



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS MÉDICAS,
ODONTOLÓGICAS Y DE LA SALUD

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD
CAMPO DISCIPLINARIO DE EPIDEMIOLOGÍA CLÍNICA

**CORRELACIÓN DE LA MASA MUSCULAR APENDICULAR OBTENIDA A
TRAVÉS DE DXA EN COMPARACIÓN CON LA OBTENIDA POR MEDIDAS
ANTROPOMÉTRICAS EN SUJETOS PEDIÁTRICOS SANOS DE 5 A 20
AÑOS DE EDAD**

TESIS

PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS

PRESENTA
L.N.C.A. MONTSERRAT BELLO QUIROZ

TUTORA: DRA. PATRICIA CLARK
UNIDAD DE EPIDEMIOLOGIA CLINICA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, ABRIL 2018



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.

Índice

MARCO TEORICO	3
ESTADO DE NUTRICIÓN	3
EVALUACIÓN DEL ESTADO DE NUTRICIÓN	4
COMPOSICIÓN CORPORAL	8
MODELOS DE COMPOSICIÓN CORPORAL	9
MASA GRASA	15
MASA MUSCULAR	15
Músculo y tipos de músculos	16
Funciones del músculo esquelético	16
Cambios en la masa muscular en las diferentes etapas de la vida o durante el crecimiento	17
Efectos de masa muscular deficiente	18
Beneficios de presentar masa muscular adecuada	19
MASA MUSCULAR APENDICULAR	20
ANTECEDENTES	21
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
JUSTIFICACIÓN	28
PREGUNTA DE INVESTIGACION	29
OBJETIVOS:	29
Objetivo General	29
Objetivos Específicos:	29
MATERIAL Y METODOS	30
TAMAÑO DE MUESTRA	30
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	31
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	31
DEFINICION DE VARIABLES	33
METODOLOGIA	35
DESCRIPCION DEL ESTUDIO	35
DESCRIPCION DE LA MANIOBRA	35
ANALISIS ESTADISTICO	38
CONSIDERACIONES ETICAS	38
RESULTADOS	39
DISCUSION	55
CONCLUSIONES	61
REFERENCIAS	63

MARCO TEORICO

Desde hace algunas décadas se han observado cambios importantes en la composición corporal de las poblaciones. En México, el bajo peso no ha dejado de ser un problema de salud importante, al cual se ha agregado el sobrepeso y la obesidad en cifras alarmantes.

Actualmente se estima que 2.8% de los niños menores de 5 años de edad presentan bajo peso, 13.6% talla baja y 1.6% emaciación. La talla baja es reflejo de los efectos negativos acumulados a lo largo del tiempo; el retardo en el crecimiento lineal ha tenido disminución en la población escolar del 26.9% a 13.6%, pero a pesar de que se observa una clara y significativa disminución de las diferentes formas de desnutrición, en nuestro país estas condiciones continúan presentes. (1,2)

La evidencia indica que México ocupa el primer lugar a nivel mundial en obesidad infantil. La prevalencia de sobrepeso y obesidad en menores de cinco años se ha incrementado de 7.8% a 9.7%; para la población escolar (5 a 11 años de edad), la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad de acuerdo a los criterios de la OMS en 2012 fue de 34.4% (19.8 y 14.6% para obesidad), mas prevalente en el sexo masculino (36.9%) que en el femenino (32%). Estas cifras se han mantenido prácticamente sin cambios de 2006 a 2012 con algunas variaciones por sexo en relación con sobrepeso y obesidad. (1)

En la adolescencia, uno de cada cinco adolescentes tiene sobrepeso y uno de cada diez obesidad, esto indica que la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad en adolescentes fue de 35.8% para el sexo femenino y 34.1% en el sexo masculino.(1)

Las cifras de desnutrición continúan siendo alarmantes en algunos sectores de la población. En el grupo de cinco a catorce años, la desnutrición crónica es de 7.25% en las poblaciones urbanas cifra que se duplica en poblaciones rurales.

La desnutrición afecta principalmente a la región sur y la obesidad, en el norte, sin embargo ambas se extienden a lo largo de todo el territorio mexicano, poniendo de manifiesto la necesidad de aumentar los refuerzos en el diagnóstico temprano de ambas así como en promover una dieta adecuada. (3) Los esfuerzos encaminados al diagnóstico temprano con herramientas sencillas como la antropometría nos permiten hacer un diagnóstico nutricional adecuado, son accesibles y de fácil uso además de poder ser utilizadas para el diagnóstico oportuno de estas afecciones en el primer nivel de atención. (4)

ESTADO DE NUTRICIÓN

El estado de nutrición es la condición resultante de la ingestión, digestión y utilización de los nutrientes y afecta cada aspecto de la salud del niño, incluyendo su crecimiento y desarrollo normal, la actividad física y su respuesta a enfermedades. Los factores que influyen en el estado

nutricional son diferentes en países desarrollados y en desarrollo. Una precisa evaluación del estado nutricional debe ser parte integral del cuidado universal pediátrico, por lo que todos los niños deben ser examinados rutinariamente para detectar anomalías del crecimiento . (5)

EVALUACIÓN DEL ESTADO DE NUTRICIÓN

La evaluación del estado de nutrición es la interpretación de la información obtenida de estudios clínicos, dietéticos, bioquímicos y antropométricos con el fin de conocer el estado de salud determinado a partir del consumo y utilización de los nutrientes de los sujetos o grupos de población.

Los objetivos de la evaluación del estado de nutrición son:

- Conocer el estado nutricional del individuo
 - Conocer los agentes causales del estado de nutrición
 - Detectar los individuos en riesgo de deficiencias y/o excesos
 - Medir el impacto que tienen los alimentos en el estado de nutrición como factor determinante
- (6)

La evaluación del estado de nutrición requiere de varios elementos para su aplicación:

- La obtención de datos e información por parte del individuo evaluado
- Realización de una serie de pruebas y mediciones
- Aplicación ordenada y sistemática de los mismos
- Evaluación e interpretación de los datos, informaciones, mediciones y pruebas obtenidas.
- El establecimiento de un diagnóstico sobre el estado de nutrición del sujeto evaluado.

Para realizar y aplicar los elementos antes mencionados existen cuatro indicadores (bioquímicos, clínicos, dietéticos y antropométricos) que en conjunto permiten evaluar el estado de nutrición los cuales se describen a continuación:

1. Evaluación bioquímica

Permite detectar deficiencias o excesos de ciertos nutrientes, así como alteraciones mucho antes de que se vean reflejados en los indicadores antropométricos y clínicos. Los indicadores bioquímicos incluyen pruebas físicas, bioquímicas, moleculares, microscópicas y de laboratorio que complementan la información obtenida con los demás indicadores y proporcionan información objetiva y cuantitativa del estado de nutrición. Las muestras para realizar las pruebas pueden obtenerse de tejidos, células, fluidos y desechos corporales.

La interpretación acertada de los datos bioquímicos implica conocer adecuadamente la prueba o examen solicitado, así como los factores nutricionales y no nutricionales que inciden en ellos. Los indicadores bioquímicos evalúan: reservas de nutrientes, concentraciones plasmáticas de los mismos,

excreción de nutrimentos o de metabolitos por orina o heces y pruebas funcionales. Estos indicadores se utilizan para confirmar el diagnóstico nutricional, validar indicadores dietéticos, estimar disponibilidad de nutrimentos y/o monitorear la respuesta al tratamiento nutricional. (6)

2. Evaluación Clínica

Incluye la valoración del estado general del sujeto pediátrico y realiza a través de una entrevista con la finalidad de obtener una historia nutricional que debe contener varios puntos como datos generales del paciente, motivo de consulta, antecedentes familiares, antecedentes patológicos personales, factores que pueden afectar el estado de nutrición (signos y síntomas actuales, cirugías, etc.), estado de salud actual, historia dietética, examen físico, manifestaciones físicas de excesos y deficiencias de nutrimentos. Mediante el examen físico se detectan signos relacionados con deficiencias de nutrimentos que no pueden identificarse con los demás indicadores como son los cambios relacionados con la nutrición deficiente y que pueden observarse en piel, cabello, mucosa, entre otros. También es útil para valorar cambios en la composición corporal, como los cambios en grasa subcutánea o masa muscular. (6,7)

3. Evaluación Dietética

El objetivo de esta evaluación es conocer los hábitos alimentarios del paciente así como estimar la cantidad y calidad de los alimentos de la dieta de un individuo comparándolos con los lineamientos establecidos de la alimentación correcta. La evaluación dietética se puede realizar cualitativamente observando si la dieta es completa, variada, inocua y adecuada o cuantitativamente cuando se evalúan características tales como dieta equilibrada y suficiente. (6) La evaluación dietética no permite hacer un diagnóstico del estado de nutrición; sin embargo, orienta sobre el riesgo de presentar alteraciones nutricionales. (8)

Esta evaluación se utiliza también para estimar el consumo de nutrimentos y compararlo con las recomendaciones específicas por grupo de edad, sexo y estado fisiopatológico. Una encuesta dietética debe ser representativa de la alimentación típica de un individuo y los datos recolectados deben ser confiables, reproducibles y susceptibles de validación. Se debe considerar si el entrevistado está involucrado o no en la preparación de alimentos. En el caso de pacientes pediátricos, es indispensable obtener información de un adulto que indique cómo se preparan los alimentos. (8)

4. Evaluación Antropométrica

La evaluación antropométrica se refiere a las medidas de las dimensiones del cuerpo (tamaño corporal, talla, forma de cuerpo) y composición obtenida en un sujeto en diferentes edades y estados

fisiológicos. Estas medidas permiten hacer inferencias de composición corporal, crecimiento y desarrollo físico. La evaluación antropométrica es fácil, de bajo costo, no invasiva y determina el estado nutricional en el corto y largo término. (5,9)

Estas medidas no son invasivas y pueden ser realizadas con instrumentos simples, se requiere entrenamiento para asegurar precisión y medidas reproducibles. Numerosas medidas antropométricas son usadas en la evaluación del estado nutricional, porque ninguna medida por si sola es suficiente en la caracterización completa del estado nutricional. Para llevar a cabo estas medidas, se debe utilizar equipo adecuado el cual debe revisarse regularmente para tener exactitud. Cuando las medidas antropométricas son evaluadas bajo estas condiciones y comparadas con referencias estándar, el clínico puede conocer seguimiento y progreso en pacientes individualmente.(9)

Entre los indicadores antropométricos más utilizados en sujetos pediátricos tenemos los siguientes:

- **Peso:** Las medidas de peso son las más fáciles de obtener y se pueden realizar en cada visita. Los incrementos de peso son importantes para evaluar cambios en el estado nutricional. (9)
- **Talla o Estatura:** el crecimiento lineal refleja la historia nutricional del paciente y herencia; puede ayudar a distinguir entre problemas nutricionales de largo y corto plazo.

Para interpretar el peso y la talla, es necesario construir índices antropométricos que son combinaciones de medidas.(6) Estos índices antropométricos deben tener una interpretación dinámica debido a que una medición aislada no tiene significado, por lo que se tienen que relacionar con las demás características del individuo como la edad, peso, talla y/o sexo. Por ejemplo, al combinar la talla con el peso, se puede obtener el peso para la talla o el índice de masa corporal (IMC).(10,11) Dentro de los índices antropométricos derivados de peso y talla más utilizados tenemos los siguientes:

- **Peso para la edad (P/E):** refleja la masa corporal alcanzada en relación con la edad cronológica. Es un índice compuesto, influenciado por la estatura y el peso relativo. Los puntos de corte fueron establecidos por Gómez(12), sin embargo, el P/E solo toma en cuenta el déficit de peso no lo relaciona con la estatura.
- **Peso para la talla (P/T):** provee una evaluación nutricional del peso en relación con la estatura. Define la probabilidad de la masa corporal, independientemente de la edad. El peso/talla es más significativo que peso para la edad cronológica, se utiliza para diferenciar al que presenta emaciación del que presenta desmedro o ambos de acuerdo a los puntos de corte los cuales fueron establecidos por Waterlow al igual que los de talla para la edad. (9,11,13)

- Talla para la edad (T/E): refleja el crecimiento lineal alcanzado en relación con la edad cronológica y sus déficits. Se relaciona con alteraciones del estado nutricional y salud a largo plazo previo del estado nutricional, esto debido a que la estatura usualmente responde más lentamente que el peso a influencias nutricionales negativas y porque conforme la nutrición y la salud mejora, la recuperación en crecimiento de la talla no siempre ocurre. (11,13)

Es importante evaluar los índices antropométricos con los patrones de referencia de la población ya sea en percentiles o puntuaciones Z. En particular para sujetos pediátricos idealmente se deben usar datos de referencia locales, sin embargo a falta de ellas habitualmente se comparan con datos de referencia establecidos por CDC y OMS. (10)

Puntos de corte establecidos por Gómez y Waterlow

Categoría	Gómez (12)	Waterlow(13)	
	%PE	%PT	%TE
Normal	91-110	90-110	96-105
Leve	90-76	89-80	95-90
Moderada	75-60	79-70	89-85
Grave	<60	<70	<85

- Índice de Masa corporal (IMC): es una medida del peso corporal ajustada por talla, es definida como el peso en kilogramos, dividido entre la estura al cuadrado en metros. (9,11,14) El IMC, es la herramienta de diagnóstico más frecuentemente usada en la clasificación de sobrepeso y obesidad teniendo la ventaja de ser un método de fácil obtención al únicamente necesitar el peso y la talla para su cálculo. (15) Correlaciona con la grasa corporal total en niños ($r=0.967$), también correlaciona con la futura adiposidad y riesgos de salud concurrentes, especialmente factores de riesgo cardiovascular. (14,16) Para los niños, la distribución del IMC cambia con la edad, al igual que cambian las distribuciones de estatura y el peso por lo que a diferencia de los adultos, en niños, se utilizan percentiles específicos para la edad y género que definen bajo peso, peso saludable, sobrepeso y obesidad con los puntos de corte que se describen a continuación: (14,17)

Terminología apropiada para el diagnóstico con IMC en niños de 0 a 2 años de edad

%PT	Diagnóstico nutricional
>P95	Sobrepeso
No se utiliza el término obesidad en este grupo	

El termino sobrepeso se debe utilizar para niños con peso para la talla por arriba del percentil 95. El término obesidad no es utilizado en este grupo de edad.

Terminología apropiada para el diagnóstico con IMC en niños de 2 a 18 años de edad

IMC Percentil	Diagnóstico Nutricional
<P5	Bajo peso
P5-P84	Peso saludable
>P85-P94	Sobrepeso
>P95	Obesidad
>P99	Obesidad extrema o severa

Estos puntos de corte son muy útiles en estudios epidemiológicos, pero a pesar de su amplio uso, el IMC es sólo una medida sustitutiva o “proxy” de la grasa corporal y no proporciona una medida exacta de los diferentes compartimentos que conforman la composición corporal como lo son la masa magra, musculo esquelético y masa ósea. Además, el uso del IMC para diagnosticar obesidad y/o sobrepeso en la practica clínica subestima la verdadera prevalencia de esta condición debido a que una persona con el mismo peso puede presentar mayor masa magra que masa grasa y ser diagnosticado con sobrepeso u obesidad, y una persona con adecuado IMC puede ser diagnosticada con peso normal cuando en realidad presenta obesidad de acuerdo al exceso de masa grasa. Un relevante número de sujetos obesos en riesgo se diagnostican inadecuadamente por medio del IMC por lo que las oportunidades para la instauración de un adecuado tratamiento puede no realizarse. (15)

Por tal motivo, debido a la nula funcionalidad del IMC para diferenciar los compartimentos corporales se ha recurrido a la evaluación de la composición corporal.

COMPOSICIÓN CORPORAL

La composición corporal es un componente esencial de la evaluación nutricia(9). El crecimiento en la infancia, niñez y adolescencia es una consecuencia del incremento del tamaño y número de células. Como se mencionó anteriormente, esto es comúnmente evaluado por peso y talla, sin embargo, los compartimentos de músculo, grasa y hueso también sufren alteraciones en la cantidad total y absoluta de las proporciones de lípidos, proteínas, agua y minerales por lo que se debe evaluar la composición corporal. Los cambios en la cantidad y proporción de los componentes de grasa y masa libre de grasa en niños son significativos por lo que las medidas de composición corporal durante el crecimiento y desarrollo proveen información más detallada acerca del estado nutricional que el peso y la talla debido a que los compartimentos corporales son indicativos de las reservas nutricionales.(5) Estas consideraciones en la composición corporal son importantes para determinar el modo apropiado en que debe realizarse la evaluación nutricional, especialmente en niños que tienen necesidades nutricias inusuales como resultado de estados de enfermedad o tratamiento médico.

Para llevar a cabo un adecuado análisis de la composición corporal es necesario delimitar la composición del cuerpo humano en función de sus diferentes componentes, fraccionamiento del que resultan distintos modelos de composición corporal basados en compartimentos. (18)

MODELOS DE COMPOSICIÓN CORPORAL

A. Modelo de dos compartimentos

El modelo de dos compartimentos (2-C), es el más utilizado para el análisis de la composición corporal en seres humanos. El cuerpo es dividido en dos partes, una consiste en la grasa corporal o masa grasa (MG) y todos los tejidos remanentes son agrupados en la parte conocida como masa libre de grasa (MLG), esto es considerando dos compartimentos a nivel tisular. La medición directa de la masa grasa corporal nunca ha sido fácil y sigue siendo un reto importante para la mayoría de las técnicas de composición corporal. Si se puede determinar la MLG total, entonces la grasa corporal puede ser definida indirectamente como la diferencia entre el peso corporal y la MLG. El modelo 2-C ha sido utilizado en la composición corporal por más de 50 años y continúa siendo de utilidad especialmente en la evaluación de las nuevas tecnologías enfocadas en la evaluación de la grasa corporal. Los modelos de 2-C más frecuentemente utilizados son basados en la medida de la densidad corporal total por medio de la hidrodensitometría, la antropometría, el potasio corporal total y la dilución con agua radiactiva, siendo los dos últimos los que requieren tecnología más sofisticada. Para evaluar la grasa corporal se tiene que obtener la MLG ya sea por el contenido de agua o de potasio.(18,19)

B. Modelo de tres compartimentos

Para reducir las limitaciones del modelo de 2-C, se expandió a la configuración de tres compartimentos (3-C), incluyendo a la hidrodensitometría la medida del agua corporal total usualmente con el método de dilución de isótopos. En este modelo, la MLG es dividida en dos partes, en el contenido de agua y los sólidos remanentes (predominantemente proteínas y minerales). Para este modelo de 3-C, la densidad del agua, grasa y sólidos es utilizada. Los resultados obtenidos usando este modelo proveen mejoras sobre el modelo básico de 2-C. (19)

C. Modelo de cuatro compartimentos

Para extender el modelo básico de 2-C a 4 compartimentos (4-C), se necesita una medición precisa de los compartimentos de proteína y minerales adicional del agua corporal total. Para esto, las densidades de la proteína corporal y mineral ósea son utilizadas. Para obtener la medida de masa de cada uno de esos compartimentos, dos mediciones adicionales (análisis por activación de neutrones para la proteína corporal y la absorciometría de Energía Dual de rayos X (DXA) para el contenido

mineral óseo) son necesarias. Estas mediciones pueden obtener la MG sin la necesidad de la hidrodensitometría o peso bajo el agua. (19)

D. Modelos multicompartimentales

Con otras medidas adicionales puede ser posible extender el número de compartimentos en el modelo de composición corporal. Cada medida adicional puede ser composicionalmente independiente de las medidas previas. Por ejemplo, una medida del cloro corporal total puede ser utilizada en lugar del método de dilución de bromuro para la estimación del volumen de agua extra corporal (VAEC). Sin embargo, si ambos métodos son utilizados al mismo tiempo, no se obtiene información adicional del VAEC. Por otro lado, si esas medidas son realizadas se puede obtener por separado confirmaciones del VAEC que no puede obtenerse con una técnica de medición simple. Es decir si solo se utiliza un método, entonces hay limitaciones técnicas o limitaciones del modelo resultando en incremento en la incertidumbre asociada con ese método.

La literatura muestra que ha existido un proceso evolutivo del modelo clásico de 2-C al presente de 4-C para la composición corporal. Sin embargo el modelo de 5 compartimentos ilustrado en la figura siguiente ha sido utilizado como estándar en la investigación de la composición corporal. Los cinco niveles del modelo son los siguientes: elemental, molecular, celular, sistemas y tejidos, y cuerpo total.

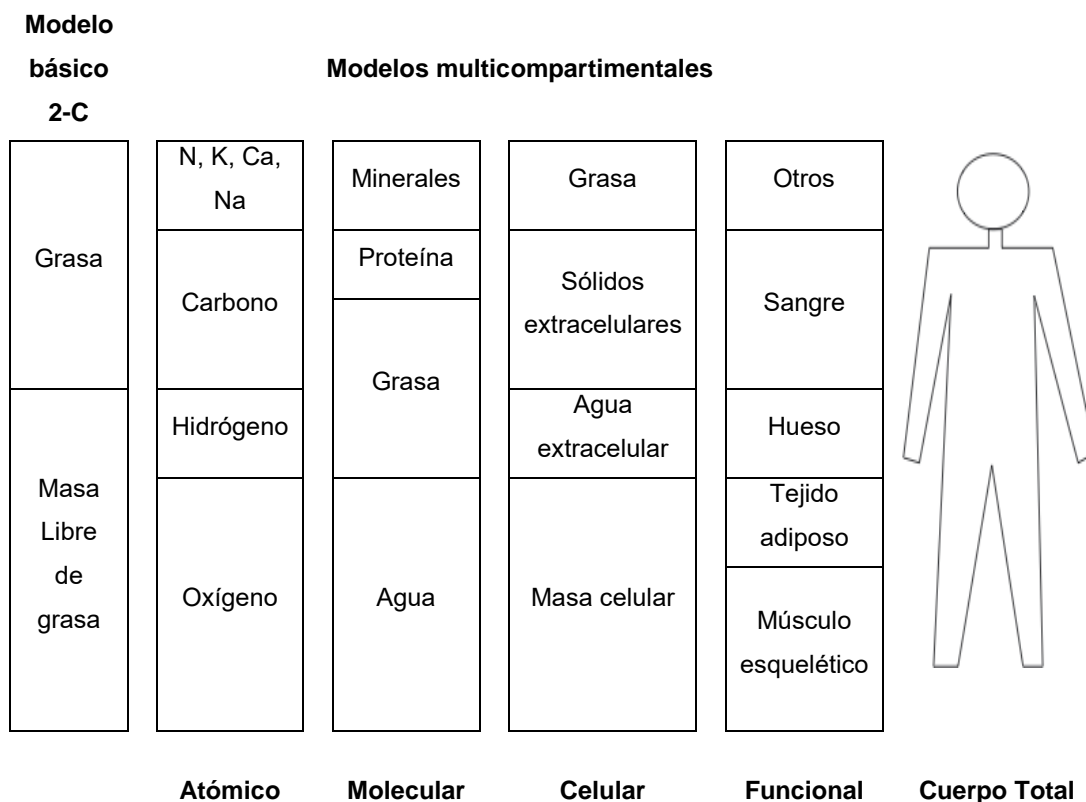


Figura 1. Modelo básico de dos compartimentos y modelo de cinco niveles multicompartimentales de la composición corporal. Modificado de Ellis KJ. Human body composition: in vivo methods. Physiol Rev. 2000(19)

METODOS PARA EVALUAR LA COMPOSICION CORPORAL

Existen diversos métodos disponibles para la evaluación de la composición corporal durante el crecimiento y desarrollo midiendo los compartimentos tisulares por medio de modelos los cuales como se mencionó anteriormente pueden ser de dos compartimentos (grasa y masa libre de grasa) o tres compartimentos (grasa, masa libre de grasa y hueso) (5) descritos a continuación:

Métodos	Principio	Ventajas	Desventajas	Costo
Peso bajo el agua o hidrodensitometría	Válido para estimar el porcentaje de grasa corporal basado en asumir que el cuerpo se compone principalmente de grasa y tejido libre de grasa con diferentes densidades. Medición del volumen corporal basado en el principio de Arquímedes: el sujeto se sumerge en un tanque de agua, el agua desplazada por el peso del sujeto es utilizado para calcular la densidad del cuerpo completo por medio de la masa y el volumen(19-21)	Considerado entre las técnicas más confiables disponibles en la medición de la densidad corporal.	Se necesita estricta medición del volumen de agua desplazado lo cual puede ser complicado No diferencia entre músculo y hueso	
Antropometría	Permite obtener un aproximado de la masa muscular y de la masa grasa. En sujetos pediátricos las medidas antropométricas más utilizadas son: Pliegue cutáneo tricéptico (PCT): método sencillo para vigilar cambios en la grasa del miembro superior, informa acerca de la energía corporal almacenada, representa una aproximación a la reserva grasa a nivel corporal. Circunferencia media de brazo (CMB): indicador sobre el contenido de masa muscular y grasa. Referencia del crecimiento y desarrollo físico y aumento de reservas corporales. Indicador sensible a cambios en la grasa subcutánea y músculo. Combinando el PCT con la CMB se puede obtener el área grasa y área muscular. (7,22)	Fácilmente disponible Muy bajo costo Inofensivo	Baja reproducibilidad si no se estandariza el evaluador	Plicómetro \$5000 Cinta \$ 342
Dilución de isótopos	Estima el tamaño de varios compartimentos del cuerpo por medio de deuterio u oxígeno 18. Mide el agua corporal total en lactantes y niños. Se administra de manera oral y la concentración de isótopo es determinada en fluidos corporales.(5)	Fácil aplicación	Costo elevado	1 litro de deuterio \$ 1641 dls
Tomografía Axial Computarizada	Evalúa el depósito de grasa subcutánea e intra-abdominal.	Evaluación de la masa libre de grasa por análisis regional de la tercera	Exposición a rayos X No transportable Se requiere software	No ético por radiación

		vertebra lumbar validado contra DXA Integración en el cuidado de rutina durante el seguimiento de la enfermedad (hepatopatías, cáncer)	específico para la evaluación de la masa libre de grasa.	
Resonancia Magnética	Mide el tamaño de órganos viscerales, esqueleto, cantidad y distribución de grasa abdominal. (20)	No utiliza radiación ionizante	Costosa	Cuerpo completo: \$36 000 Disponibilidad limitada.
Impedancia bioeléctrica	El agua y electrolitos en el cuerpo presentan propiedades eléctricas que pueden ser medidas por la estimación de ACT y masa libre de grasa(MLG). El sujeto pasa por una bobina con energía electromagnética causando alteraciones en la conductancia de la misma. Un largo componente de la alta conductividad indica MLG y un mínimo componente de la pobre conductividad MG. Estas medidas son convertidas en estimaciones de la composición corporal por medio de ecuaciones predictoras. (5)	Trabaja adecuadamente: para sujetos sanos y enfermedades crónicas Validado con DXA, ecuación por edad, sexo, raza e IMC Transversal de seguimiento incluso en pacientes con IMC extremo No invasivo Variaciones inter-observador muy limitadas Relativamente barato Cálculo del ángulo de fase para la evaluación pronostica No radiación ionizante	No recomendado para hidratación anormal (pérdida de fluidos, deshidratación) retención (sobre hidratación) Ecuaciones tienen que ser específicas para la población	Seca mBCA525 \$ 150 000 Seca mBCA 514: \$250 000
Absorciometría de Energía Dual de rayos X (DXA)	Permite medir de manera no invasiva y directa tres componentes de la composición corporal: masa libre de grasa (incluida la masa mineral ósea), y masa grasa. (23)	Método de referencia para la práctica clínica Reproducible Exposición rayos X muy baja	Poca accesibilidad Entrenamiento del operador requerido	General Electric: \$990 000

		en comparación con otros métodos (0.3mrad) (23)	Alto costo No transportable	
--	--	---	--------------------------------	--

Los métodos antes mencionados para evaluar la composición corporal a pesar de ser técnicas especializadas, tienen la desventaja de requerir condiciones específicas para su uso, ser de difícil acceso, limitados y de alto costo por lo que no es posible utilizarlos en la práctica clínica diaria en primer nivel de atención a excepción de la antropometría que tiene la ventaja de ser un método no invasivo, de bajo costo y permite obtener de manera rápida un estimado por medio de cálculos de la masa grasa y magra por con el modelo de 2 compartimentos. (8,24)

MASA GRASA

La importancia de valorar la masa grasa es bien conocida; el sobrepeso y la obesidad se definen como una acumulación anormal o excesiva de tejido graso que puede ser perjudicial para la salud. La literatura reporta que los sujetos con estado de adiposidad consistentemente alta desde la infancia se ha asociado con incremento en el riesgo de presentar diabetes tipo 2 (RR 5.4, IC 95% 3.4 – 8.5), hipertensión (RR 2.7, IC 95%, 2.2 – 3.3), niveles elevados de lipoproteínas de baja densidad (RR, 1.8 IC 95%, 1.4 - 2.3), lipoproteínas de alta densidad reducidas (RR, 2.1; IC 95%, 1.8- 2.5), triglicéridos elevados (RR, 3.0; IC 95%, 2.4- 3.8) ($P < 0.002$) en la edad adulta lo cual incrementa el riesgo cardiovascular y la presencia de muerte prematura así como los años de vida libres de enfermedad. . (25)

Es importante señalar que la mayoría de los estudios en población pediátrica que utilizan la antropometría como un estimador de la composición corporal han sido validados respecto a la masa grasa con métodos especializados sin embargo los enfocados a la masa muscular son pocos y han sido realizados en población adulta.

MASA MUSCULAR

La masa muscular tiene importantes funciones metabólicas que influyen la salud y bienestar.(26) El músculo esquelético es un gran e importante compartimento corporal en niños y adolescentes, incrementa durante el crecimiento, y con los dimorfismos sexuales que aparecen durante la adolescencia presenta un incremento que persiste durante la vida adulta en la cual puede alcanzar su máximo desarrollo. (27)

Músculo y tipos de músculos

El sistema muscular es el conjunto de más de 600 músculos que existen en el cuerpo humano, la función de la mayoría de ellos es producir movimientos de las partes del cuerpo. El sistema muscular forma un equilibrio al estabilizar la posición del cuerpo, producir movimiento, regular el volumen de los órganos, movilizar sustancias dentro del cuerpo y producir calor.

El músculo es un órgano contráctil que determina la forma y el contorno de nuestro cuerpo. Cuenta con células capaces de elongarse a lo largo de su eje de concentración.

La masa muscular representa de un 35% a un 50% del peso corporal. El 75% del músculo esquelético está formado por agua, 20% proteína y 5% por sales inorgánicas y otras sustancias como fosfatos de alta energía, ácido láctico, enzimas, minerales (calcio, fósforo, magnesio) iones de sodio, potasio, grasas e hidratos de carbono.

En general, la masa muscular dependerá del balance entre la síntesis y degradación de proteínas y ambos procesos son sensibles a diversos factores como el estado de nutrición, balance hormonal, actividad física, ejercicio, lesión o enfermedad entre otros. (28)

Existen tres tipos de tejido muscular que conforman tres tipos de músculo :

- *Músculo liso o visceral*: se describe como visceral o involuntario, forma parte de numerosos conductos del cuerpo como las paredes de los vasos sanguíneos y linfáticos, tubo digestivo, vías respiratorias, vejiga, vías biliares y útero.
- *Músculo cardíaco*: encargado de realizar la contracción rítmica y continua del corazón. Se encuentra exclusivamente en la pared del corazón, no está bajo control voluntario sino por automatismo. Entre las capas de las fibras musculares cardíacas, las células contráctiles del corazón, se ubican láminas de tejido conectivo que contienen vasos sanguíneos, nervio y el sistema de conducción del corazón
- *Tejido muscular esquelético*. Músculo voluntario o estriado, se contrae de forma voluntaria. Son los músculos unidos al esqueleto que ocasionan que estos se muevan. Comprende aproximadamente el 40% del peso corporal total y contiene entre 50 y 75% de las proteínas corporales totales y conforma cerca del 30 al 50% del recambio proteico corporal total. Para el objetivo de este proyecto nos enfocaremos en la masa muscular apendicular que forma parte del tejido músculo esquelético.(28)

Funciones del músculo esquelético

Desde el punto de vista mecánico, la principal función del músculo esquelético es convertir la energía química en mecánica para generar fuerza, mantener la postura y producir movimientos que influyen en la actividad; los músculos permiten la participación en el entorno social y ocupacional, mantienen o mejoran la salud y contribuyen a una independencia funcional.

En cuanto a la perspectiva metabólica, el papel del músculo esquelético incluye una contribución de energía en el metabolismo basal, sirviendo como almacenamiento de importantes sustratos como aminoácidos, hidratos de carbono y producción de calor para mantener la temperatura corporal así como el consumo de la mayor parte de oxígeno y combustible utilizados durante la actividad física y ejercicio. El músculo esquelético es de particular interés debido a que desempeña un papel como reservorio de aminoácidos que necesitan otros tejidos tales como la piel, el cerebro y el corazón para la síntesis de proteínas específicas. Además la liberación de aminoácidos del músculo contribuye a mantener los niveles de glucosa en sangre en condiciones de inanición.

El sistema músculo esquelético se considera un sitio importante en el metabolismo de glucosa mediada por la insulina y por lo tanto un tejido clave en la homeostasis de glucosa corporal total, con resistencia a la insulina en este sitio siendo particularmente importante.

La masa muscular es de importante relevancia para la prevención de enfermedades y mantenimiento de la salud debido a que si se encuentra reducida se altera la capacidad del cuerpo para responder a estrés o enfermedades crónicas. (28,29)

Cambios en la masa muscular en las diferentes etapas de la vida o durante el crecimiento

El músculo es el tejido más extenso y el tejido que más consume energía del cuerpo humano; como se mencionó anteriormente, provee la fuerza que se requiere para el movimiento y actividad física.

La niñez y adolescencia son periodos de rápida acumulación de músculo esquelético seguidos por una fase relativamente estable hasta la edad adulta media. (30)

La masa muscular esquelética muestra curvas de crecimiento similares las de peso y talla. El músculo forma el 25% del peso corporal del neonato pero el 40% del peso corporal de un adulto del sexo masculino. Esto es alcanzado únicamente por la hipertrofia. El crecimiento del músculo es más o menos constante durante la infancia sin embargo hay un incremento rápido en la adolescencia. Relativamente, la masa muscular incrementa desde 42 a 54% en los niños de 5 a 17 años y en niñas incrementa de 40 a 45% entre los 5 y los 13 años.

La velocidad máxima del crecimiento de la masa magra en niños es cerca de los 17 años, pero el valor máximo es alcanzado aproximadamente hasta los 20 años. En niñas esta velocidad máxima ocurre en

promedio entre los 15 y 16 años, sin embargo puede variar por diversos factores como genética, actividad física y nutrición.

De acuerdo a la literatura, la contribución proporcional del músculo esquelético al peso corporal en las diferentes etapas de desarrollo se reportan de la siguiente manera(31):

Estadio	% Peso corporal
Recién Nacido y Lactante	21
Preescolar y escolar	18
Adolescencia	36
Adultos	45
Adulto mayor	27

Los niños exhiben un incremento lineal gradual de fuerza muscular desde los 3 años de edad hasta la pubertad y hasta cerca de los 15 años para las niñas. Estos cambios, están fuertemente asociados con cambios en el tamaño corporal y fundamentalmente con las habilidades de movimiento. Después de este tiempo, los niños muestran una dramática aceleración de la fuerza muscular hasta la edad de 17 años y las niñas muestran una pronunciada estabilización en la adolescencia tardía. En los varones, la producción creciente de testosterona y andrógenos origina un incremento significativo de la masa muscular, casi se duplica entre los 10 y 17 años, mientras que en las mujeres los estrógenos y progesterona estimulan mayor depósito de grasa. (8) Similarmente, durante la niñez, ambos, niñas y niños presentan mejoras graduales en la resistencia muscular local, exhibiendo similares niveles de resistencia. Un sistema músculo esquelético más fuerte permitirá al cuerpo movimientos más eficientes y efectivos y pueden disminuir la susceptibilidad a presentar heridas relacionadas al deporte y/o ejercicio. (29)

Efectos de masa muscular deficiente

La masa muscular puede variar por diversas razones como son diferencias entre individuos, factores genéticos, entrenamiento y enfermedad por mencionar algunos de ellos . En la edad adulta, las reducciones en la masa muscular esquelética se estiman de 1 a 2% por año y de 3 a 8% por década después de los 30 años de edad presentando aún mayor disminución a los 60 años. En general, la disminución de la masa muscular conlleva a pérdida de la función física y metabólica y puede ser debido a lesiones locales, denervación, enfermedad sistémica e inflamación crónica o como resultado de la edad combinado con un estilo de vida sedentario.(32–34)

A continuación se mencionan algunas de las consecuencias que ocasiona la presencia de masa muscular disminuida de acuerdo a lo reportado en la literatura:

- La masa muscular disminuida se asocia con riesgo metabólico y la fuerza muscular se relaciona positivamente con una mayor sensibilidad a la insulina en niños y adolescentes.(35,36)
- Recientemente Burrows realizó un estudio en adolescentes chilenos en el cual reporta que la masa muscular disminuida se asocia con valores más elevados de: circunferencia de cintura, presión arterial, triglicéridos, colesterol total e índice HOMA, es decir los adolescentes que tuvieron masa muscular deficiente presentaron mayor riesgo cardiometabólico independientemente del peso. (37) Lo anterior había sido previamente reportado la literatura en adolescentes de Corea en donde, de acuerdo a la encuesta Nacional de Salud y Nutrición del 2009 , la masa muscular disminuida incrementa significativamente el riesgo de presentar síndrome metabólico (OR 5.28; 95% IC , 2.76-10.13) (38)
- Uno de los principales efectos de la edad es la pérdida involuntaria de masa muscular, fuerza y función lo cual ha sido denominado con el término sarcopenia, esta pérdida involuntaria de masa muscular, fuerza y funciones es una de las principales causas que contribuyen a discapacidad en adultos mayores debido a que incrementan el riesgo de caídas y son más vulnerables a lesionarse lo que tendrá como consecuencia dependencia y discapacidad. Esta pérdida de masa muscular es acompañada por un incremento en la masa grasa, lo que se asocia a incremento en la resistencia a la insulina. Además la densidad mineral ósea disminuye, hay reducción de la estatura y probablemente otras complicaciones como diabetes tipo 2, obesidad, enfermedades cardíacas y osteoporosis. (34,39)

Beneficios de presentar masa muscular adecuada

La masa muscular esquelética se ha correlacionado positivamente con el contenido y la densidad mineral ósea por lo que el mantenimiento adecuado de la fuerza y densidad ósea en el envejecimiento es altamente dependiente del mantenimiento de la función y masa muscular motivo por el cual es muy importante para la vida del adulto y tiene que desarrollarse de forma óptima y adecuada en las etapas previas. (40)

La masa muscular esquelética adecuada es un predictor de la masa ósea durante el crecimiento, el músculo ha sido asociado con el crecimiento óseo, especialmente cuando está acompañada por el desarrollo del músculo, que permite una mejor generación de fuerza y fijación ósea. La literatura

reporta asociación entre la masa muscular con el contenido y densidad mineral ósea debido a la carga mecánica colocada en los huesos por la masa magra. (41)

El preservar la masa muscular esquelética a lo largo del curso de la vida no solo preserva la independencia física, también confiere protección del huésped de morbilidades metabólicas tales como la resistencia a la insulina (Rizzoli et al 2013) (42)

A pesar de que se reconoce que una masa muscular esquelética disminuida tiene importancia clínica y epidemiológica(32) en el crecimiento, desarrollo y nutrición, continúa siendo difícil e impráctico cuantificarla en niños y adolescentes en el contexto clínico, es decir fuera del ámbito de investigación. (27).

MASA MUSCULAR APENDICULAR

En brazos y piernas, el tejido que no es tejido graso o tejido óseo es tejido muscular, es decir, se encuentra la mayor parte del tejido muscular, por lo que para definir el déficit muscular se utiliza la masa muscular apendicular que es la suma de la masa magra de las piernas y los brazos(43) y está relacionada fuertemente con la movilidad, deambulación, independencia funcional y consecuentemente con la realización de las actividades diarias. Las pérdidas musculares más importantes asociadas con la edad se observan en el esqueleto apendicular y como se mencionó anteriormente, esta puede mostrar descensos de 1 a 2% por año en adultos mayores (33,43) por lo que es de suma importancia conservar la masa muscular adquirida en la niñez, adolescencia y etapa adulta. Valorar el déficit de masa muscular se ve obstaculizado por la falta de un método simple que lo permita evaluar. (32)

Entre las técnicas mencionadas anteriormente disponibles para evaluar la masa muscular en humanos la resonancia magnética es el estándar de oro actual, sin embargo presenta alto costo lo que limita su uso en investigación y la práctica clínica siendo el DXA una técnica alternativa que permite medir la masa muscular de manera válida en comparación con otras técnicas como nitrógeno corporal total, la tomografía computarizada y contra la misma resonancia magnética.

El uso del DXA ha ido en incremento en los últimos años, sin embargo, a pesar de esto, en estudios de campo es impráctico debido al alto costo del equipo y la logística requerida para realizar las mediciones. Por otro lado, debido a la cantidad de ventajas y características, la antropometría ha sido una alternativa práctica para evaluar la composición corporal. (33)

Las mediciones antropométricas son simples, rápidas, seguras, no invasivas, poco costosas y requieren solo un bajo nivel de habilidad para realizarse, dando resultados inmediatos. Para que la antropometría sea práctica debe ser validada sin embargo, únicamente algunos estudios han comparado las predicciones de la antropometría con métodos específicos como el DXA y la mayor

parte de la literatura se ha enfocado en la grasa corporal con poca o nula atención en la masa muscular (44)

ANTECEDENTES

Se hizo una revisión sistemática de la literatura respecto a la masa magra obtenida por medio de medidas antropométricas y su correlación con un método especializado como el DXA en población pediátrica, sin embargo, muy pocos de los estudios encontrados se enfocan en la masa magra; se enfocan principalmente a la correlación de la masa grasa con algún método especializado. Estos estudios abarcan edades de 0 a 15 años de edad principalmente y muestran una correlación entre la masa grasa obtenida por medio de medidas obtenidas antropométricas con la masa grasa obtenida con un método especializado con una r_2 por arriba de 0.8, lo cual nos indica que las medidas antropométricas pueden predecir de manera adecuada la masa grasa siendo similares 80% a las obtenidas por medio del método especializado.

Se encontraron 6 estudios los cuales sugieren que utilizar las medidas antropométricas como un estimador de masa grasa es posible cuando no sea factible realizar el DXA, es decir, datos como los pliegues cutáneos y circunferencias nos proveen una estimación de la masa grasa con una buena correlación. La evidencia mostrada en la siguiente tabla nos sugiere que la antropometría es un buen estimador de la masa grasa, por lo que podemos inferir que puede ocurrir lo mismo con la masa muscular, sin embargo no hay suficiente evidencia respecto a la correlación entre la masa muscular y un método especializado como el DXA. A continuación se muestran los estudios que lo sustentan:

MASA GRASA					
Autor (año) País	Población y edad	Intervención	Objetivos	Resultados	Conclusiones
Gutin (45) (1996)	n = 43 Edad: 9 a 11 años	PCT, PCb, PCSe, PCSi, abdomen, muslo, pantorrilla, BIA, DXA, peso, talla	Evaluar la concordancia de porcentaje de grasa con 3 técnicas que fácilmente aplicables en niños, DXA, BIA y pliegues cutáneos.	Grasa por los tres métodos con Correlación de Spearman >0.83 DXA estima menor % de grasa en comparación con los pliegues cutáneos Los tres métodos presentaron confiabilidad 0.99 para las medidas de % de grasa. La media por DXA fue significativamente mayor que con BIVA y pliegues cutáneos tricipitales. BIVA fue menor que los otros dos métodos	La media por DXA fue significativamente mayor que en BIVA o pliegues cutáneos los cuales no difieren significativamente. Los límites de concordancia entre los métodos fue amplia para uso clínico (principalmente BIVA). DXA provee >MG que los pliegues cutáneos y BIVA Los métodos no son intercambiables
Schmelzle R.(46) (2002)	n = 104 H: 44 M: 60	Peso, talla, composición corporal medida con DXA y pliegues cutáneos (PCT, PCB, PCSi, PCSe)	Correlacionar los valores de masa grasa en neonatos y lactantes predcidos por medidas de pliegues cutáneos y compararlas con la masa grasa medida con DXA, un método de validación in vivo para determinar la grasa corporal.	Masa grasa determinada con DXA incrementa de 440 ±220 g al nacimiento a 1310 ± 450 g a los 2 meses de edad y de 2170 ± 605 g a los 4 meses de edad. Se propuso una ecuación para calcular la masa grasa en g en recién nacidos usando la suma de los pliegues y la talla. R ² = 0.948	La grasa corporal obtenida con pliegues cutáneos correlaciona con los valores determinados por DXA R ² = 0.936
Boeke (47) (2013)	n= 1100 6.9-10.9 años	Talla, peso, BIA (Tanita), PcSe, PCT, CC, Ccadera, CMB, IMC, DXA, Tanita	Determinar la extensión en que otras medidas de adiposidad se correlacionan con la masa grasa obtenida con DXA en niños en edad escolar	MG DXA <ul style="list-style-type: none"> • IMC (r_s= 0.83) • Sum pliegues (r_s= 0.90) • BIA (r_s = 0.87) • CMB (r_s= 0.87) IMC <ul style="list-style-type: none"> • CMB (r_s= 0.91) • Sum pliegues (r_s= 0.79) DXA grasa de tronco <ul style="list-style-type: none"> • CC (r_s= 0.79) IMC y pliegues explican 89% de la varianza del índice de MG de DXA comparado con 78% del IMC	IMC y pliegues una medida razonable de adiposidad en la clínica y estudios poblacionales cuando el DXA no sea posible.

				IMC baja correlación con la masa libre de grasa de DXA ($r_s = 0.69$) que con masa grasa ($r_s = 0.83$)	
Karlsson (2013)	n= 105 H: 57 M: 48 Edad: 5 años	Peso, talla, CC, IMC, RM, DXA	Investigar las diferencias de género en la distribución de grasa abdominal que están aparentemente descritas en preescolares y comparar medidas antropométricas de circunferencia de cintura con DXA y MRI en esta población.	Niños con mayor tejido adiposo visceral que las niñas (0.17vs 0.10 $p < 0.001$). El tejido adiposo visceral (VAT) correlaciona significativamente con todas las medidas de antropometría <ul style="list-style-type: none"> • DXA y CC $r = 0.93$ • VAT e IMC $r = 0.39$ ($p < 0.001$) 	MG con DXA 10% menor que con RM RM mejor método para estudiar la distribución de la grasa abdominal en niños. Antropometría mejor que DXA para evaluar el tejido visceral abdominal.
Wohlfahrt (2014)	n= 11481 n= 0 a 15 años	Talla, PCT, PCSe, PCSi, tripicado, IMC, CC DXA.	Establecer curvas de referencia nacional para %MG con DXA y calculadas con PC, CC en niños sanos, y comparar su concordancia entre los diferentes métodos.	%MG difiere con sexo, edad, estado puberal y clase social. Correlación con MG DXA: <ul style="list-style-type: none"> • MG con PC $r = 0.86$ • CC $r = 0.69$ • IMC $r = 0.78$, 	PC y %MG mostraron alta correlación y mejor concordancia con %MG con DXA identificando niños con exceso de grasa . Datos simples como PC proveen una estimación total de la MG que correlaciona mejor DXA que con IMC y CC.

MASA MUSCULAR					
Autor (año) País	Población y edad	Intervención	Objetivos	Resultados	Conclusiones
Lee (2000) Canadá	Adultos H= 135 M=109	MME medida por RM, talla, PCT, PC pantorrilla, PC muslo, IMC, circunferencias.	Desarrollar y validar modelos de predicción de masa muscular esquelética por medio de medidas antropométricas en adultos sanos	Se desarrollaron 2 modelos, para no obesos con diferentes variables, la primera con $r^2=0.91$ $p=0.0001$ y la segunda con $r^2=0.86$ $p<0.0001$	Los modelos obtenidos de utilidad en la clínica para valorar la masa muscular esquelética en adultos no obesos. Se obtuvieron 2 ecuaciones de predicción antropométrica para la masa muscular esquelética (en obesos y no obesos). Los PC y las circunferencias tienen más precisión que el peso y la talla prediciendo la MME en adultos sanos.
Bridge (2009)	n= 74 Edad 11 a 15 años	DXA, RM, Peso, talla, IMC, Tanner	Validar la masa de tejido blando magro medido con DXA con la resonancia magnética como el estándar de referencia en adolescentes sanos prepuberales.	Correlación de Spearman entre la MM con RM y el tejido magro apendicular con DXA $r^2=0.98$, índice de concordancia de 0.91. MG Correlación de Spearman de 0.98 con un índice de concordancia $c=0.97$	DXA validado para medir tejido magro en niños por correlación con RM. DXA: Potencial clínico y en investigación en enfermedades pediátricas relacionadas con la composición corporal.
Galvao (2013) Brasil (33)	n = 101 mujeres Edad: 60 a 89 años GV1= 84 GE= 60 GV2= 41	Peso, talla, PCT, PCB, PCSi, PCSe, cintura, cadera, abdomen, muslo derecho, muslo izquierdo, pantorrillas, MMAE por DXA.	Verificar y validar las ecuaciones predictivas propuestas por dos autores 1) Baumgartner y 2) Tankó así como proponer ecuaciones antropométricas simples para estimar la MMAE en mujeres de edad avanzada.	Ecuaciones presentaron alta correlación con MMA DXA $r=0.84$, $r=0.80$. Desarrollo de 10 ecuaciones antropométricas para estimar la MMAE con una $r^2=0.86$ con DXA	Ecuaciones no alcanzaron adecuadamente el criterio de validación usado como referencia. De las 10 ecuaciones desarrolladas 3 tuvieron satisfactoria capacidad de predicción y por lo tanto son útiles.
Lera (2014) Chile (43)	n = 616 adultos Edad: mayores	Dinamometría de mano, pruebas de movilidad, mediciones	Desarrollar un modelo antropométrico de predicción de MMAE en adultos mayores chilenos que puede	MMAE estimada y medida por DXA fueron similares (16.9 ± 4 vs 16.9 ± 3.7 $p>0.05$) Ecuaciones de predicción con coeficiente de validez cruzada (0.9410 y 0.9409) el modelo	Ecuación antropométrica para predecir la MMAE en adultos mayores chilenos.

	de 60 años	antropométricas (altura de rodilla, CC, Ccadera, CMB, PCT) y DXA	ser utilizado en centros de atención primaria de salud y estudios poblacionales.	predictivo explica el 90% de la variabilidad total $r^2= 0.8889$ Grado de concordancia (Lin= 0.94, IC 95% 0.93-095) entre ecuación de predicción y MMAE con DXA	
Valente Dos Santos (2014) Portugal (48)	n = 75 Edad: 10 a 13 años	DXA, peso, talla, IMC, Ccadera, circunferencia media de muslo y pantorrilla y pliegue de ambos.	Desarrollar y validar un nuevo modelo de predicción de tejido magro en miembros inferiores en niños de 10 a 13 años utilizando DXA como método de referencia.	Se obtuvo ecuación para predecir el tejido magro en miembros inferiores $r^2= 0.90$, error estándar de estimación de 0.52 kg	El nuevo modelo predice de manera precisa el tejido magro en miembros inferiores de niños.
Kulkarni (2013) (49)	n= 2200 Edad: 18 a 79 años	Peso, talla, circunferencias (brazo, muslo, pantorrilla y cadera) , pliegues (bíceps, tríceps, subescapular, suprailiaco), IMC.	Desarrollar ecuaciones de predicción antropométricas para estimar el tejido magro y apendicular usando DXA como método de referencia	Ecuaciones obtenidas explicaban el 90% de la variación en la masa magra y tejido suave apendicular.	Ecuaciones mas complejas usando todas las variables antropométricas pueden predecir lo medido con DXA
Jensen (2015) (50) Dinamarca	n= 121 Edad 3 años	Pliegue cutáneo tricípital y escapular, circunferencia de cintura, peso, talla , DXA	Examinar la relación entre los índices antropométricos comunes y la composición corporal medida con DXA en una muestra de 121 niños daneses sanos de 3 años de edad	La masa magra y la masa muscular se relacionaron mas con el peso seguido de la estatura. La masa grasa total se correlacionó altamente con la CMB y la sumatoria de los pliegues cutáneos. La masa muscular como porcentaje de la masa magra fue altamente correlacionada con el peso, CM y área muscular de brazo. La grasa corporal como porcentaje de l masa corporal total fue altamente correlacionada con la suma de pliegues cutáneos, los pliegues individuales y la CMB	Índices antropométricos son mas valiosos para evaluar la importancia de la MG en relación con masa corporal total que para evaluar la importancia de la masa magra como proporción de la masa corporal total o masa muscular en proporción que la masa magra corporal . El mejor modelo para estimar la proporción de masa muscular y masa magra corporal incluye únicamente CMB y pliegue cutáneo subescapular. La relación entre la antropometría y la composición corporal puede ser mas fuerte en niños malnutridos. Las limitaciones de la estimación de la composición corporal de medidas antropométricas se deben tomar en consideración.

Brambilla (2000) (51) Italia	n= 100 Edad 4 a 11 años	DXA, peso, talla, CMB, circunferencia de cintura, circunferencia de cadera, pliegues cutáneos	Comparar la estimación de la masa magra por antropometría con la masa magra obtenida por DXA (como referencia), par obtener un índice simple para estudios de campo.	La regresión simple muestra una correlación significativa entre los datos del DXA y la antropometría. La masa muscular apendicular y la masa magra central fue relacionado a medidas del estado nutricional por antropometría. El análisis por regresión múltiple muestra que el sexo, talla, y la circunferencia de cadera fueron las variables que mas influenciaron la masa magra.	Antropometría puede ser útil en estudios de campo para estimar la masa magra total y su distribución, así como el estado nutricional del sujeto. Una fórmula específica para niños podría mejorar el poder de predicción de la antropometría.
-------------------------------------	--------------------------------	---	--	---	--

De acuerdo a la evidencia encontrada, podemos concluir que la masa grasa obtenida por medidas antropométricas en población pediátrica ha sido correlacionada con la masa grasa obtenida con DXA en diversos estudios, presentando una correlación de Spearman de 0.83 a 0.94 , sin embargo en lo que respecta a la masa muscular, de acuerdo a lo revisado en la literatura, únicamente se encontraron 8 artículos, 4 en población adulta y 4 en población pediátrica. De los 8 artículos encontrados, más que evaluar la correlación entre el DXA y las medidas antropométricas obtienen ecuaciones predictivas para estimar la masa muscular apendicular (33,43,48,49). Uno de ellos se llevó a cabo en población pediátrica con 75 adolescentes de 10 a 13 años de edad, obteniendo una correlación por medio de la ecuación desarrollada de 0.90 la cual fue realizada con medidas antropométricas de miembros inferiores. (48) El estudio de Brambilla es la excepción debido a que correlaciona la masa muscular apendicular obtenida con antropometría con la obtenida con DXA sin embargo tiene la desventaja de no mencionar con certeza la metodología ni presentar el coeficiente de correlación entre ambos métodos además de abarcar un rango de edad limitado (4 a 11 años de edad).(51)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la composición corporal diferenciada es sumamente importante tanto para el diagnóstico de desnutrición sobrepeso y obesidad. Esto ha sido posible gracias al avance y a nuevas técnicas para medir los compartimentos de la composición corporal como se vio en el marco teórico y antecedentes. Aunque el IMC se ha utilizado tradicionalmente para realizar el diagnóstico nutricional hoy se requiere de una mayor precisión en el diagnóstico para conocer cuales componentes de la composición corporal pueden estar asociados a diversas enfermedades para prevenir o intervenir para mejorar la salud de los individuos. La nueva tecnología para la medición de la composición corporal, aunque excelente, no se encuentra disponible en el primer nivel de atención debido a sus altos costos y la falta de personal adecuado y capacitado para la toma de estos estudios. (4,16) La utilización de otras medidas antropométricas como los pliegues cutáneos (tricipital, bicipital, subescapular, supra iliaco) y las circunferencias de extremidades (circunferencia media de brazo, circunferencia media de muslo y circunferencia máxima de pantorrilla) , así como la medición de cintura y cadera para obtener una estimación de la masa grasa y la masa muscular pueden ser implementadas con éxito en el primer

nivel de atención como un tamizaje para encontrar individuos con diferentes alteraciones de la composición corporal. La mayoría de los estudios de correlación de antropometría se han hecho con la masa grasa con correlaciones buenas que van del $r=0.83$ al $R^2=0.948$ (45), (46) (47)) . Dada la importancia del tejido muscular en el desarrollo de los individuos y su asociación con enfermedades alteraciones como pérdida de la función física y metabólica y su asociación con mayor riesgo cardio metabólico y las caídas es relevante evaluar cuales de las mediciones antropométricas correlaciona mejor con la masa magra de forma que estas mediciones puedan realizarse en el primer nivel de atención y sirvan como un tamizaje para la detección de los casos con alteraciones de la masa magra. La información es escasa en la población de niños y adolescentes, por lo cual el presente trabajo esta enfocado a buscar la correlación de la masa muscular medida por densitometría con la antropometría. De correlacionar con el DXA, las medidas antropométricas para la evaluación de la masa muscular, se podrán llevar a cabo por clínicos así como por personal en primer nivel de atención a la salud. (49) como una alternativa costo efectiva en la medicina de primer contacto.

JUSTIFICACIÓN

El primer nivel de atención requiere de instrumentos de tamizaje que permitan la evaluación precisa de la composición corporal para detectar a los grupos vulnerables a quienes tienen que ofrecerse una intervención. La antropometría es un método costo efectivo para detectar alteraciones en la masa corporal tanto en el tejido graso como en el tejido muscular (masa magra) El poder establecer que en el primer nivel de atención estas simples medidas antropométricas correlacionan de forma positiva con la nueva metodología de medición de la composición corporal, no disponible en el primer nivel de atención es de suma importancia ya que de forma fácil y sin mayor costo pueden detectarse aquellos individuos que presenten alteraciones en su composición corporal.

Es deseable y necesario conocer si este método es un buen estimador de la masa muscular apendicular para intervenir a tiempo por medio de un tratamiento nutricional y/o de actividad física e iniciar la implementación de la antropometría como estimador de la masa muscular realizando programas de estandarización en medidas antropométricas.

PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Cuál es la correlación de la masa muscular apendicular obtenida a través de DXA en comparación con la obtenida por medidas antropométricas (circunferencias: circunferencia media de brazo, circunferencia máxima de pantorrilla y circunferencia media de muslo y pliegues cutáneos: tricipital, de pantorrilla y de músculo, en sujetos pediátricos y adolescentes sanos de 5 a 20 años?

HIPÓTESIS:

La masa muscular apendicular obtenida por DXA tendrá una correlación >0.80 con la masa apendicular obtenida por antropometría (circunferencias: circunferencia media de brazo, circunferencia máxima de pantorrilla y circunferencia media de muslo y pliegues cutáneos: tricipital, de pantorrilla y de músculo) en niños y adolescentes mexicanos. De 5 a 20 años.

OBJETIVOS:

Objetivo General

- Determinar la correlación de la masa muscular apendicular obtenida con DXA como método de referencia en niños de 5 a 20 años con la masa muscular obtenida por medio de medidas antropométricas.

Objetivos Específicos:

1. Describir las características clínicas y demográficas de los participantes.
2. Determinar la correlación de la masa muscular apendicular obtenida con DXA con la masa muscular apendicular obtenida con antropometría de acuerdo al sexo.
3. Determinar la correlación de la masa muscular apendicular obtenida con DXA con la masa muscular apendicular obtenida con antropometría de acuerdo al diagnóstico nutricional obtenido por medio del índice de masa corporal

MATERIAL Y METODOS

Diseño del estudio: Transversal

Universo de estudio: niños sanos de 5 a 20 años de edad

Población de estudio: individuos clínicamente sanos por auto reporte que acudieron voluntariamente al HIMFG a participar en el estudio.

Método de muestreo: A través de una convocatoria en escuelas, lugares públicos y en el hospital se invitó a los sujetos a participar en el estudio. Se realizaron carteles colocados en lugares públicos como escuelas, centros sociales; también se invitó a participar a los familiares sanos de los pacientes del hospital y los hijos de los trabajadores del instituto, así como mediante redes sociales en internet (Facebook)

Lugar de desarrollo del estudio: El estudio se realizó en la Unidad de Epidemiología Clínica del Hospital Infantil de México Federico Gómez, donde se realizarán las valoraciones médicas a los participantes, antropometría y análisis de composición corporal por DXA.

TAMAÑO DE MUESTRA

Dada la falta de evidencia de estudios similares al propuesto, para calcular el tamaño de muestra se la fórmula para calcular el coeficiente de correlación lineal de Pearson con el objetivo de obtener una correlación de >0.8 en cada una de las extremidades. Así mismo se dividió por grupo de edad y sexo debido a las diferencias entre los mismos.

$$n = \left(\frac{z_{1-\alpha} + z_{1-\beta}}{\frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right)} \right)^2 + 3$$

Donde

n = total de sujetos a estudiar

$1-\alpha$ = riesgo de cometer el error tipo I, con una seguridad del 95% ($\alpha = 0.05$) = 1.96

$1-\beta$ = riesgo de cometer el error tipo II con un poder estadístico del 80% = 0.84

r = la magnitud de correlación que se desea detectar (.80)

$$\begin{aligned} n &= \left(\frac{1.96 + 0.84}{0.5 \ln \left(\frac{1 + 0.80}{1 - 0.80} \right)} \right)^2 + 3 = \left(\frac{2.8}{0.5 \ln \left(\frac{1.8}{0.2} \right)} \right)^2 + 3 = \left(\frac{2.8}{0.5 \ln(9)} \right)^2 + 3 = \left(\frac{2.8}{0.5 (2.19)} \right)^2 + 3 \\ &= \left(\frac{2.8}{1.095} \right)^2 + 3 = (2.5570)^2 + 3 = 6.5384 + 3 = 9.53 \text{ sujetos por edad} \end{aligned}$$

Grupo	Edad	Sexo	
		Femenino	Masculino
1	5 años	10	10
2	6 años	10	10
3	7 años	10	10
4	8 años	10	10
5	9 años	10	10
6	10 años	10	10
7	11 años	10	10
8	12 años	10	10
9	13 años	10	10
10	14 años	10	10
11	15 años	10	10
12	16 años	10	10
13	17 años	10	10
14	18 años	10	10
15	19 años	10	10
16	20 años	10	10
TOTAL		160	160
		320	

Por lo que nuestro tamaño de muestra total sería de 320 sujetos totales, 160 sujetos por sexo

PARTICIPANTES

Niños y adolescentes mexicanos de 5 a 20 años de edad

CRITERIOS DE INCLUSIÓN.

- Niños y adolescentes de 5 a 20 años de edad.
- Nacionalidad mexicana: nacido en México, ambos padres nacidos en México.
- Que acepten participar en el estudio (firma de consentimiento y asentimiento informado).
- Que el familiar y el participante refieran al participante como sano.
- Disponibilidad de trasladarse al hospital para valoración.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Sujetos que presenten cualquier enfermedad
- Sujetos con amputación de extremidades
- Antecedente de gestación.
- Sujetos que se encuentren recibiendo tratamiento farmacológico sistémico; que afecte metabolismo lipídico o de la glucosa.

DEFINICION DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Unidad de medición y/o categorías
Edad	Tiempo que ha vivido una persona, cada uno de los periodos en que se considera dividida la vida humana. (52)	Años cumplidos del sujeto desde el nacimiento al momento del estudio	Cuantitativa continua	Años y/o meses
Sexo	Variable biológica y genética que divide a los seres humanos en mujer u hombre. determinado en el momento de la concepción con la asignación de cromosomas sexuales XX y XY. (52)	Obtenido por medio de interrogatorio directo	Cualitativa nominal dicotómica	Femenino o masculino
Estatura	Medida de una persona desde los pies a la cabeza. (52)	En estadímetro, sobre una superficie plana, sin calzado, de manera erguida con los talones un poco juntos y las puntas ligeramente separadas, corroborando el ángulo de Frankfort.	Cuantitativa Continua	cm
Peso	Fuerza con que la tierra atrae un cuerpo. (52)	Con el mínimo de ropa, sin calzado, después de haber evacuado en báscula seca.	Cuantitativa continua	Kg
Índice de Masa Corporal	Indicador simple de la relación entre el peso y la talla que se utiliza frecuentemente para identificar bajo peso, peso normal, sobrepeso y obesidad. (53)	Se calcula dividiendo el peso de una persona en kilos por el cuadrado de su talla en metros (kg/m ²) y se evalúa con score Z de acuerdo a las referencias de la OMS para sujetos pediátricos.	Categorica	Kg/m ² Bajo peso Peso Normal Sobrepeso Obesidad
AREA GRASA Y MUSCULAR OBTENIDAS POR ANTROPOMETRIA				
Área muscular	Derivada de la circunferencia del brazo y del pliegue cutáneo, representa la circunferencia del círculo interno de la masa muscular alrededor de una capa central de hueso. (54)	Se obtendrá por medio de la siguiente fórmula en mm ² $AMB = \frac{(CMB - \pi PCT)^2}{4\pi} \quad (55)$	Cuantitativa continua	mm ²

Área grasa	Área transversal de grasa del punto medio de la extremidad (AG), calculada a partir del pliegue cutáneo y la circunferencia.(54)	Se obtendrá por medio de la siguiente fórmula en mm ² : $AGB = AB - AMB$ (55)	Cuantitativa Continua	mm ²
Área muscular total apendicular	Suma de las áreas musculares de piernas y brazos obtenidas por antropometría	Se obtendrá realizando la sumatoria del área muscular de brazos, muslos y pantorrillas.	Cuantitativa continua	mm ²
MASA MAGRA OBTENIDA POR DXA				
Masa magra por extremidad.	Representa el peso de la masa magra o músculo esquelético de cada extremidad.	Se medirá por medio de absorciometría de energía dual de rayos X (DXA) por segmentos corporales en: brazo izquierdo, brazo derecho, pierna izquierda y pierna derecha.	Cuantitativa continua	g
Masa muscular apendicular	suma de la masa magra de las piernas y los brazos(43)	Se obtendrá por medio de los datos arrojados del DXA	Cuantitativa continua	g
Masa magra total	Representa el peso del organismo después de restarle la masa grasa e incluye hueso, músculo esquelético, vísceras y agua tanto extra como intracelular.	Se medirá por medio de absorciometría de energía dual de rayos X (DXA)	Cuantitativa continua	g

METODOLOGIA

DESCRIPCION DEL ESTUDIO

El estudio fue llevado a cabo en el Hospital Infantil de México Federico Gómez (HIMFG) en la Unidad de Epidemiología Clínica. Se invitó a participar en el proyecto a niños y niñas de entre 5 a 20 años de edad que vivieran en la Ciudad de México y/o zona metropolitana o estados vecinos a la ciudad de México. Se invitó a participar a población abierta por los medios arriba especificados.. Los sujetos interesados en participar se pusieron en contacto con la unidad de investigación en epidemiología clínica vía telefónica o por correo electrónico, aquellos que cumplieron los criterios de inclusión, se citaron a una consulta de valoración. Se explicó al participante y su familiar con lenguaje sencillo el proyecto de investigación, se les solicitó firmaran las cartas de consentimiento y asentimiento informado en caso de que ésta última fuera requerida.

El proyecto fue aprobado por las comisiones de ética y de investigación del Hospital Infantil Federico Gómez y el registro fue obtenido previo al estudio con el número: HIM 2015-055 (DG/1000/534/2015).

DESCRIPCION DE LA MANIOBRA

Todos los participantes fueron citados a las 7:30 hrs de lunes a viernes en la Unidad de Epidemiología Clínica. Acudieron en ayuno de 8 horas previas y de 2 horas de abstención de líquidos.

1. El participante recibió una consulta con un médico pediatra , se realizó una toma de signos vitales (frecuencia cardiaca, presión arterial, frecuencia respiratoria, temperatura) , historia clínica, exploración física detallada
2. El participante recibió también una consulta de nutrición en la cual se realizaron mediciones antropométricas (peso, talla, circunferencia de cintura, circunferencia de cadera circunferencia media de brazo, muslo medial y pantorrilla y pliegue cutáneo tricipital, medial y de pantorrilla) por personal previamente estandarizado
3. Se llevó a cabo una toma de muestra sanguínea, por la enfermera del centro y/o médico pediatra posterior a las 8 horas de ayuno.
 - a) Se midió la composición corporal mediante DXA

Técnicas y aparatos utilizados en las mediciones de las variables

a) Absorciometría dual de rayos X (DXA)

Se utilizará un densitómetro iDXA lunar GE, GE Corporation, E.E.U.U. con un software pediátrico y modo rápido de escaneo. El equipo estima la densidad mineral ósea corporal total (DMO) y la composición corporal total incluyendo el contenido mineral óseo CMO (g), la masa magra corporal (kg) y la masa grasa (kg). El procedimiento de medición se llevó a cabo siguiendo estrictamente el manual de instrucciones de la Sociedad Internacional de Densitometría Clínica (ISCD). Las mediciones se llevaron a cabo de acuerdo a los protocolos estandarizados que refieren que todas las mediciones del DXA deben ser realizadas por técnicos entrenados para el estudio.

b) Mediciones antropométricas

Los participantes fueron pesados y medidos por nutriólogas previamente entrenadas y estandarizadas en mediciones antropométricas (el análisis de reproducibilidad por medio de Kappa mostró un coeficiente de concordancia de 0.83)

i. Peso corporal y talla

Se realizaron después de que el sujeto había evacuado y previo a iniciar las mediciones en DXA. Para el peso corporal se utilizó una báscula electrónica SECA modelo 284. La medición se realizó por duplicado con la menor cantidad de ropa posible y sin calzado. La talla fue determinada de la misma manera posicionados en plano de Frankfort, sin objetos en la cabeza que interfirieran en la medición con un estadímetro marca SECA modelo 284.

ii. Circunferencias

Las mediciones de circunferencias fueron tomadas con una cinta métrica flexible calibrada en centímetros con gradaciones en milímetros marca SECA modelo 201. Se obtuvieron las siguientes circunferencias:

- Circunferencia de cintura por NIH: se realizó localizando el punto inferior de la última costilla y la cresta iliaca; en ambos sitios se colocó una marca y con una cinta métrica se marcó el punto central entre esos dos sitios antropométricos. Con el abdomen descubierto, se solicitó al participante estar de pie con los pies juntos, colocar los brazos a los lados del cuerpo y espirar lentamente para realizar la medición de cintura la cual se realizó al final de la espiración.
- Circunferencia media de brazo relajado: se pide al participante flexionar el brazo con un ángulo de 90 grados, colocando la palma de la mano hacia arriba. Se localiza el acromión y el radial y se mide la longitud entre esos dos puntos para

posteriormente realizar una marca en el punto medio entre ambos. La medición se realiza al nivel del sitio medio acromiale-radiale colocando la cinta métrica alrededor sin presionar demasiado para evitar distorsionar la medida. Dicho perímetro es perpendicular al eje longitudinal del brazo.

- Circunferencia de muslo medial: se debe medir en el nivel del sitio medio trochanterion tibiale laterale perpendicular a su eje longitudinal. El sujeto adopta posición de pie relajado con los miembros superiores cruzados a través del tórax. Los pies del sujeto deberán estar separados con el peso del cuerpo uniformemente distribuido.
- Circunferencia máxima de pantorrilla: se obtiene en el nivel medial de la pantorrilla perpendicular a su eje longitudinal. El sujeto debe adoptar una posición de pie relajado con los brazos a los costados con el peso del cuerpo uniformemente distribuido.
- Circunferencia de cadera: se solicita al participante colocar los pies juntos y los brazos a los lados relajados, en caso de presentar exceso de ropa en ésta area se solicitó retirarla y dejar lo mínimo posible. La medición se realizó por duplicado con la cinta métrica en la parte más prominente de los glúteos teniendo precaución de no apretar demasiado y modificar la medición.

1. Pliegues cutáneos.

- Pliegue cutáneo de tríceps: es tomada en la línea paralela del eje longitudinal del brazo en el sitio medio. El sujeto de pie adopta una posición relajada con el miembro superior que esta ubicado al costado del cuerpo y la mano ubicada en posición neutra. Se mide en ambas extremidades.
- Pliegue cutáneo de muslo medial: el sujeto adopta una posición sentada con el troco erguido y los brazos a los costados del cuerpo. La rodilla de la pierna a medir debe estar flexionada en un ángulo recto. Se traza una línea perpendicular para intersectar la línea horizontal localizadas en la zona medial del muslo. A causa de las dificultades con este pliegue cutáneo se recomienda que el evaluador se ubique de lado derecho del sujeto en el lado lateral externo del muslo para llevar a cabo la medición en el sitio marcado. Si existe dificultad se

puede solicitar al sujeto a evaluar que levante el muslo tomándolo desde la cara posterior.

- Pliegue cutáneo de la pantorrilla medial : Una vez que el perímetro máximo es localizado, el punto es marcado sobre la zona media de la pantorrilla con una pequeña cruz y se procede a tomar el pliegue cutáneo, el cual es paralelo al eje longitudinal de la pierna.

ANALISIS ESTADISTICO

Niños y niñas fueron analizados de manera separada de acuerdo a cada grupo de edad y /o estado nutricional. Las variables con distribución normal se evaluaron utilizando la prueba de Shapiro-Wilk. Se llevó a cabo un análisis descriptivo (medias y desviaciones estándar) de las principales características de interés y mediciones (Ej. Área muscular, masa magra de extremidades) de la población de estudio. Las correlaciones entre la masa magra de extremidades obtenidas por medio de DXA (brazo derecho e izquierdo, pierna derecha e izquierda) con las áreas musculares obtenidas con antropometría (área muscular de brazo, pantorrilla y muslo) fueron realizadas utilizando correlación de Pearson. El análisis estadístico se llevo a cabo utilizando el programa SPSS.

CONSIDERACIONES ETICAS

El protocolo de investigación fue sometido al comité de ética del HIMFG.

A todos los participantes que fueron invitados al estudio, se les solicitó firmaran tanto consentimiento (los padres o tutores) como asentimiento (niño) informado. El riesgo que existió por participar en este estudio se considera riesgo mayor al mínimo, dado que el estudio utilizó parámetros clínicos que se consideran en la evaluación de niños y adolescentes con técnica mínimamente invasiva. Los investigadores declaramos conocer la ley general de salud y su reglamento para la realización de estudios de investigación en seres humanos.

Puede haber efectos secundarios por la toma de densitometría que nosotros desconozcamos, de acuerdo a reacciones muy poco frecuentes o inherentes a una persona en particular, sin embargo, no hay reportes de efectos graves o mortales por la administración de los tratamientos que utilizaremos en este estudio. En caso de presentarse alguno de estos efectos, el participante del estudio recibirá la atención médica necesaria para su atención.

El equipo de investigadores explicó ampliamente a los tutores del paciente y al paciente los riesgos y beneficios de participar en el estudio y dejó muy en claro que de no acceder a participar, se continuará la atención sin ningún tipo de represalia y de la misma manera con que se ha atendido siempre a los pacientes del hospital.

Se entregó una carta de consentimiento informado, que se explicó en cada caso en particular aclarando las dudas a los pacientes que accedieron a participar en el estudio.

RESULTADOS

Se realizó el cálculo de tamaño de muestra , el cual se obtuvo de 320 sujetos (160 por sexo y 10 por cada grupo de edad de 5 a 20 años), sin embargo, en total se evaluaron 744 sujetos, los cuales fueron incluidos en el presente estudio.

Las características basales de los participantes se muestran en la Tabla 1. De manera global, se muestran las medias y desviaciones estándar de peso, talla e IMC de los participantes encontrando diferencias mínimas por sexo entre ambos grupos.

Al clasificar el estado nutricional por IMC de manera global, el 65.5% de los participantes se encontraron eutróficos, 10.3% con bajo peso, 14.2% con sobrepeso y 9.9% con obesidad (Tabla 1.1)

La tabla 2. Ilustra las medias de edad, peso, talla e IMC. De acuerdo a lo esperado, las medias muestran incrementos con la edad en ambos sexos, presentando el sexo masculino valores mayores tanto en peso, talla e IMC en comparación con el sexo femenino. En el rango de edad de 19 a 20 años pareciera no haber incrementos con la edad, sin embargo lo relacionamos a que el número de participantes es menor en comparación con los grupos de 5 a 18 años.

Nuestros resultados también muestran que el peso y la estatura es mayor en las niñas entre los 10 y 11 años , lo cual concuerda con lo reportado en estudios previos, debido a que es bien reconocido que la masa grasa es un factor importante para el crecimiento femenino, siendo necesario un 17% de la misma para activar los cambios en la tasa metabólica que precede a la menarca.(56)

Tabla 1. Características generales de la población

n= 774	Femenino n=367 (47.4%)	Masculino n= 407 (52.6%)
	Media ± DE	Media ± DE
Edad	11.4 ± 4.1	11.5±3.9
Peso (kg)	39.3 ± 16.1	41.6±17.7
Talla (cm)	139.8 ± 17.7	144.8±20.3
IMC	19.1 ± 4.17	18.8±3.9

Tabla 1.1 Diagnóstico por IMC

Diagnóstico por IMC	Femenino n(%)	Masculino n(%)	Global n(%)
Bajo Peso	35 (9.5)	45(11.1)	80(10.3)
Eutrófico	245(66.8)	262(64.4)	507(65.5)
Sobrepeso	52(14.2)	58(14.3)	110(14.2)
Obesidad	35(9.5)	42(10.3)	77(9.9)

Tabla 2. Medias y desviación estándar (DE) de peso, talla e IMC en niños y adolescentes sanos de 5 a 20 años.

Edad			Peso (kg)				Talla (cm)				IMC			
	Fem	Masc	Femenino		Masculino		Femenino		Masculino		Femenino		Masculino	
	<i>n</i>	<i>n</i>	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
5 años	32	27	20.0	(4.4)	20.3	(3.0)	111.9	(6.9)	112.4	(4.5)	15.9	(2.9)	16.0	(1.9)
6 años	24	32	20.8	(2.6)	22.5	(4.0)	114.9	(5.7)	118.3	(4.2)	15.7	(1.5)	16.0	(1.9)
7 años	29	28	24.8	(5.2)	25.8	(4.9)	122.0	(6.5)	123.1	(5.9)	16.5	(2.3)	16.9	(2.3)
8 años	40	40	27.7	(7.1)	30.3	(7.0)	128.6	(6.6)	130.6	(6.6)	16.6	(2.9)	17.6	(2.2)
9 años	28	33	31.4	(7.2)	36.2	(12.1)	134.4	(7.5)	136.0	(7.3)	17.2	(2.6)	19.2*	(4.9)
10 años	33	33	36.1	(9.2)	34.6	(8.7)	139.6	(7.3)	137.9	(6.4)	18.3	(3.5)	18.0	(3.3)
11 años	29	42	42.9	(14.7)	39.1	(8.3)	144.9	(10.2)	146.7	(8.0)	19.9	(4.8)	18.0	(2.5)
12 años	21	34	48.9	(9.5)	48.1	(12)	152.7	(6.2)	155.2	(9.1)	20.9	(3.3)	19.7	(3.8)
13 años	24	37	46.8	(7.2)	49.4	(10.8)	152.5	(5.4)	158.7	(7.1)	20.0	(2.5)	19.4	(3.2)
14 años	28	26	51.7	(9.3)	57.1	(14.6)	156.2	(7.2)	163.8	(8.0)	21.1	(3.5)	21.1	(4.6)
15 años	14	12	57.9	(7.3)	60.0	(14.3)	158.2	(5.6)	171.3	(7.8)	23.1	(3.1)	20.3	(4.2)
16 años	17	13	61.3	(12.9)	64.3	(11.0)	158.7	(5.6)	169.7	(6.8)	24.2	(4.3)	22.2	(3.1)
17 años	16	20	57.9	(9.3)	61.8	(10.2)	158.0	(6.8)	170.2	(6.2)	23.1	(3.4)	21.3	(2.8)
18 años	14	16	51.7	(9.8)	68.3	(15.9)	155.3	(10.3)	172.3	(7.7)	21.2	(2.2)	22.8	(4.4)
19 años	13	8	57.3	(13.2)	65.9	(18.8)	158.7	(6.5)	173.5	(6.7)	22.8	(5.1)	21.9	(6.4)
20 años	5	6	54.7	(7.9)	65.2	(9.5)	160.0	(6.2)	170.6	(8.7)	21.4	(3.2)	22.3	(2.7)
	367	407												

N TOTAL = 774

IMC índice de masa corporal , fem: femenino, masc: masculino

En la tabla 3. Se muestra de manera global, es decir, para ambos sexos, las correlaciones de Pearson entre la masa muscular por extremidades obtenida por DXA con las áreas musculares por extremidades obtenidas por antropometría las cuales fueron lineales, y de acuerdo a la hipótesis de trabajo establecida , se obtuvo una $r > 0.80$ en la totalidad de los parámetros evaluados, indicando una asociación directa, con un coeficiente de determinación que explica el 80% de la variabilidad de los datos. (Fig 1,2,3,4)

Tabla 3. Correlaciones globales de la masa magra por áreas determinada mediante DXA con la obtenida por medio de medidas antropométricas

n=774	r	r ²	p
Área muscular brazo derecho (mm ²)	0.91	0.83	<0.05
Área muscular brazo izquierdo (mm ²)	0.90	0.82	<0.05
Área muscular pantorrilla derecha (mm ²)	0.92	0.85	<0.05
Área muscular pantorrilla izquierda(mm ²)	0.90	0.82	<0.05
Área muscular muslo derecho (mm ²)	0.91	0.83	<0.05
Área muscular muslo izquierdo (mm ²)	0.91	0.82	<0.05
Masa muscular apendicular (mm ²)	0.93	0.88	<0.05

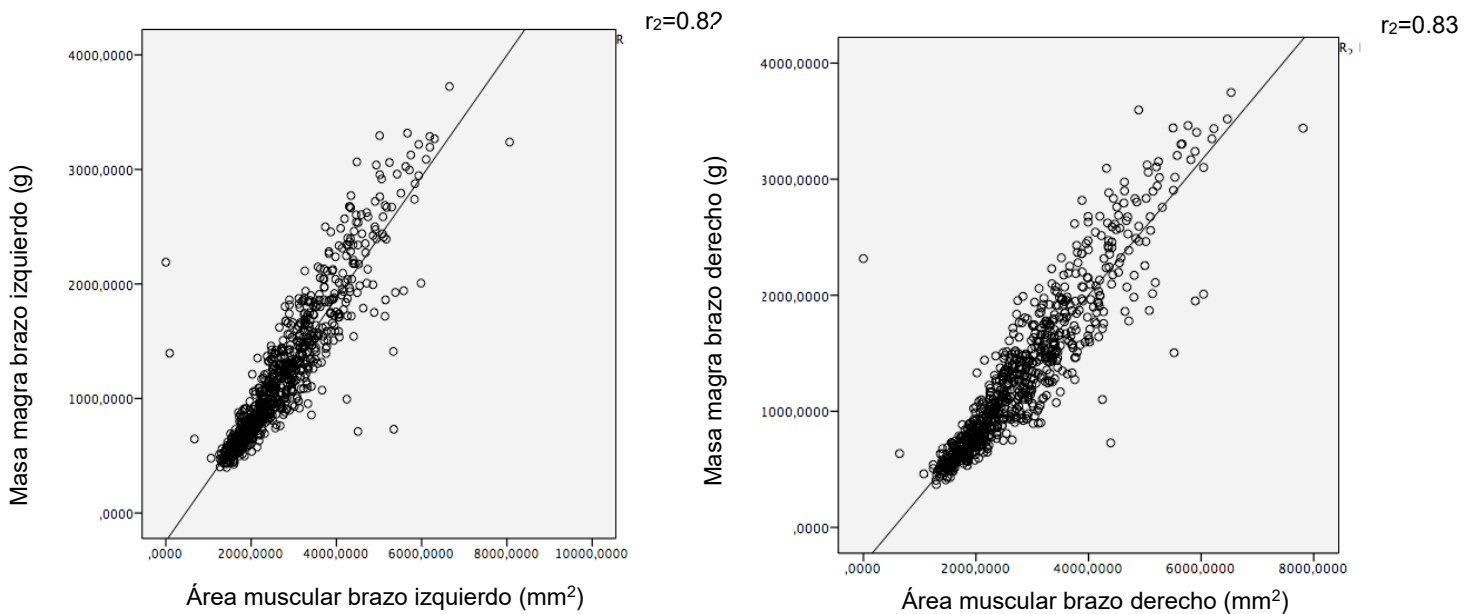


Fig 1. Correlación entre la masa magra de brazos (g) obtenidas por medio de DXA con las áreas musculares (mm²) obtenidas por antropometría.

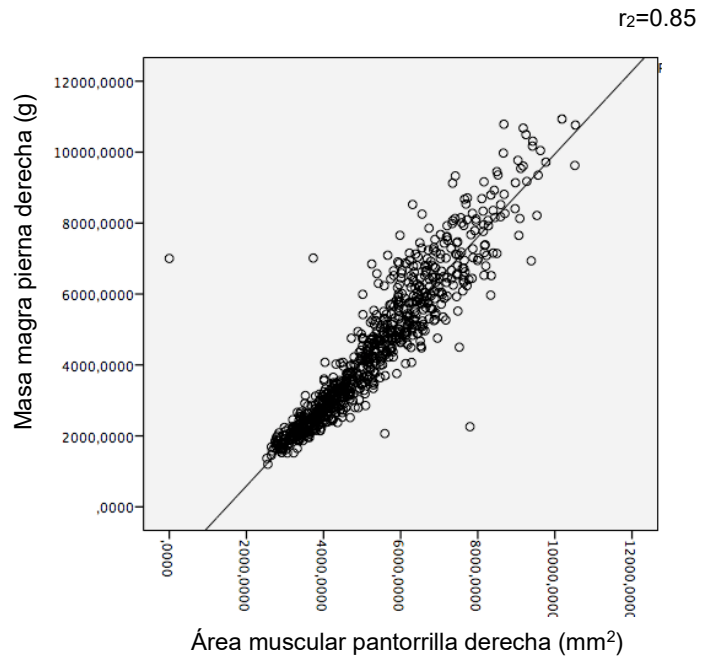
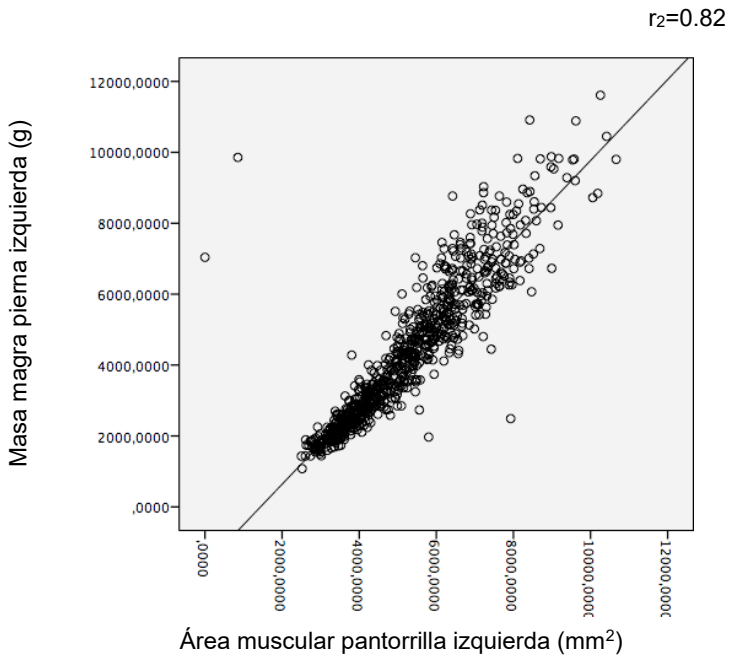


Fig 2. Correlación entre la masa magra de piernas (g) obtenidas por medio de DXA con las áreas musculares (mm²) de pantorrilla obtenidas por antropometría.

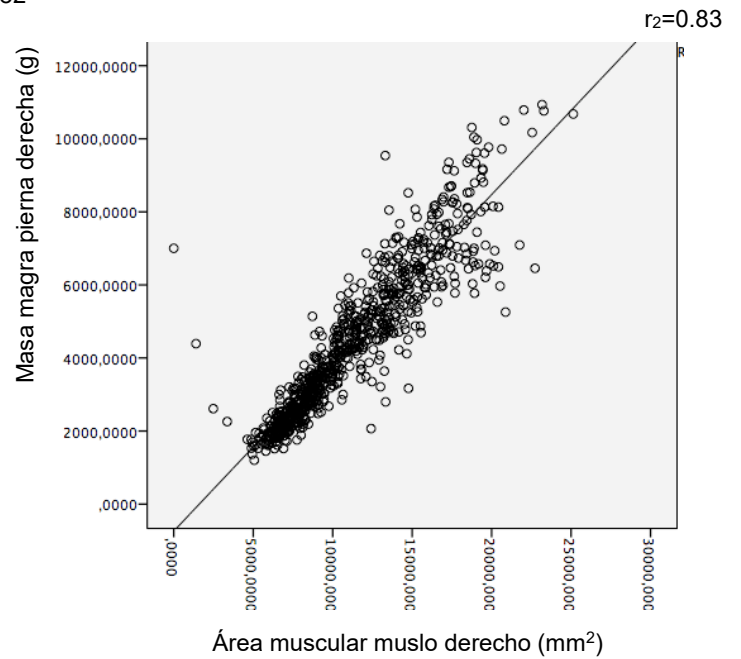
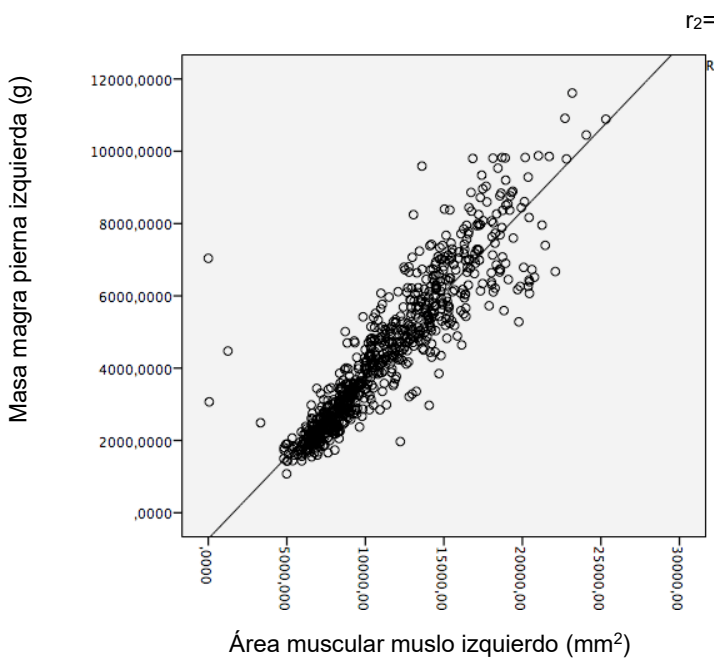


Fig 4. Correlación entre la masa magra de piernas (g) obtenidas por medio de DXA con las áreas musculares (mm²) de muslo medial obtenidas por antropometría.

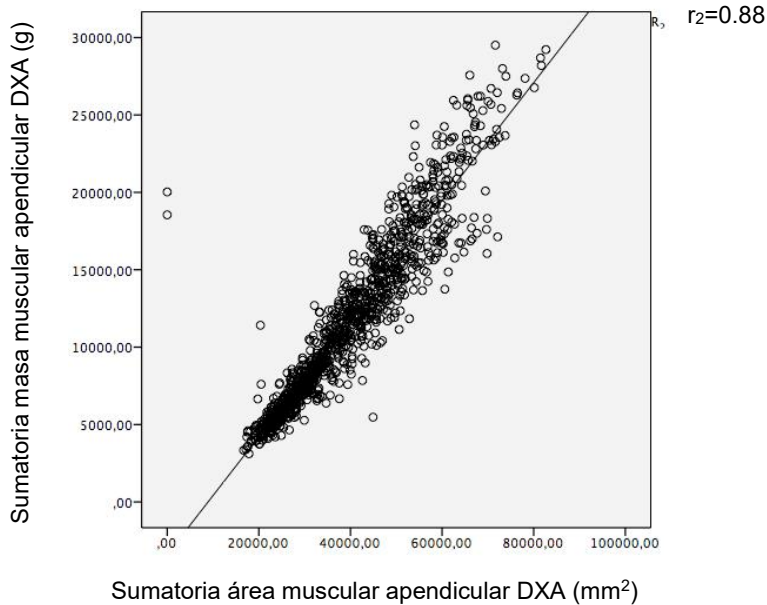


Fig 5. Correlación entre la masa magra apendicular (g) obtenidas por medio de DXA con el área muscular (mm²) apendicular obtenida por antropometría.

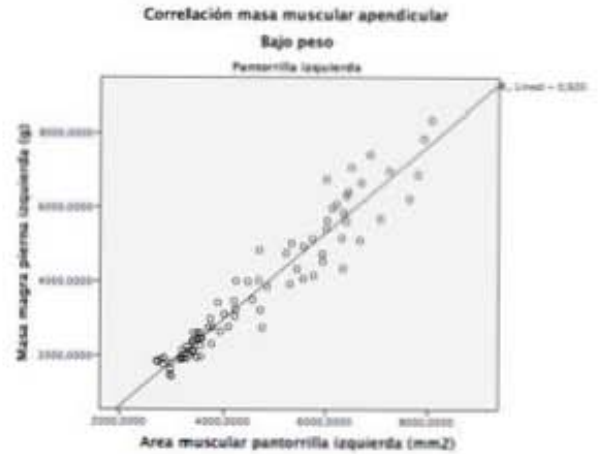
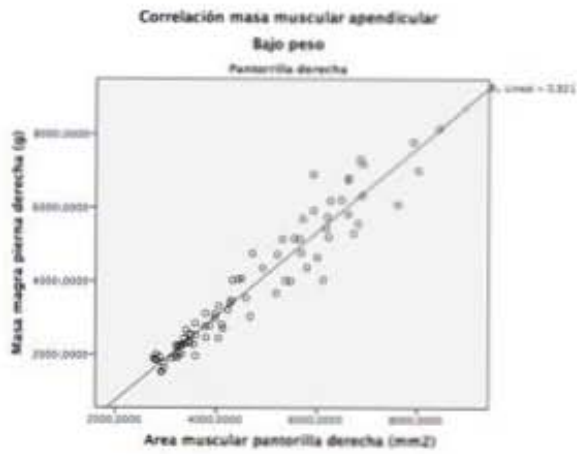
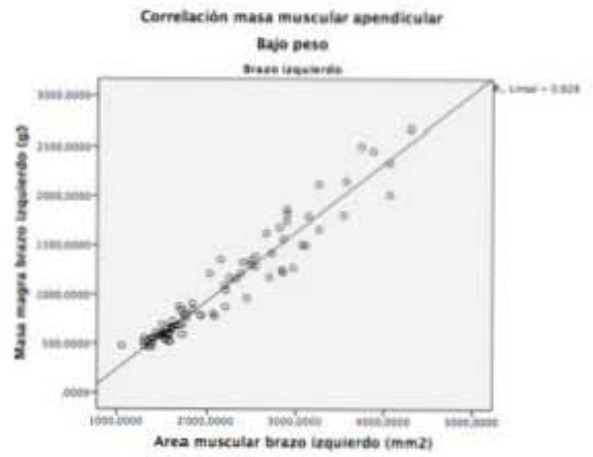
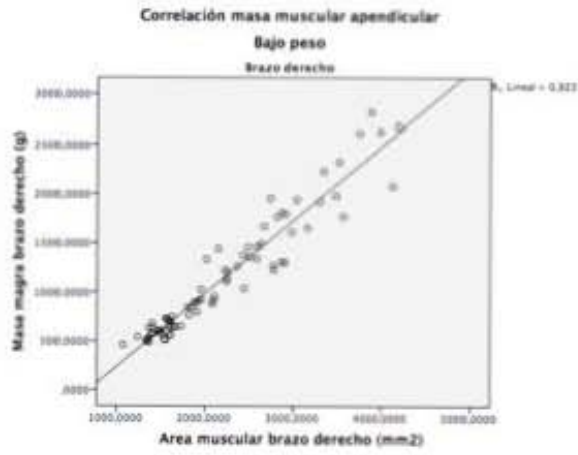
Las correlaciones de la masa muscular apendicular DXA (g) con el área muscular apendicular (mm²) obtenida por antropometría fueron analizadas específicamente por diagnóstico nutricional de acuerdo a IMC las cuales se muestran en la tabla 4.

Podemos observar que al evaluar la masa magra apendicular obtenida con DXA con el área muscular obtenida por antropometría y clasificarla por estado nutricional, los niños con bajo peso, eutróficos y sobrepeso presentan en su mayoría R_2 por arriba de 0.80, lo cual nos indica que el evaluar el área muscular por medio de antropometría nos explica el 80% de los valores obtenidos, sin embargo es importante mencionar que entre mayor tejido adiposo, es decir cuando los pacientes presentan obesidad de acuerdo a IMC, las R_2 disminuyen hasta 0.65 lo cual nos indica que es más preciso evaluar el área muscular por antropometría en aquellos niños con bajo peso, eutróficos y con sobrepeso que aquellos que presentan obesidad como se puede apreciar en la figuras 6,7,8 y 9.

Estadio Tanner n= 774	Masa magra apendicular total		Muslo derecho		Muslo izquierdo		Pantorrilla derecha		Pantorrilla izquierda		Brazo derecho		Brazo izquierdo	
	r	R ₂	r	R ₂	r	R ₂	r	R ₂	r	R ₂	r	R ₂	r	R ₂
Bajo peso	0.97	0.94	0.96	0.93	0.96	0.92	0.96	0.92	0.96	0.92	0.96	0.92	0.96	0.92
Eutrófico	0.94	0.88	0.91	0.83	0.90	0.82	0.93	0.87	0.89	0.80	0.93	0.87	0.92	0.85
Sobrepeso	0.95	0.90	0.91	0.83	0.91	0.83	0.90	0.82	0.92	0.85	0.92	0.85	0.89	0.79
Obesidad	0.92	0.85	0.83	0.69	0.89	0.80	0.89	0.79	0.81	0.65	0.87	0.76	0.83	0.69

Tabla 4. Correlaciones de la masa muscular apendicular obtenida por DXA (g) con el área muscular apendicular obtenida por antropometría (mm²) de acuerdo al diagnóstico nutricional por índice de masa corporal

Figura 6. Correlaciones Bajo Peso



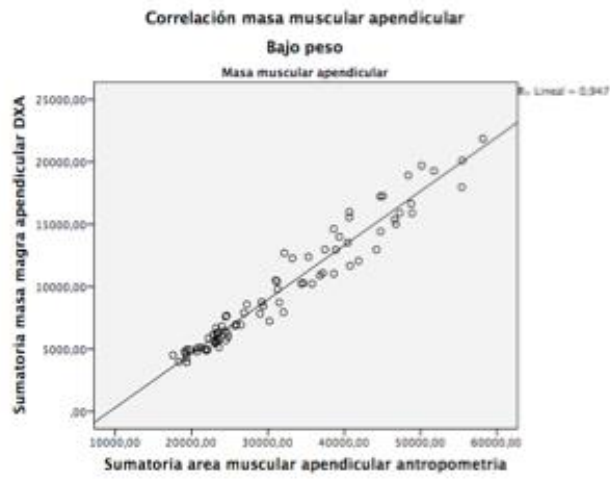
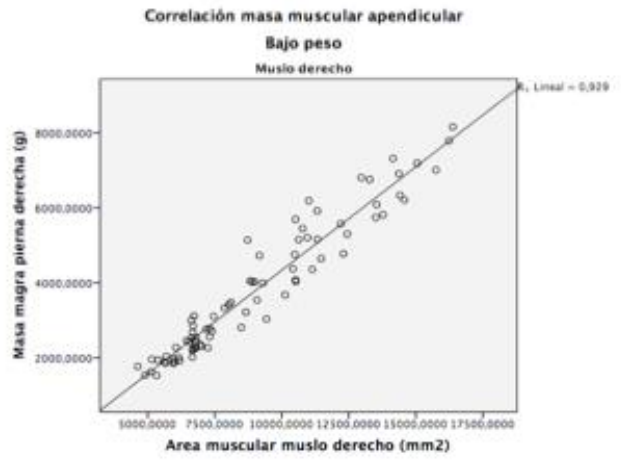
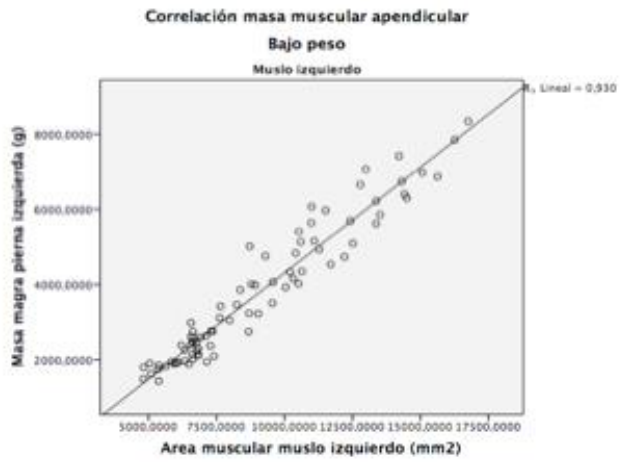
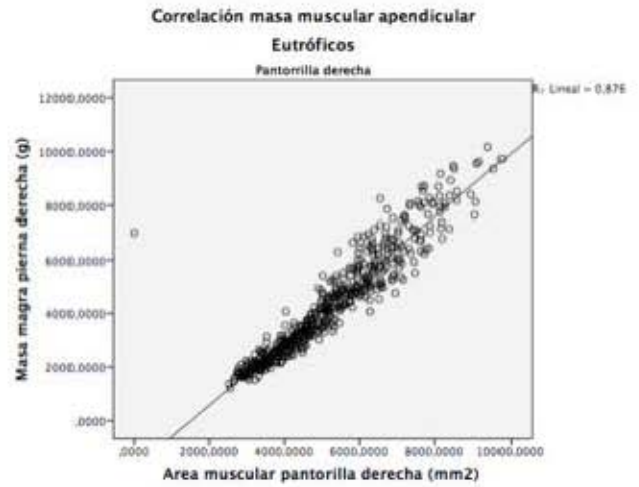
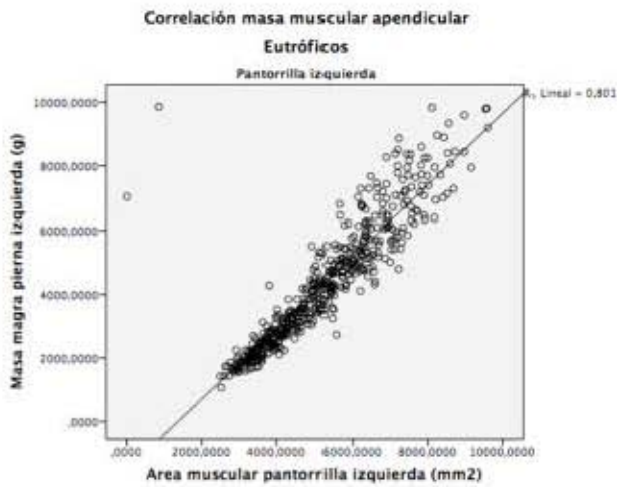
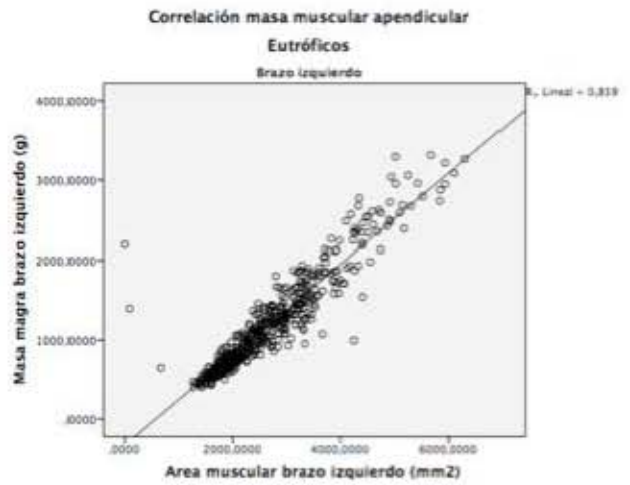
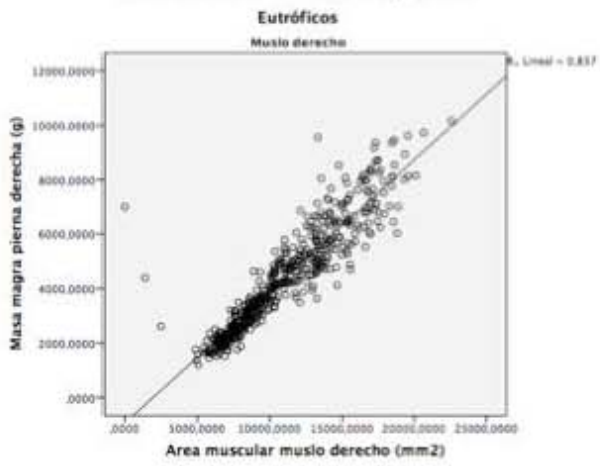


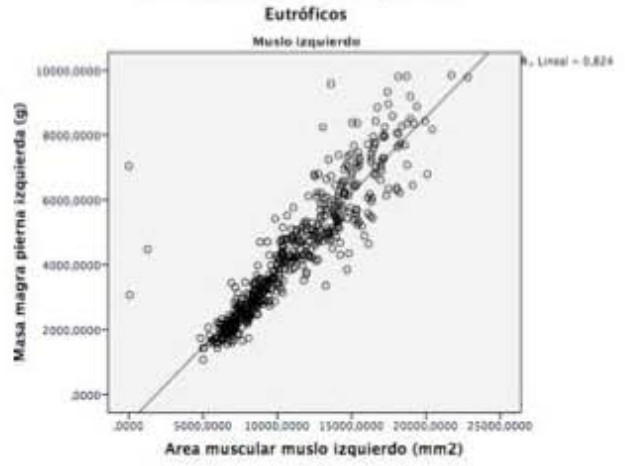
Figura 7. Correlaciones eutróficos



Correlación de la masa muscular apendicular



Correlación masa muscular apendicular



Correlación masa muscular apendicular

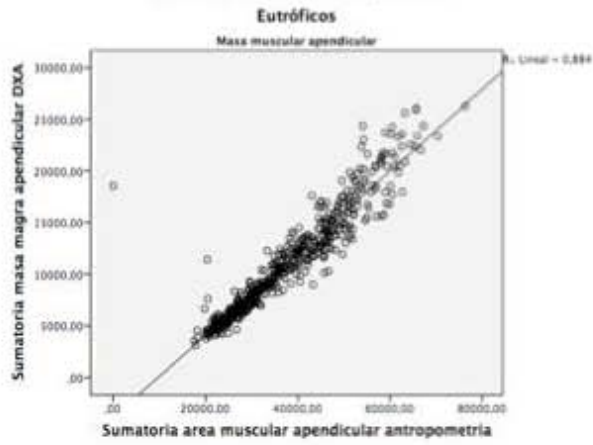
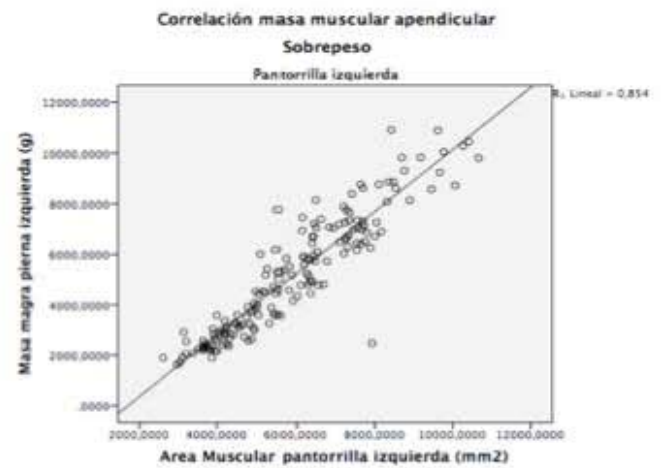
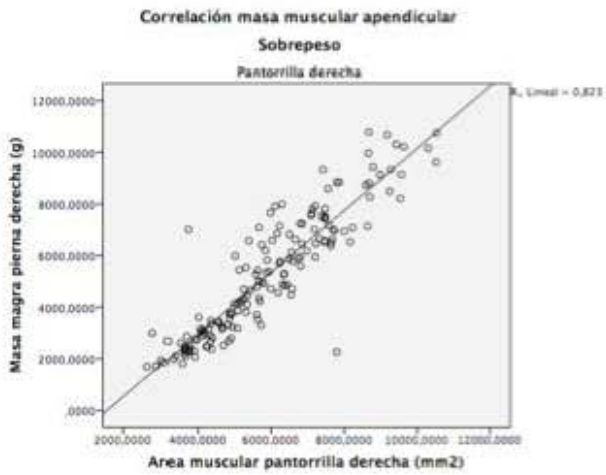
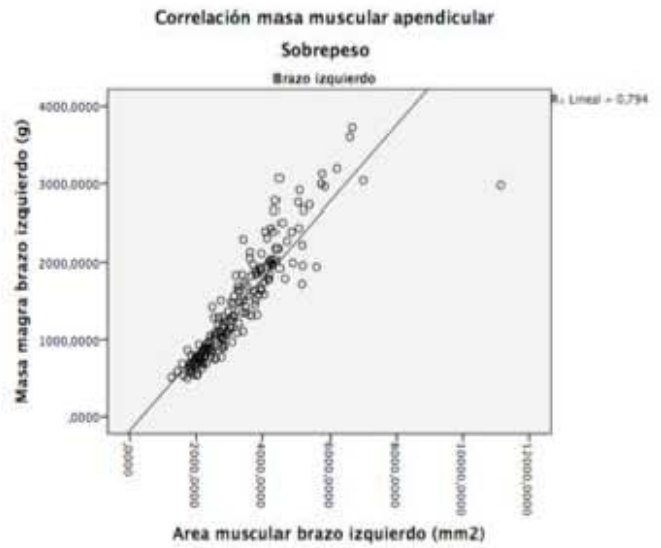
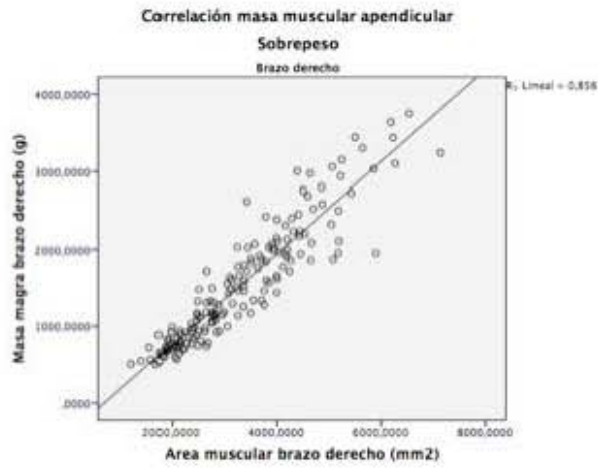


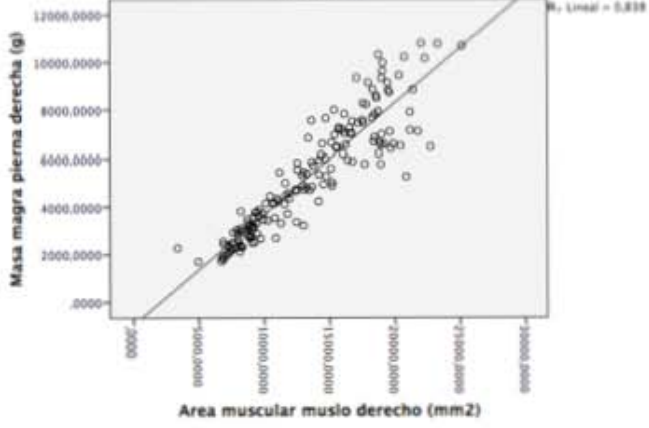
Figura 8. Correlaciones sobrepeso



Correlación masa muscular apendicular

Sobrepeso

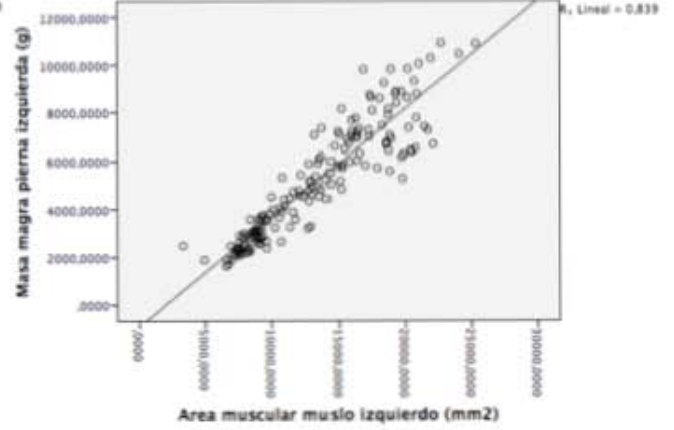
Muslo derecho



Correlación masa muscular apendicular

Sobrepeso

Muslo izquierdo



Correlación masa muscular apendicular

Sobrepeso

Masa muscular apendicular

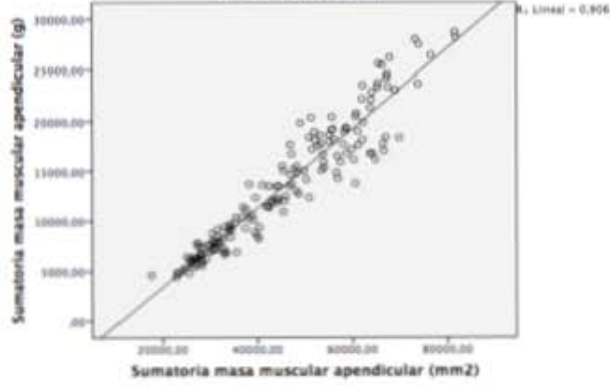
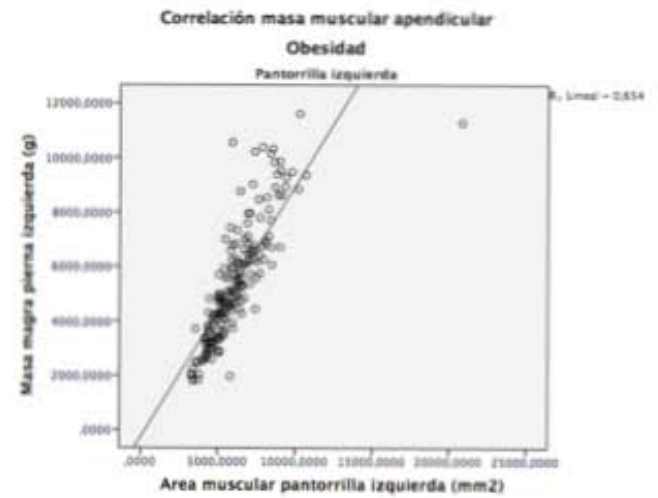
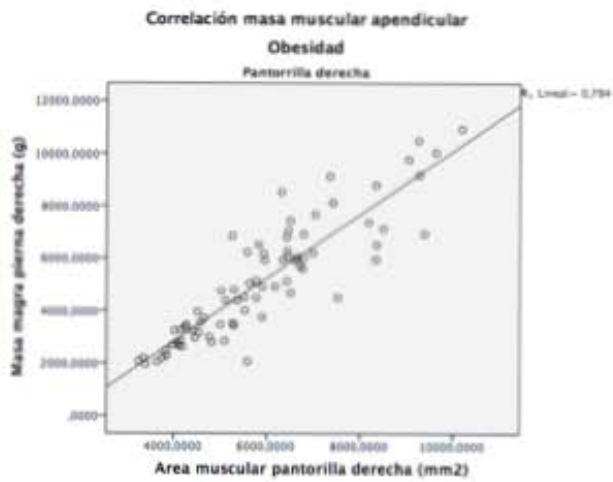
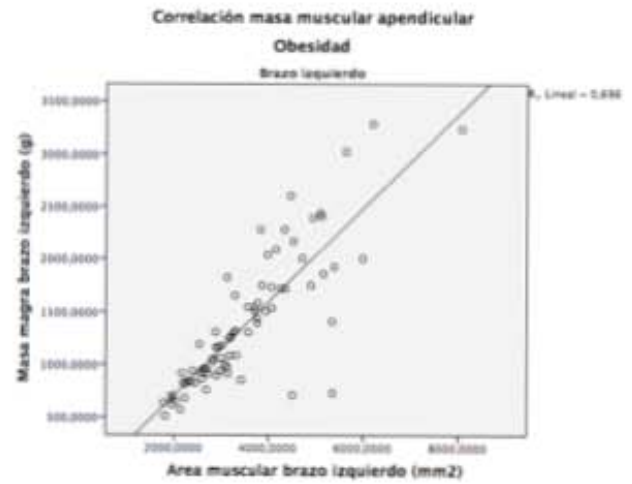
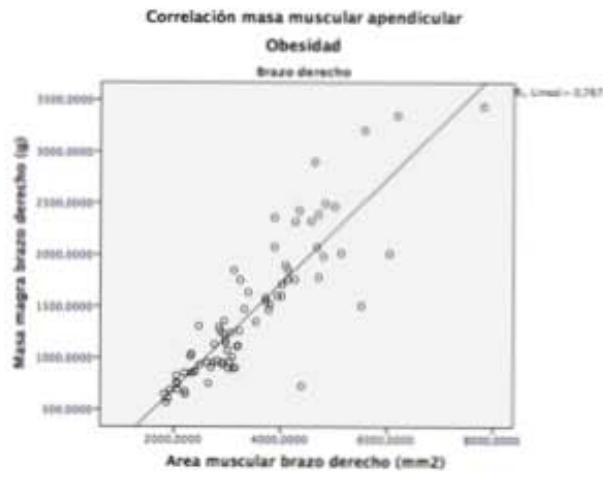
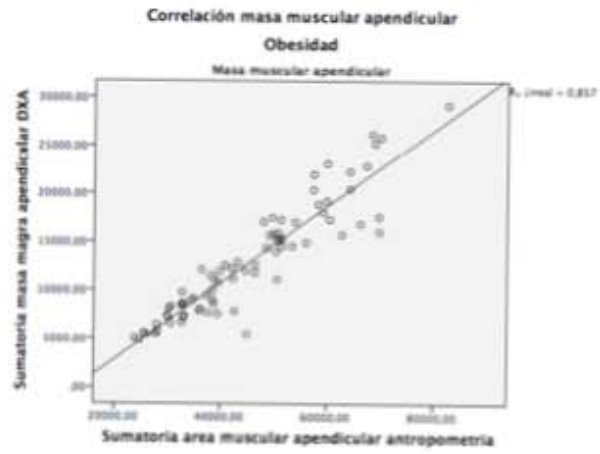
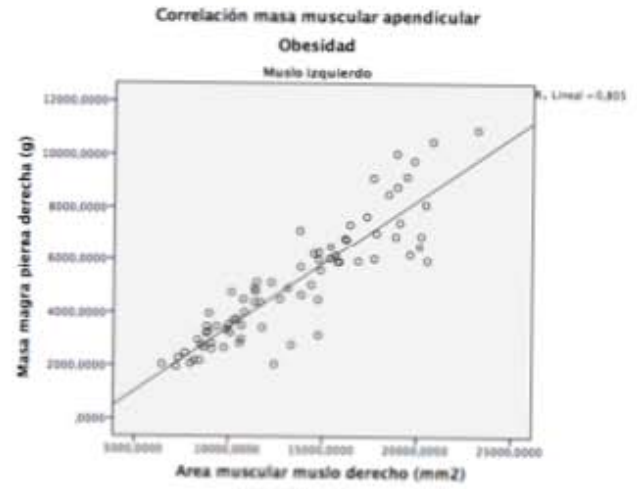
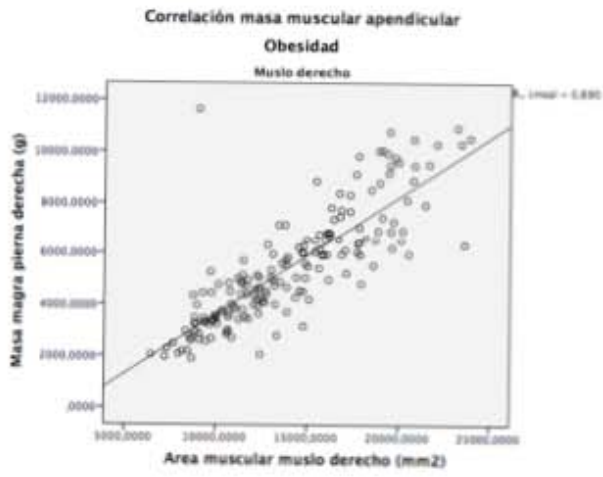


Figura 9. Correlaciones Obesidad





DISCUSION

De acuerdo a nuestra hipótesis de estudio en la cual aseverábamos que la masa muscular apendicular obtenida por DXA tendría una correlación >0.80 con la masa apendicular obtenida por antropometría (la cual constaba de circunferencia media de brazo, circunferencia máxima de pantorrilla y circunferencia media de muslo y pliegues cutáneos: tricípital, de pantorrilla y de músculo) en niños y adolescentes mexicanos de 5 a 20 años fue demostrada, obteniendo en la mayoría de nuestros resultados un coeficiente de correlación de Pearson por arriba de 0.8

Con lo anterior, demostramos que la antropometría de miembros superiores e inferiores es un adecuado estimador de la masa muscular apendicular cuando no se cuente con un método de referencia como el DXA por lo que se podría utilizar en situaciones donde evaluar la masa muscular es de suma importancia para monitorizar el estado nutricional y prescribir el mejor tratamiento nutricional posible.

El DXA, la bioimpedancia eléctrica y la antropometría proveen estimaciones aceptables de la composición corporal y sus cambios, sin embargo, como lo vimos en nuestro estudio, la correlación de la antropometría con el DXA que es un método más complejo para evaluar la masa muscular es de 0.80 por lo que se podría implementar la evaluación de la masa muscular apendicular en primer nivel de atención por medio de antropometría y con esto estimarla de manera sencilla, rápida y con menor costo, con el objetivo de monitorizar el riesgo nutricional y aplicar intervenciones apropiadas en primer nivel de atención.

En los resultados se observa que con el incremento de la edad incrementan también los valores de peso, talla, IMC y masa y área muscular en ambos sexos, esto indica que en niños y adolescentes, el incremento de masa y área muscular apendicular esta relacionado con la edad. Lo anterior es consistente con la acreción de masa muscular durante la pubertad, la cual tiene un efecto significativo en la composición corporal de ambos sexos. (56) Esto concuerda con otros estudios en los cuales se muestran diferencias por sexo, que pueden ser explicados por los dimorfismos sexuales, respuesta a factores genéticos determinantes que actúan desde el periodo prenatal y muestran variabilidad en el periodo de la pubertad.(57)

Utilizamos la masa magra apendicular como indicador de la masa muscular basados en el concepto de que tres cuartas partes de la masa muscular total existe en las extremidades y el tejido magro es principalmente tejido músculo esquelético. Un gran número de investigadores han realizado estimaciones o correlaciones de la masa grasa sin embargo, como ya se mencionó muy pocos estudios se han enfocado en la estimación y correlación de la masa muscular en población pediátrica

(48,50,51), los cuales crean ecuaciones predictoras que incluyen únicamente miembros inferiores o abarcan un rango de edad específico.

El presente estudio, fue diseñado para evaluar la correlación entre la masa magra y el área muscular apendicular en niños sanos mexicanos de 5 a 20 años de edad con dos métodos diferentes, el DXA y la antropometría y, a diferencia de otros estudios abarcamos mayor rango de edad.

La masa magra de extremidades estimada por medio de DXA fue seleccionada como método de referencia.

Respecto a nuestro objetivo principal, de manera global la masa muscular obtenida por DXA de las 4 extremidades presentó una adecuada correlación de Pearson con el área muscular obtenida por antropometría, siendo mayor a 0.8 en pantorrillas, muslos y brazos, indicándonos que a pesar de no ser una medición directa de la masa muscular si nos ofrece un aproximado de la misma lo cual concuerda con nuestra hipótesis a priori.

Cuando se ajustó por diagnóstico nutricional las correlaciones de masa magra y área muscular disminuyeron en aquellos sujetos que presentaron obesidad, sin embargo continúan siendo adecuadas en los niños con bajo peso, eutróficos y con sobrepeso por lo que la antropometría podría ser una adecuada herramienta de tamiz nutricional en primero segundo o tercer nivel de atención cuando no se cuente con equipos sofisticados.

En nuestros resultados se muestra que la masa magra obtenida por DXA (g) correlaciona fuertemente con el área muscular obtenida con antropometría ($r^2 > 0.80$), comparándose favorablemente con los presentados por Brambilla (51), sin embargo en comparación con el estudio de Brambilla, nuestro estudio tiene la ventaja de contar con una muestra mayor, 774 niñas y niños sanos con diferentes diagnósticos nutricionales, quienes fueron evaluados con el objetivo de asegurar que su estado de salud era adecuado, comparados con un total de 100 niños incluidos en el estudio de Brambilla, de los cuales 10 niños presentaban diagnóstico de enfermedad celiaca, 10 niños eran categorizados como “delgados” y nacidos con bajo peso para la edad gestacional, 39 niños con obesidad y 41 niños con peso normal. Adicional a esto, nosotros incluimos niños de los 5 a los 20 años lo que permite tener un panorama más amplio de la masa muscular por edades, mientras que Brambilla únicamente incluyó a niños de 4 a 11 años de edad, limitando a las edades de 11 años en adelante que como se mencionó anteriormente es cuando ocurren los principales cambios y mayor acreción de la masa muscular. (51)

Galvao – Pereira, evaluó dos ecuaciones antropométricas las cuales fueron comparadas con el DXA para estimar la masa muscular apendicular, sin embargo, el estudio fue realizado en mujeres físicamente activas de 60 a 78 años, no tomando en cuenta a la población pediátrica. Cabe mencionar que, los resultados obtenidos por los autores fueron favorables, al mostrar que una

simple ecuación antropométrica la cual fue desarrollada en su estudio y se comparó con el DXA podría presentar aplicabilidad práctica así como alta validez al estimar la MMA en adultos mayores del sexo femenino por lo que comparado con nuestro estudio, sugiere también que el utilizar las mediciones antropométricas para la obtención de la masa muscular podría ser una herramienta práctica para primer nivel de atención. (33)

Lera, por su parte, desarrolló un modelo antropométrico para predecir la masa muscular apendicular, incluyó 616 pacientes, que al igual que en los estudios anteriores fueron adultos de más de 60 años de edad. Este estudio tiene la ventaja que realizó dinamometría de mano, pruebas de movilidad además de DXA y por medio de regresiones lineales obtuvieron una ecuación para estimar o predecir la masa muscular apendicular, la cual presentó una alta correlación entre la MMA observada y la pronosticada. Sin embargo, comparando con nuestro estudio, además de no incluir a la población pediátrica, no correlacionaron la masa muscular obtenida por medio de las ecuaciones ya existentes con el DXA pero nos ofrece un panorama similar al nuestro difiriendo en la población incluida por lo que, concluye que esta ecuación obtenida por ellos podría ser (como nosotros lo estimábamos) de gran utilidad en el tamiz de sarcopenia en adultos mayores. (43)

Otro de los estudios realizados en población pediátrica además del de Brambilla, fue el elaborado por Valente dos –Santos, quien al igual que en los estudios anteriormente mencionados, realizó una ecuación para estimar el tejido muscular con antropometría utilizando el DXA como método de referencia, con la desventaja de que únicamente midió la masa muscular de los miembros inferiores, e incluyó rangos de edad de 10 a 13 años dejando el resto fuera del estudio. (48)

Se han elaborado herramientas para evaluar el estado nutricional y la composición corporal con el objetivo de ofrecer un diagnóstico nutricional más certero y completo, entre ellos se encuentra el índice de masa corporal que permite evaluar el riesgo metabólico y correlaciona con el tejido graso en un 90% sin tomar en cuenta el tejido muscular. El exceso de tejido graso y el déficit de masa muscular se ha asociado a problemas de salud como hipertensión, dislipidemia, diabetes tipo 2 e incremento del riesgo de obesidad en la edad adulta. En el año 2000 el Centro de Control y Prevención de Enfermedades, CDC por sus siglas en inglés recomendó el uso del IMC para describir el estado del peso en niños y adolescentes en sobrepeso y obesidad (58) siendo una de las principales herramientas en los centros de atención primaria para realizar el diagnóstico nutricional sin embargo, el personal de salud que se encuentra en primer nivel, no solo se enfrenta con la presencia de sobrepeso, sino también con la necesidad de identificar y brindar asesoría acerca del mismo junto con otros problemas de salud en cada visita médica. De igual manera, Como herramienta de tamiz, se debe realizar en poco tiempo, la cual es una de las ventajas del IMC, pero presenta barreras para su aplicación como la falta de precisión en la toma de peso y talla por parte del equipo médico (58)

lo que puede ocasionar un diagnóstico erróneo. También, como ya se mencionó, el IMC a pesar de ser una herramienta de fácil uso en primer nivel de atención, no diferencia entre los diferentes compartimentos corporales en situaciones en las que la composición corporal es de suma importancia. Así como la identificación temprana de sobrepeso es potencialmente importante, no es suficiente, es necesario el uso de otras herramientas que permitan evaluar la masa muscular debido a que de acuerdo a la literatura la masa muscular adquirida durante la niñez y adolescencia será primordial en la etapa adulta. (42)

El riesgo de enfermedades metabólicas debido a la deficiencia de masa muscular conlleva principalmente a pérdida de la función física y metabólica por enfermedad sistémica e inflamación crónica o como resultado de la edad combinado con un estilo de vida sedentario.(32–34)

Dentro de las consecuencias que ocasiona la presencia de masa muscular disminuida de acuerdo a lo reportado en la literatura se encuentran:

- Riesgo metabólico , mayor sensibilidad a la insulina en niños y adolescentes.(35,36)
- Valores más elevados de: circunferencia de cintura, presión arterial, triglicéridos, colesterol total e índice HOMA, es decir los adolescentes que tuvieron masa muscular deficiente presentaron mayor riesgo cardiometabólico independientemente del peso. (37)
- Uno de los principales efectos de la edad es la pérdida involuntaria de masa muscular, fuerza y función lo cual ha sido denominado con el término sarcopenia, que contribuyen a discapacidad en adultos mayores debido a que incrementan el riesgo de caídas y son más vulnerables a lesionarse lo que tendrá como consecuencia dependencia y discapacidad.

Otra situación en la cual es de suma importancia evaluar la masa muscular es en enfermedades como el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), la cual se relaciona con síndrome de desgaste que engloba pérdida de peso acompañado de diarrea, debilidad, fiebre y cambios en la composición corporal. Esto incluye desgaste de tejido magro que puede ocurrir incluso sin pérdida de peso por lo que evaluar únicamente el cambio en el peso puede no ser un buen indicador de las alteraciones relacionadas al virus de inmunodeficiencia humana (VIH). Este tipo de pacientes, presentan también síndrome de lipodistrofia que es el metabolismo y deposición anormal de las grasas e incluye lipoatrofia (pérdida de grasa subcutánea) y lipohipertrofia (ganancia de masa grasa en tronco). La lipodistrofia incluye también dislipidemia y resistencia a la insulina; estas anomalías afectan negativamente la estabilidad metabólica. (59) Existen diferentes mecanismos para la pérdida de peso y para la pérdida proteica en niños con VIH, que incluyen disminución del apetito e incremento en la utilización de los nutrientes asociados a la respuesta inflamatoria. También influyen los ayunos por ocasionar disminución en la ingesta, mal absorción o incremento en la pérdida de nutrientes pueden llevar a pérdida de peso la cual se debe en 80 a 90% a eventos

agudos y son principalmente pérdidas de tejido proteico . (59) Por lo anterior, en este tipo de pacientes la antropometría es de gran ayuda para obtener un proxy de la composición corporal. En la práctica habitual, se realiza antropometría y se obtiene la reserva muscular y grasa de extremidades, por medio de fórmulas matemáticas sin embargo faltaba evidencia que soportara si estas mediciones eran válidas a la hora de evaluar la masa muscular. Gracias al presente trabajo podemos afirmar que la antropometría es un buen estimador de la masa muscular apendicular al tener una correlación de >0.8 al compararlo con el DXA sin embargo, para realizar una mejor evaluación, es necesario que se obtengan mediciones seriadas por personal estandarizado que incluyan la circunferencia de extremidades para evaluar la pérdida y/o ganancia de masa muscular apendicular y de acuerdo a lo obtenido prescribir un adecuado tratamiento nutricional de acuerdo a las necesidades individualizadas de cada paciente.

Para lograr realizar de manera rutinaria este tipo de prácticas como parte de la valoración del estado nutricional del paciente pediátrico, se requiere otorgar a primer nivel de atención el material necesario: cinta y plicómetro, así como una capacitación con el objetivo de estandarizar al personal (enfermeras , nutriólogos y médicos) en las mediciones antropométricas logrando con esto que cualquier personal de salud tenga al alcance una forma de evaluar la masa muscular apendicular para las situaciones o condiciones de enfermedad que así lo requieran con un método sencillo y de bajo costo, y si fuera necesario , entonces recurrir a un método especializado.

En una perspectiva más amplia, la finalidad de medir la masa muscular no sólo es evaluar la composición corporal y diferenciarla de la masa grasa. De acuerdo con la aproximación sobre el curso de la vida (lifecourse approach) desarrollada por el Dr. David Barker, (60) el origen de las enfermedades en la edad adulta se encuentra en la infancia. En ese sentido, la masa muscular constituye un marcador de funcionalidad, que permite lograr un envejecimiento exitoso.(61) Así, contar con herramientas para valorar la masa muscular en el contexto de la atención primaria no sólo permite abordar el complejo problema de la coexistencia de desnutrición y obesidad en la misma población, sino que permite identificar mejor a población vulnerable. En un estudio realizado en EUA utilizando datos de la encuesta nacional de salud (NHANES) con individuos de 8 a 20 años, independientemente de IMC, aquellos que presentaron masa muscular en el cuartil más bajo presentaron niveles mayores en marcadores de riesgo cardiovascular, mismos que descendieron conforme la masa muscular incrementó. (62) Así, la masa muscular podría ser enfocada más como un marcador de salud y su adecuada evaluación puede ayudar a mejorar la calidad de vida.

Uno de los principales objetivos de realizar estas mediciones es debido a que la infancia y adolescencia es la etapa en la que podemos adquirir gran parte de la masa muscular por lo que debemos transmitir recomendaciones que nos permitan preservarla a lo largo de la vida y con esto

evitar enfermedades relacionadas a la deficiencia de masa muscular como enfermedades metabólicas, resistencia a la insulina, sarcopenia entre otras. Así mismo, el evaluar la masa muscular e implementar ejercicio en la población pediátrica podría evitar resistencia a la insulina como respuesta a la modificación del estilo de vida y ejercicio en niños obesos que presentan mayor tejido adiposo y menor masa muscular. (63) Incluso, comparando personas con peso normal con aquellos que presentan obesidad , éstos últimos presentan mayor masa muscular pero menor calidad muscular. La dieta prescrita para la pérdida de peso mejora la función física global debido a la reducción de la masa grasa, sin embargo una ingesta elevada de proteína (más no excesiva) ayuda a preservar la masa muscular durante la pérdida de peso, pero no mejora la fuerza muscular lo que puede ocasionar efectos adversos en la función metabólica. Para preservar tanto la masa muscular como la fuerza muscular no basta con llevar a cabo un plan de alimentación con un aporte elevado de proteína sino que también se debe realizar actividad física, principalmente ejercicios de resistencia durante la pérdida de peso y durante la vida diaria para mejorar la fuerza muscular. (64) Para promover un recambio proteico positivo, es necesario tomar en cuenta la calidad de la proteína. Es bien conocido el rol de los aminoácidos no solo como sustratos para la síntesis proteica , también están involucrados en varias funciones metabólicas y fisiológicas, la elección entre las diferentes fuentes de proteína dietética con diferente contenidos de aminoácidos y la digestibilidad representa un aspecto importante a la hora de elegir la proteína dietética óptima para efectos positivos en la fisiología del musculo esquelético. La proteína derivada de lácteos así como la proteína animal es considerada la mejor de las fuentes de proteína en términos de calidad debido a que teóricamente garantiza la estimulación de la síntesis proteica que puede resultar en un recambio proteico positivo y que puede contribuir al mantenimiento de la masa muscular por posible hipertrofia muscular. Como se mencionó anteriormente, un punto importante de la efectividad de la suplementación con proteína es la combinación con el entrenamiento así como individualizar la estrategia nutricional y el requerimiento proteico para cada paciente para tener resultados exitosos. (65)

Dentro de las debilidades del uso de la antropometría se encuentran que sólo es una estimación del área tanto grasa como muscular por medio de ecuaciones matemáticas que tiene la desventaja de no tomar en cuenta el área de tejido óseo, también puede haber presencia de posibles errores en la medición si el personal que realizará el proceso no ha sido estandarizado de forma correcta. Las limitaciones del estudio son la falta de muestra del grupo de edades de 20 años. De igual forma, sería necesario evaluar la actividad física de los participantes en el estudio con la masa muscular obtenida por ambos métodos así como la dieta, lo cual se podría realizar en investigaciones futuras.

Las fortalezas de nuestro estudio, la muestra consta de edades de 5 a 20 años de niños sanos con diferentes diagnósticos nutricionales lo cual abarca gran parte del espectro del fenómeno estudiado, así mismo, otros estudios restringen a ciertas edades, evaluando únicamente un rango de edades específico. En cuanto al tamaño de muestra, el del presente estudio es mayor en comparación con lo encontrado en la literatura. De acuerdo a la búsqueda realizada, en nuestro conocimiento, este es el primer estudio que se realiza en niños mexicanos para evaluar la correlación de la masa muscular apendicular con método preciso como el DXA con un método de referencia.

Sugerimos para futuros estudios realizar una ecuación para estimar la masa magra apendicular y/o total por medio de variables antropométricas para ser utilizada cuando no sea posible obtenerla por medio de un método especializado como el DXA, lo cual permitirá estimar la masa muscular apendicular de manera más precisa con un método de bajo costo y sencillo y con esto implementar programas de estandarización en medidas antropométricas que permitan realizar las mediciones de manera correcta y prescribir actividad física y/o tratamientos nutricios enfocados en el mantenimiento y/o ganancia de masa muscular.

CONCLUSIONES

El estudio de la masa magra apendicular por medio de antropometría es un método factible que se podría utilizar en primer, segundo o tercer nivel de atención cuando no se cuente con un método especializado. Dentro de los principales objetivos de realizar estas mediciones es debido a que la infancia y adolescencia es la etapa en la que podemos adquirir gran parte de la masa muscular por lo que debemos transmitir recomendaciones que nos permitan preservarla a lo largo de la vida y con esto evitar enfermedades relacionadas a la deficiencia de masa masa muscular. El evaluar la masa muscular e implementar ejercicio en la población pediátrica podría evitar resistencia a la insulina como respuesta a la modificación del estilo de vida y ejercicio en niños obesos que presentan mayor tejido adiposo y menor masa muscular. (63) Para preservar tanto la masa muscular como la fuerza muscular no sólo e debe llevar a cabo un plan de alimentación con un aporte elevado de proteína sino que también se debe realizar actividad física para mejorar la fuerza muscular. (64) debido a que un punto importante de la efectividad de la suplementación con proteína es la combinación con el entrenamiento así como individualizar la estrategia nutricional y el requerimiento proteico para cada paciente para tener resultados exitosos. (65)

De acuerdo a los resultados obtenidos, la antropometría contrario a lo que se cree sigue siendo un método útil que nos permite complementar el diagnóstico nutricional e implementar tratamientos nutricionales y planes de actividad física individualizados según la condición muscular de los niños. Como ya vimos, el tener masa muscular disminuida será un factor determinante en la presencia de enfermedades crónicas degenerativas en la edad adulta por lo que el valorarla desde etapas tempranas se debe implementar como parte de la evaluación nutricional y/o pediátrica.

REFERENCIAS

1. Barquera S., Campos I., Hernandez L., Pedroza A. RJ. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT). 2012;5(2).
2. FAO. Regional Overview of Food Insecurity Latin America and the Caribbean [Internet]. Strategic Survey. 2015. p. 1–74. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i4636e.pdf>
3. UNICEF RM. Salud y Nutrición [Internet]. Available from: <http://www.unicef.org/mexico/spanish/17047.htm>
4. Senbanjo IO, Oshikoya KA, Njokanma OF. Upper arm composition and nutritional status of school children and adolescents in Abeokuta, Southwest Nigeria. *World J Pediatr* [Internet]. 2014;10(4):336–42. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s12519-014-0470-4>
5. Zemel BS, Riley EM, Stallings VA. Evaluation of Methodology for Nutritional Assessment in Children: Anthropometry , Body Composition , and Energy Expenditure. *Annu Rev Nutr*. 1997;17:211–35.
6. Perez Lizaur Ana Bertha. Dietas Normales y Terapéuticas. Los alimentos en la salud y la enfermedad. 6ta ed. Graw-Hill M, editor. Mexico DF; 2014.
7. Vásquez E., Romero E. LA. Nutrición Clínica en Pediatría. Inter Sistemas, editor. Mexico DF: Nestle Nutrition; 2011. 119-147 p.
8. Casanueva E. , Kauffer Horwitz M., Pérez Lizaur A. AP. Nutriología Médica. Tercera Ed. Mexico DF: Panamericana; 2008.
9. Mascarenhas MR, Zemel B, Stallings VA. Nutritional Assessment in Pediatrics. *Nutrition*. 1998;14(1):105–15.
10. Moreno J. OLPL. Desnutrición hospitalaria en niños*. *Acta Pediatr Esp*. 2005;63:63–9.
11. UNICEF. Evaluación del crecimiento de niños y niñas. Gobierno de Salta. Argentina. 2012. 1-86 p.
12. Gomez Santos F. Desnutrición. *Bol Med Hosp Infant Mex*. 2016;73(5):297–301.
13. J. W. Classification and Definition of Protein-Calorie Malnutrition. *Br Med J*. 1972;566–9.
14. Barlow SE, Committee E. Expert Committee Recommendations Regarding the Prevention , Assessment , and Treatment of Child and Adolescent Overweight and Obesity : 2007;
15. Silva C, Galofre JC, Escalada J, Santos S, Milla D, Vila N, et al. Body mass index classification misses subjects with increased cardiometabolic risk factors related to elevated adiposity. 2012;286–94.
16. Chiquete E, Ruiz-sandoval JL, Ochoa-guzmán A, Sánchez-orozco L V, Lara-zaragoza ÉB, Basaldúa N, et al. The Quételet index revisited in children and adults. *Med Intensiva (English Ed [Internet]*. SEEN; 2014;61(2):87–92. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.endoen.2014.02.002>
17. Fitch A, Fox C, Bauerly K, Gross A, Heim C, Kaufman T, et al. Health Care Guideline Prevention and Management of Obesity for Children and Adolescents How to cite this document: Health Care Guideline : Prevention and Management of Obesity for Children and Adolescents. *Inst Clin Syst Improv*. 2013;
18. González Jiménez E. Composición corporal: Estudio y utilidad clínica. *Endocrinol y Nutr*. 2013;60(2):69–75.
19. Ellis KJ. Human body composition: in vivo methods. *Physiol Rev*. 2000;80(2):649–80.
20. Mahan K. E-SS. Krause Dietoterapia. 12a ed. Elsevier Masson, editor. 2008. 402-405 p.
21. Brodie D, Moscrip V, Hutcheon ROB. Body Composition Measurement: A Review of Hydrodensitometry , Anthropometry , and Impedance Methods. *Nutr Rev*. 1998;14(3):296–310.
22. B. BSC. Evaluación del estado de nutrición en el ciclo vital humano. 1era edici. Hill MG, editor. Mexico DF; 2012. 39-97 p.
23. Thibault R, Genton L, Pichard C. Body composition : Why , when and for who ? *Clin Nutr [Internet]*. Elsevier Ltd; 2012;31(4):435–47. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2011.12.011>

24. Ozturk A, Budak N, Cicek B, Mazicioglu MM, Bayram F, Kurtoglu S. Cross-sectional reference values for mid-upper arm circumference, triceps skinfold thickness and arm fat area of Turkish children and adolescents. *Int J Food Sci Nutr*. 2009;60(4):267–81.
25. Sun C, Ph D, Cheung M, Ph D. Childhood Adiposity, Adult Adiposity, and Cardiovascular Risk Factors. *N Engl J Med*. 2011;365.
26. Atlantis E., Martin SA, Haren MT, Taylor AW WG. Inverse associations between muscle mass, strength, and the metabolic syndrome. *Metabolism*. 2009;58:1013–22.
27. Kim J, Wang Z, Heymsfield SB, Baumgartner RN, Gallagher D. Total-body skeletal muscle mass : estimation by a new dual-energy. *Am J Clin Nutr*. 2002;378–83.
28. Frontera WR, Ochala J. Skeletal muscle: a brief review of structure and function. *Calcif Tissue Int*. 2015;96(3):183–95.
29. Smith JJ, Eather N, Morgan PJ, Plotnikoff RC, Faigenbaum AD, Lubans DR. The health benefits of muscular fitness for children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Sport Med*. 2014;44(9):1209–23.
30. Sport SIN, Education P. Bone , Fat and Muscle Gain in Pubertal Girls Effects of Physical Activity. 14-68 p.
31. Lee RC. Skeletal muscle mass and aging: regional and whole body measurement methods. *Can J Appl Physiol*. 2000;102–22.
32. Al-gindan YY, Hankey C, Govan L, Gallagher D, Heymsfield SB, Lean MEJ. Derivation and validation of simple equations to predict total muscle mass from simple anthropometric and demographic data 1 – 3. *Am J Clin Nutr*. 2014;(1).
33. Moura P, Pereira G, Alcântara G, Moreira G, Jr S, Petroski EL. Development and validation of anthropometric equations to estimate appendicular muscle mass in elderly women. *Nutr J*. 2013;1–11.
34. Volpi E, Nazemi R, Fujita S. Muscle tissue changes with aging. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2004;7(4):405–10.
35. Benson AC, Torode ME, Singh MAF. Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in children and adolescents. *Int J Pediatr Obes*. 2006;1(August):222–31.
36. Mc Carthy, H.D. SR. Skeletal muscle mass reference curves for children and adolescents. *Pediatr Obes*. 2013;9:249–59.
37. Burrows R. Low muscle mass is associated with cardiometabolic risk regardless of nutritional status in adolescents: A cross-sectional study in Chilean birth cohort. *Pediatr Diabetes*. 2017;1.
38. Kim J-H. Low muscle mass is associated with metabolic syndrome in Korean adolescents: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2009-2011. *Nutr Res*. 2016;36(12):1423–8.
39. Deutz NEP, Bauer JM, Barazzoni R, Biolo G, Boirie Y, Bosy-westphal A, et al. Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging : Recommendations from the ESPEN Expert Group. *Clin Nutr [Internet]*. Elsevier Ltd; 2014;33(6):929–36. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2014.04.007>
40. Wolfe RR. The underappreciated role of muscle in health and disease. *Am J Clin Nutr*. 2006;84:475–82.
41. Torres-Costoso A, Gracia-Marco L, Sánchez-López M, García-Prieto JC, García-Hermoso A, Díez-Fernández A, et al. Lean mass as a total mediator of the influence of muscular fitness on bone health in schoolchildren: a mediation analysis. *J Sports Sci [Internet]*. 2014;33(8):817–30. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2014.964750>
42. Brook MS, Wilkinson DJ, Phillips BE, Perez-Schindler J, Philp A, Smith K, et al. Skeletal muscle homeostasis and plasticity in youth and ageing: Impact of nutrition and exercise. *Acta Physiol*. 2016;216(1):15–41.

43. Lera L, Albala C, Ángel B, Sánchez H, Picrin Y, Hormazabal MJ, et al. Predicción de la masa muscular apendicular esquelética basado en mediciones antropométricas en Adultos Mayores Chilenos. 2014;29(3):611–7.
44. Al-gindan YY. Predicting muscle mass from anthropometry using magnetic resonance imaging as reference: a systematic review. *Nutr Rev*. 2014;72(2):113–26.
45. Gutin B, Litaker M, Islam S, Manos T, Smith C, Trieber F. Body-composition measurement and bioimpedance and. *Am J Clin Nutr*. 1996;63:287–92.
46. HR S, Fusch G. Body fat in neonats and young infants: validation of skinfold thickness versus dual-energy X-ray absorptiometry. *Am J Clin Nutr*. 2002;76:1096–100.
47. Boeke CE, Oken E, Kleinman KP, Rifas-shiman SL, Taveras EM, Gillman MW. Correlations among adiposity measures in school-aged children. *BMC Pediatr*. BMC Pediatrics; 2013;
48. Valente-Dos-Santos, Joao. Coelho-Silva M. Prediction Equation for Lower Limbs Lean Soft Tissue in Circumpubertal Boys Using Anthropometry and Biological Maturation. *PLoS One*. 2014;9(9).
49. Kulkarni B, Kuper H, Taylor A, Wells JC, Radhakrishna K V, Kinra S, et al. Development and validation of anthropometric prediction equations for estimation of lean body mass and appendicular lean soft tissue in Indian men and women. 2013;1156–62.
50. Jensen SM, Mølgaard C, Ejlerskov KT, Christensen LB, Michaelsen KF, Briend A. Validity of anthropometric measurements to assess body composition, including muscle mass, in 3-year-old children from the SKOT cohort. *Matern Child Nutr*. 2015;11(3):398–408.
51. Brambilla P RCM. Lean mass of children in various nutritional states. Comparison between dual - energy X ray absorptiometry and anthropometry. *Ann New York Acad Sciences*. 2000;904:433–6.
52. Real Academia Española [Internet]. 2015. Available from: <http://lema.rae.es/drae/srv/search?key=edad>
53. OMS. Obesidad y sobrepeso [Internet]. 2015. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>
54. Hernández LO. Evaluación nutricional de adolescentes. 3. Composición corporal. *Rev Med Imss*. 2002;223–32.
55. Frisancho R. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr*. 1981;34:2540–5.
56. Clark P, Denova-Gutierrez E, Ambrosi R, Szulc P, Rivas-Ruiz R, Salmerón J. Reference Values of Total Lean Mass, Appendicular Lean Mass, and Fat Mass Measured with Dual-Energy X-ray Absorptiometry in a Healthy Mexican Population. *Calcif Tissue Int* [Internet]. Springer US; 2016;99(5):462–71. Available from: "http://dx.doi.org/10.1007/s00223-016-0181-z
57. Carvalho WRG de, Gonçalves EM, Ribeiro RR, Farias ES, Carvalho SSP de, Guerra-Júnior G. Influence of body composition on bone mass in children and adolescents. *Rev da Assoc Médica Bras* [Internet]. 2011;57(6):662–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22249546>
58. Flower KB, Perrin EM, Viadro CI, Ammerman AS. Using body mass index to identify overweight children: barriers and facilitators in primary care. *Ambul Pediatr* [Internet]. 2007;7(1):38–44. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1530156706002127>
59. Cade Fields-Gardner M. Position of the American Dietetic Association: Nutrition Intervention and Human Immunodeficiency Virus Infection. *J Am Diet Assoc*. 2010;110:1105–19.
60. Barker DJP. Developmental origins of adult health and disease. *J Epidemiol Community Heal*. 2004;58:114–5.

61. Kuh D, Karunanathan S, Bergman H, Cooper R. Conference on “ Nutrition and healthy ageing ” Symposium 2: Epidemiology of human ageing A life-course approach to healthy ageing : maintaining physical capability. *Proc Nutr Soc.* 2014;73(January):237–48.
62. Kim S, Valdez R, Disabilities D. Metabolic risk factors in U.S. youth with low relative muscle mass. *Obes Res Clin Pr.* 2015;9(2):125–32.
63. SE MC. Effects of exercise and lifestyle modification on fitness, insulin resistance, skeletal muscle oxidative phosphorylation and intramyocellular lipid content in obese children and adolescents. *Pediatr Obes.* 2014;9(4):281–91.
64. Cava E, Yeat NC, Mittendorfer B. Preserving Healthy Muscle during Weight Loss. *Adv Nutr An Int Rev J* [Internet]. 2017;8(3):511–9. Available from: <http://advances.nutrition.org/lookup/doi/10.3945/an.116.014506>
65. Lancha AH, Zanella R, Tanabe SGO, Andriamihaja M, Blachier F. Dietary protein supplementation in the elderly for limiting muscle mass loss. *Amino Acids* [Internet]. Springer Vienna; 2017;49(1):33–47. Available from: "<http://dx.doi.org/10.1007/s00726-016-2355-4>