 74                | 73    | 66                | 66    |
| 9            | 78                | 76    | 69                | 68    |
| 10           | 81                | 79    | 72                | 71    |
| 11           | 85                | 82    | 74                | 73    |
| 12           | 88                | 85    | 77                | 76    |
| 13           | 92                | 88    | 88                | 79    |
| 14           | 95                | 92    | 83                | 81    |
| 15           | 98                | 95    | 85                | 84    |
| 16           | 102               | 98    | 88                | 86    |
| 17           | 105               | 101   | 91                | 89    |
| 18           | 109               | 104   | 93                | 92    |

**Tabla 1.** Valores correspondientes a los percentiles 90 y 75 de circunferencia de cintura en población mexicano-americana. Los valores fueron llevados al entero más próximo para eliminar decimales.<sup>27</sup>

| <b>Consideraciones estandarizadas para realización de Impedancia Bioeléctrica</b>  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ayuno de 2-3 horas</li> <li>2. Orinar previo a la realización</li> <li>3. No haber realizado ejercicio</li> <li>4. Miembros superiores abducidos 30° del tronco</li> <li>5. Miembros inferiores separados a 45°</li> <li>6. Electrodo mayores de 4cm<sup>2</sup> en buenas condiciones</li> <li>7. Piel limpia en contacto con los electrodos</li> </ol> |

**Tabla 2.** Consideraciones estandarizadas para realización de Impedancia Bioeléctrica.<sup>2</sup>

| <b>Herramienta</b>        | <b>Componentes medidos</b> | <b>Ventajas</b>  | <b>Desventajas</b>  |
|---------------------------|----------------------------|--|---|
| <b>Pliegues cutáneos</b>  | TCS                        | Practicidad  | Requiere entrenamiento  |
| <b>IB</b>                 | MG, MLG, ACT               | Rápido, seguro, mide el ACT                                  | Protocolo estricto de realización, variación de precisión dependiendo del modelo                  |
| <b>Hidrodensitometría</b> | Densidad corporal          | No invasivo  | Poca practicidad en pediatría   |
| <b>PDA</b>                | MG, MLG                    | No invasivo, no usa radiación                                | Costo, presunción de la hidratación   |
| <b>Hidrometría</b>        | ACT                        | Aceptable a cualquier edad, fácil administración de isótopos | Estimación del agua en la MLG, baja precisión, desequilibrio del isótopo en el cuerpo, alto costo |
| <b>DEXA</b>               | MG, MTM, CMO, DMO, GV      | Rápido, preciso, mediciones regionales y totales             | Costo, presunción de la hidratación, radiación  |
| <b>TC, RM</b>             | MG, MTM, CMO, DMO, GV      | Análisis preciso   | Costo, radiación, disponibilidad,   |
| <b>USG</b>                | TCS, GV                    | Detección de capas de tejido, portátil                       | Requiere entrenamiento  |

**Tabla 3.** Métodos diagnósticos de composición corporal.<sup>1,2,3</sup>

TC: tomografía computarizada, RM: resonancia magnética, DEXA: absorciometría de rayos X de energía dual, PDA: pletismografía por desplazamiento de aire, IB: impedancia bioeléctrica, USG: ultrasonografía, MG: masa grasa, MTM: masa total magra, CMO: contenido mineral óseo, DMO: densidad mineral ósea, GV: grasa visceral, MLG: masa libre de grasa, ACT: agua corporal total, TCS: tejido celular subcutáneo.

| Porcentaje del peso corporal |            |           |                |                   |                 |         |         |         |
|------------------------------|------------|-----------|----------------|-------------------|-----------------|---------|---------|---------|
| Edad (años)                  | Talla (cm) | Peso (kg) | Masa grasa (%) | Masa proteica (%) | Msa mineral (%) | ACT (%) | AEC (%) | AIC (%) |
| Niños                        |            |           |                |                   |                 |         |         |         |
| 0                            | 51,6       | 3,5       | 13,7           | 12,9              | 3,2             | 69,6    | 42,5    | 27      |
| 1                            | 76,1       | 10,1      | 22,5           | 12,9              | 2,9             | 61,2    | 32,9    | 28,3    |
| 2                            | 87,2       | 12,6      | 19,5           | 14                | 3,2             | 62,9    | 31,9    | 31      |
| 5                            | 109,9      | 18,7      | 14,6           | 15,8              | 3,7             | 65,4    | 30      | 35,4    |
| 10                           | 137,5      | 31,4      | 13,7           | 16,8              | 4,1             | 64,8    | 26,7    | 38      |
| 12,5                         | 153        | 42,3      | 16,3           | 16,4              | 4,1             | 62,7    | 26,4    | 36,4    |
| 15,5                         | 171,5      | 59,5      | 13             | 17,4              | 4,5             | 64,6    | 25,8    | 38,8    |
| 18,5                         | 177        | 69,9      | 12,9           | 17,7              | 4,8             | 64,1    | 24,7    | 39,4    |
| Niñas                        |            |           |                |                   |                 |         |         |         |
| 0                            | 50,5       | 3,3       | 14,9           | 12,8              | 3,2             | 68,6    | 42      | 26,7    |
| 1                            | 74,3       | 9,2       | 23,7           | 12,9              | 2,8             | 60,1    | 31,8    | 28,3    |
| 2                            | 85,5       | 11,9      | 20,4           | 13,9              | 3               | 62,2    | 31,5    | 30,8    |
| 5                            | 108,4      | 17,7      | 16,7           | 15                | 3,1             | 64,6    | 31      | 33,6    |
| 10                           | 138,3      | 32,6      | 19,4           | 15                | 3,1             | 62      | 28,1    | 33,9    |
| 12,5                         | 154,6      | 43,8      | 21,5           | 15,4              | 4,2             | 58,5    | 25,6    | 32,9    |
| 15,5                         | 162,1      | 55        | 24,7           | 14,9              | 4,5             | 55,5    | 23,7    | 31,8    |
| 18,5                         | 164        | 57        | 25             | 14,9              | 4,4             | 55,2    | 23,5    | 31,7    |

**Tabla 4.** Valores de referencia de composición corporal en niños.<sup>36</sup> ACT: agua corporal total, AEC: agua extracelular, AIC: agua intracelular.

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Schaefer</b>    | $[(0.65)(Talla \text{ en } cm^2/impedancia)] + [(0.68)(edad \text{ en años})+0.15]$   |
| <b>Pietrobelli</b> | Hombres: $(0.6375)(Talla \text{ en } cm^2/impedancia) + 5.9913$<br>Mujeres: $(0.7597)(Talla \text{ en } cm^2/impedancia) + 3.5853$                    |
| <b>Tyrell</b>      | $[(0.31)(Talla \text{ en } cm^2/impedancia)+0.17] \times [(Talla+(0.11 \times peso) + (0.942)(2 \text{ en hombres y } 1 \text{ en mujeres} - 14.96)]$ |

**Tabla 5.** Ecuaciones de Schaefer<sup>29</sup>, Pietrobelli<sup>30</sup> y Tyrell<sup>31</sup>.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

| Actividades                     | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Búsqueda bibliográfica          | X   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Marco teórico                   |     | X   | X   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Justificación, objetivos        |     |     |     | X   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Material y métodos              |     |     |     |     | X   |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Plan de análisis                |     |     |     |     |     | X   |     |     |     |     |     |     |     |
| Recolección de información      |     |     |     |     |     |     | X   | X   | X   |     |     |     |     |
| Procesamiento de la información |     |     |     |     |     |     |     |     |     | X   | X   |     |     |
| Análisis de la información      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | X   |     |
| Redacción de la tesis           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | X   |
| Presentación de la tesis        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | X   |