



**Universidad Zaragoza**

**MÁSTER DE INICIACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN EN MEDICINA**

**ASOCIACIÓN ENTRE ACTIVIDAD FÍSICA, CONDICIÓN FÍSICA Y MASA MAGRA  
EN NIÑOS**

Autor: BLADIMIR MUÑOZ RODRIGUEZ

Tutores: Gerardo Rodríguez Martínez

Iris Iglesia Altaba

Línea de investigación: crecimiento y desarrollo

## RESUMEN

La obesidad y el sobrepeso infantil unidos a un patrón de vida sedentario o de perfiles de baja actividad física, se han asociado como predictores de riesgo cardiovascular e indicador de salud en el adulto.

El componente musculo esquelético constituye uno de los aspectos de mayor relevancia metabólica en la salud, por ser el sustrato de muchos procesos que comunican numerosos órganos y que regulan el metabolismo de lípidos, carbohidratos y proteínas, mediando proceso de regulación hormonal, fenómenos inflamatorios, capacidad oxidativa mitocondrial y equilibrio del tejido graso en todo el organismo.

Existen estudios contradictorios sobre el efecto que tiene la actividad y la condición físicas en niños sobre la composición corporal, en especial la masa libre de grasa. Por ello, en este trabajo queremos valorar la asociación de la masa libre de grasa (MLG), medida mediante absorciometría dual de rayos X (DXA) y el área de sección transversal del musculo, medida con tomografía periférica cuantitativa (pQCT) con la actividad física medida mediante acelerometría y la condición física en un grupo de niños españoles participantes en el estudio CALINA (**C**recimiento y **A**limentación durante la **L**actancia y la primera infancia en **Niños Aragoneses**). (Growth and Feeding during breastfeeding and early childhood).

Para medir la asociación entre la actividad física, medida objetivamente mediante acelerometría y la condición física en niños, con la masa magra medida por

absorciometría dual de rayos X (DXA) y tomografía computarizada periférica (Pqct), se realizó el presente estudio longitudinal en una cohorte representativa de niños aragoneses incluidos en el proyecto CALINA (**C**recimiento y **A**limentación durante la **L**actancia y la primera **I**nfancia en **Niños Aragoneses**).

El estudio mostró una correlación positiva entre la masa magra y la fuerza muscular medida por el test de fuerza prensil, especialmente en los niños con una buena significación estadística ( $p < 0,01$  y Coeficiente de correlación  $Rho = 0,510$ ).

No se encontró asociación entre la condición física medida por el salto de longitud con los pies juntos con la masa magra. La actividad física, de todos los niveles de intensidad medida mediante acelerómetros, no mostro correlación con la masa magra.

Los niños mostraron niveles más altos de actividad física que las niñas en todos los niveles de intensidad medidos con acelerómetros.

El hallazgo de la correlación positiva moderada entre la masa libre de grasa con la condición física medida por el test de fuerza prensil podría ser de utilidad a nivel de salud pública, pues la medición de la fuerza prensil en niños permitiría la evaluación de manera rápida, sencilla y económica de la masa libre de grasa, y debido a que una disminución en la fuerza prensil, como indicador de condición física, se asocia como factor de riesgo para desarrollar enfermedades cardiovasculares, síndrome metabólico y estados inflamatorios crónicos en la edad adulta, esta medición sería un factor predictor para la prevención de tales eventos.

De acuerdo con estos hallazgos, la estrategia de la promoción de la actividad física para niños debería hacer más hincapié en el fomento de actividades que estimulen la

fuerza muscular, además de las actividades aeróbicas, aplicada a nivel poblacional, con lo cual favoreceríamos un perfil de composición corporal más saludable.

Se requieren estudios adicionales para precisar la influencia de la actividad física y la condición física sobre la masa libre de grasa, en especial la condición de fuerza.

## **SUMMARY**

Childhood obesity and overweight linked to a sedentary or Low physical activity profiles have been associated as risk predictors cardiovascular and health indicators in adults, and this leads to deterioration of physical fitness since childhood, which has been very related as a predictive parameter of cardiovascular risk in adults. The skeletal muscle component constitutes one of the aspects of greater metabolic relevance in health, as it is the substrate of numerous processes that communicate various organs and that regulate the metabolism of lipids, carbohydrates, and proteins, mediating the process of hormonal regulation, inflammatory phenomena, mitochondrial oxidative capacity and balance of fatty tissue throughout the body. There are conflicting studies on the effect of physical activity and physical fitness in children on body composition, especially fat-free mass. To measure the association between physical activity, objectively measured by accelerometers and physical fitness in children with lean mass measured by DXA and pQCT, the present longitudinal study was performed in a representative cohort of Aragonese children included in the CALINA project (Growth and Feeding during Lactation and Early Childhood in Aragonese Children), which included data on physical activity, physical fitness and body composition (database of the GENUD research group). The study showed a high direct correlation between lean mass and muscle strength as measured by the prehensile strength test, especially in

children with statistical significance ( $p < 0.01$  and Rho Correlation Coefficient = 0.510). No association was found between the physical fitness measured by the long jump with the feet together with the lean mass. Physical activity, of all intensity levels measured by accelerometers, showed no correlation with lean mass. Boys showed higher levels of physical activity than girls at all intensity levels measured with accelerometer.

The finding of the moderate positive correlation between the fat-free mass and the physical condition measured by hand grip strength test could be useful at the level of public health, since the measurement of the hand grip strength in children would allow the evaluation to be done quickly, simple and inexpensive fat-free mass, and because a decrease in hand grip strength, as an indicator of fitness, is associated as a risk factor to develop cardiovascular disease, metabolic syndrome and chronic inflammatory states in adulthood, this measurement would be a predictor for the prevention of such events.

According to these findings, the strategy of promoting physical activity for children should place more emphasis on promoting activities that stimulate muscle strength, in addition to aerobic exercises, applied at the population level, which would favor a profile of healthier body composition.

Further studies are required to clarify the influence of physical activity and physical fitness on fat-free mass, especially muscular strength, to evaluate which components of physical fitness are best correlated with fat-free mass.

## **PALABRAS CLAVE**

*Actividad física, condición física, composición corporal, masa grasa, masa magra, , tomografía computarizada periférica cuantitativa (pQCT), Absorciometría Dual de Rayos X (DXA).*

## Contenido

<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS</b> .....	7
<b>INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN</b> .....	9
ACTIVIDAD FÍSICA.....	9
MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA .....	16
COMPOSICIÓN CORPORAL.....	21
MÉTODO DIRECTO .....	22
MÉTODOS INDIRECTOS .....	22
MÉTODOS DOBLEMENTE INDIRECTOS PARA LA MEDICIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL....	31
CONDICIÓN FÍSICA .....	35
MÉTODOS PARA MEDICIÓN DE CONDICIÓN FÍSICA .....	36
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	40
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	40
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	41
PARTICIPANTES DEL ESTUDIO .....	41
ASPECTOS ÉTICOS.....	41
MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS.....	42
PARÁMETROS DE COMPOSICIÓN CORPORAL.....	43

ABSORCIOMETRIA DUAL DE RAYOS X (DUAL ENERGY X-RAY ABSORPTIOMETRY DXA) .....	43
TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA PERIFÉRICA CUANTITATIVA (pQCT).....	44
ACTIVIDAD FÍSICA.....	46
CONDICIÓN FÍSICA .....	47
PRUEBA DE FUERZA PRENSIL .....	47
TEST DE SALTO LONGITUDINAL .....	48
ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	48
RESULTADOS .....	50
CORRELACIÓN ENTRE ACTIVIDAD FÍSICA Y COMPOSICIÓN CORPORAL .....	53
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL MÚSCULO, MEDIDA POR pQCT.....	53
CORRELACIÓN ENTRE CONDICIÓN FÍSICA Y ASTM (medida por pQCT) .....	54
CORRELACIÓN ENTRE ACTIVIDAD FÍSICA Y COMPOSICIÓN CORPORAL MEDIDA POR DXA .....	56
CORRELACIÓN ENTRE CONDICIÓN FÍSICA Y COMPOSICIÓN CORPORAL MEDIDA POR DXA.....	59
DISCUSIÓN.....	61
CONCLUSIONES .....	68
BIBLIOGRAFIA.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1 Intensidades y puntos de corte de acelerometría .....	20
Tabla 2 Antropometría, niveles de actividad física y condición física de la población.....	52
Figura No 1 Vías de regulación metabólica del musculo esquelético y acciones de las más importantes mioquinas.....	15
Figura No 2 Intensidad de la Actividad Física en niños y niñas .....	53
Figura No 2a Condición física en niños y niñas .....	54
Figura No 3 Correlación entre actividad física vigorosa con área de sección transversal del músculo por genero .....	55
Figura No 4 Correlación entre salto de longitud con pies juntos con área de sección transversal del músculo por género .....	56

Figura No 5 Correlación entre fuerza prensil con área de sección transversal del músculo por género .....	57
Figura No 6 Correlación entre actividad física sedentaria con masa magra sin hueso por género .....	58
Figura No 7 Correlación entre actividad física ligera con masa magra sin hueso por género .....	58
Figura No 8 Correlación entre actividad física moderada con masa magra sin hueso por género .....	59
Figura No 9 Correlación entre actividad física vigorosa con masa magra sin hueso por género .....	60
Figura No 10 Correlación entre actividad física moderada-vigorosa con masa magra sin hueso por género .....	60
Figura No 11 Correlación entre salto de longitud en pies juntos con masa magra sin hueso por género .....	61
Figura No 12 Correlación entre fuerza prensil con masa magra sin hueso por género .....	62



## INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La obesidad y el sobrepeso infantil constituyen un serio problema de salud pública que ha venido incrementándose en muchos países (1), lo cual es preocupante pues son entidades asociadas con alto riesgo de obesidad en el adulto y posterior deterioro de la salud (2).

El desarrollo de la obesidad en la infancia puede tener un impacto negativo sobre la condición física (3), la cual es un poderoso indicador de salud desde la niñez, ya que se asocia con una mejor condición cardiovascular, fuerza muscular y un menor riesgo de muerte prematura (4)(5).

### ACTIVIDAD FÍSICA

La actividad física (AF) se entiende como cualquier movimiento corporal generado por los músculos esqueléticos y que requiere un gasto energético, y se mide a través del índice metabólico denominado MET (indica la energía que se consume en reposo, y es el consumo mínimo de oxígeno en reposo para mantener las funciones vitales) el cual equivale a 3,5 ml/Kg/min de O<sub>2</sub>. Con base en estos parámetros la AF se ha clasificado en leve si se genera un gasto energético menor a 3 mets, moderada entre 3 y 6 mets y vigorosa mayor de 6 mets (6).

Según la OMS, las recomendaciones para niños entre los 5 a los 18 años, la actividad física consiste en juegos, deportes, desplazamientos, actividades recreativas,

educación física o ejercicios programados, en el contexto familiar, escolar o en la comunidad. Con el fin de mejorar las funciones cardiorrespiratorias y musculares y la salud ósea y de reducir el riesgo de enfermedades no transmisibles se recomienda que inviertan como mínimo 60 minutos diarios en actividades físicas de intensidad moderada a vigorosa, la actividad física por un tiempo superior a 60 minutos diarios reportará un beneficio aun mayor para la salud, la actividad física diaria debería ser, en su mayor parte, aeróbica, por tanto convendría incorporar, como mínimo tres veces por semana, actividades vigorosas que refuercen, en particular, los músculos y los huesos. (2).

Según la encuesta Nacional de Salud Española (E.N.S.E.) solamente el 21% de los niños menores de 10 años cumplen las recomendaciones sobre actividad física diaria, de al menos 60 minutos diarios de actividad física moderada o vigorosa (7) y según el informe EDIFCS (**I**dentification and prevention of **D**ietary and lifestyles-induced health **E**ffects **I**n **C**hildren and infant**S**), solamente el 30% de los varones lo logran, mientras que solamente el 12 % de las niñas cumplen esta recomendación(8).

Diversas políticas internacionales y nacionales se han encaminado a la promoción de la actividad física en la infancia y la adolescencia, así como la necesidad de validar instrumentos para la medición de la intensidad de la actividad física de manera especial en la población infantil (9).

Existen varios métodos para la determinación de los niveles de actividad física especialmente en el ámbito clínico, dentro de los cuales están incluidos métodos subjetivos como la aplicación de cuestionarios, y registros o métodos objetivos mediante podómetros y acelerómetros (10).

El estudio de la composición corporal es un aspecto importante para la evaluación del estado nutricional pues permite cuantificar las reservas corporales del organismo, así como la influencia que ejerce la actividad física y la condición física, sobre cada uno de los compartimientos corporales.

Existen múltiples métodos para la medición de la composición corporal, desde los métodos antropométricos a partir de los valores obtenidos de la medición de pliegues cutáneos en diferentes puntos, de las longitudes y perímetros de las extremidades, para predecir según modelos matemáticos las masas grasa y magra, que utilizan técnicas sencillas, económicas, asequibles e inofensivas pero que presentan algunas desventajas en cuanto a la fiabilidad, exactitud inherentes al error humano y a la cualificación del personal que hace las mediciones (11), en la actualidad existen métodos confiables, con altos índices de exactitud, reproducibilidad, y que permiten discriminar de manera muy importante cada uno de los componentes corporales y por lo tanto, son los preferidos para llevar a cabo estudios clínicos o de investigación, cuando se dispone de recursos suficientes ya que no son baratos; dentro de esas técnicas están la Absorciometría Dual de Rayos X (DXA) y la Tomografía computarizada periférica cuantitativa (pQCT), que ofrecen altos índices de precisión, confiabilidad y que están validados por múltiples estudios(12).

El desarrollo de la obesidad en la infancia puede tener un impacto negativo sobre la condición física (3), la cual es un poderoso indicador de salud desde la niñez, ya que se asocia con una mejor condición cardiovascular, fuerza muscular y un menor riesgo de muerte prematura (4)(5).

Sin embargo no se tiene certeza si esta asociación está presente desde la edad preescolar, en especial en niños menores de 5 años; ya que hasta la fecha hay pocos estudios llevados a cabo en preescolares. Estudios como el desarrollado por Galván y colaboradores (13), sugieren una relación inversa entre el Índice de Masa corporal (IMC) y la condición física (especialmente condición cardiorrespiratoria), pero demuestran que hay relación directa entre el IMC con la fuerza muscular en la parte superior del cuerpo medida a partir de la fuerza prensil.

Por otra parte existen muchos estudios que no muestran una asociación clara entre el IMC con la fuerza muscular de la parte inferior del cuerpo (14) y mediciones de agilidad y velocidad (15).

Dentro del marco del estudio IDEFICS se mostró en un grupo de escolares y adolescentes europeos que el IMC tenía un impacto significativo sobre la condición física, el efecto del IMC sobre la condición física se intensificó con la edad. La obesidad y el sobrepeso afectaron negativamente la capacidad aeróbica, la agilidad y la fuerza de las extremidades inferiores (16).

En cuanto a la masa grasa, el índice de masa corporal (IMC) tiene una fuerte relación con el porcentaje de masa grasa (MG) en la población preescolar, sin embargo no es clara la asociación con la masa magra, y ambos componentes pueden influir en el valor total del índice de masa corporal ya que el índice de masa corporal es el resultado de la suma del índice de masa grasa y el índice de masa libre de grasa (17).

El estudio de Freedman et al. encontró que el índice de masa corporal presenta una fuerte asociación con la masa grasa entre niños relativamente pesados (con IMC > percentil 85), sin embargo entre los niños con un índice de masa corporal < al percentil

50, se encontró una moderada asociación con el índice de masa libre de grasa, al menos tan fuerte como la encontrada entre el IMC y el Índice de masa grasa(18).

En nuestro conocimiento solamente dos estudios (19)(20) han reportado algún dato de la asociación estimada de la masa grasa (MG) con la condición física en prescolares, el primero encontró que un alto porcentaje de masa grasa, medido mediante pliegues cutáneos, estaba asociado con incremento en el test de tiempo de carrera de media milla ; mientras que el segundo encontró que un alto porcentaje de masa grasa, también medido por pliegues cutáneos estuvo asociado con una baja condición física cardiovascular en niños de 5 y 6 años .

En lo que respecta a la masa libre de grasa (MLG) pocos estudios han investigado su asociación con la condición física en prescolares. Es el caso del estudio llevado por Henrikson y col., el cual evidenció que un alto Índice de Masa libre de Grasa (IMLG) estaba asociado con una mejor condición física cardiorrespiratoria , mejor fuerza prensil, mejor fuerza muscular del tren inferior y mejor fitness motor (1).

La medición de la masa libre de grasa (MLG), mediante BIA, permite valorar de manera independiente de la influencia del componente de masa grasa (MG) de forma razonablemente precisa y repetible en estudios con niños con parálisis cerebral donde se encontró una alta correlación con la masa libre de grasa pero una débil relación con la masa grasa (21).

En el caso de población adolescente, altos niveles de fuerza muscular se han asociado con una condición cardiovascular más saludable y con un alto contenido mineral óseo, mientras que se ha relacionado de manera inversa con adiposidad central. Sin embargo,

no hay estudios que se relacionen con otros factores de riesgo cardiovascular como la hipertensión arterial sistólica, hiperlipidemia y aumento de lipoproteínas(5).

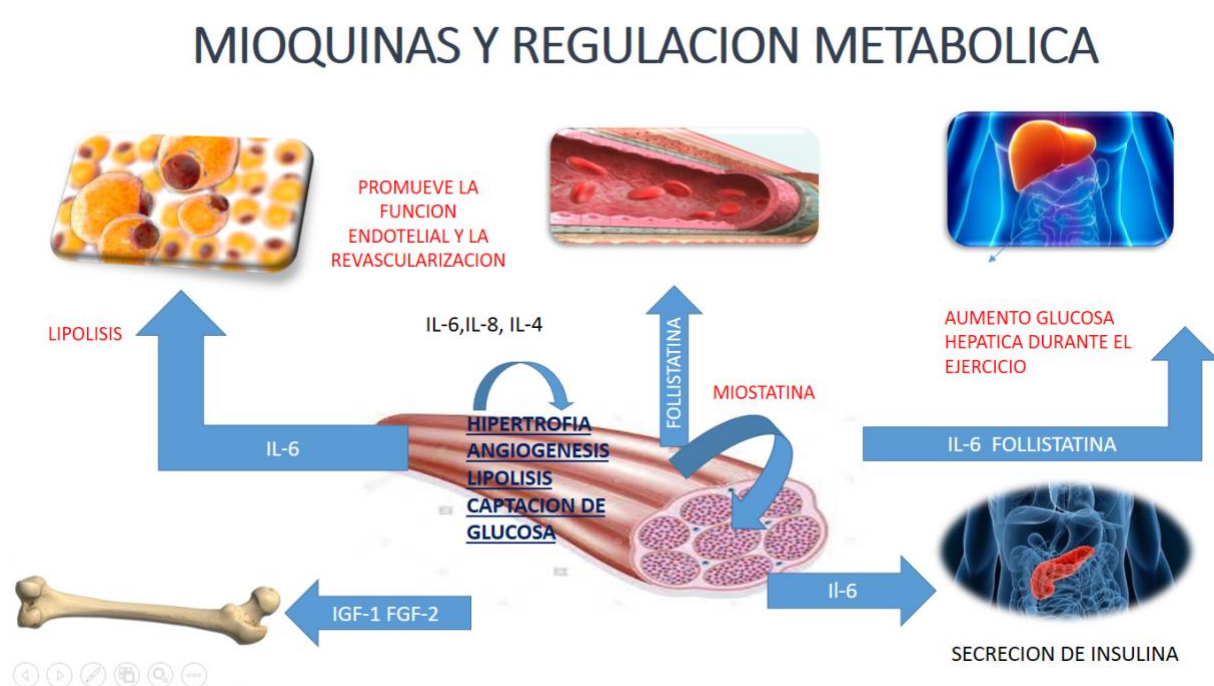
La masa magra es un factor predictor de la fuerza muscular, el incremento de la fuerza muscular a través del entrenamiento se logra por la optimización en el reclutamiento y sincronización de las unidades motoras, por lo que muchas organizaciones de salud respaldados en numerosos estudios (85) recomiendan los entrenamientos de resistencia para mejorar la salud y la condición física (Behn et al 2008).

Los programas de entrenamiento de resistencia y fuerza muscular ofrecen a los niños con sobrepeso y obesidad una oportunidad para mejorar su salud, su condición física y su calidad de vida, aunque se requieren ensayos adicionales para examinar a largo plazo los efectos de estos programas, los hallazgos recientes indican que el entrenamiento de la resistencia y la fuerza pueden ofrecer beneficios en la salud y en la condición física a los niños y adolescentes sin importar el tamaño corporal si estos programas son supervisados por profesionales competentes y son variados con el tiempo (22).

Por otro lado, la inactividad física se ha relacionado con alrededor de 3.2 millones de muertes anuales, lo que la ubica dentro de los cuatro principales factores de riesgo de mortalidad en el mundo (2) y además es causa de enfermedades crónicas como la enfermedad coronaria, diabetes mellitus tipo II y algunos tipos de cáncer (23).

Esta asociación, según algunos estudios, puede deberse a que el musculo está mediando una permanente comunicación con otros órganos como el hígado, tejido graso y cerebro entre otros, a través de mioquinas, que regulan y mantienen el equilibrio del metabolismo de glucosa, lípidos mecanismos de la inflamación y el

balance energético (14). Por lo tanto, una disminución en la masa muscular podría asociarse con una reducción en la acción de la insulina, incremento del tejido adiposo, incremento de citoquinas inflamatorias (adipoquinas), activación del sistema renina-angiotensina-aldosterona, así mismo la acumulación de lípidos intramusculares y radicales libres, alterando finalmente la capacidad oxidativa mitocondrial muscular (14).



**Figura No. 1.** Vías de regulación metabólica del músculo esquelético y acciones de las más importantes mioquinas. Elaboración propia , basado en(24).

Con la inactividad física, además puede ocurrir una disminución en las fibras musculares tipo I que ejercen acción metabólica independientemente de la edad, lo que conllevaría a obesidad, hipertensión arterial, diabetes mellitus, fenómenos inflamatorios sistémicos, patologías derivadas del deterioro endotelial y una elevada propensión a desarrollar síndrome metabólico. Este amplio espectro de efectos toma

más relevancia tomando en cuenta que cada día la población adolescente de los países desarrollados y en desarrollo es más inactiva(8).

Actualmente, la relación entre los niveles de actividad física, condición física y composición corporal, específicamente la masa grasa, han sido ampliamente estudiados en niños y adolescentes (1) aunque con resultados contradictorios, y en lo que se refiere a masa muscular y su relación con actividad física y condición física los estudios son todavía limitados (25)

#### METODOS DE MEDICION DE LA ACTIVIDAD FISICA

Existen varios métodos para la determinación de los niveles de actividad física especialmente en el ámbito clínico, dentro de los cuales están incluidos métodos subjetivos como la aplicación de cuestionarios, y registros o métodos objetivos mediante podómetros y acelerómetros (10).

La forma más fácil y rápida de identificar el nivel de actividad física es mediante el uso cuestionarios, los cuales se han desarrollado para evaluar distintos ámbitos del comportamiento cotidiano del paciente. Estos varían de acuerdo al número de preguntas, tipo de información que se investiga y plazo para la recolección de los datos (26).

En la actualidad existen cuestionarios universales, los cuales poseen muy pocos elementos y su objetivo es identificar de manera general en nivel de actividad física de una persona o clasificar el comportamiento del individuo en categorías. Por su facilidad de realización son ideales en estudios clínicos, sin embargo, dentro de sus limitaciones se encuentran el no proporcionar datos suficientes y certeros para



determinar las relaciones dosis-respuesta, fuerza de asociación entre los comportamientos y los resultados obtenidos por lo que pueden generar errores de clasificación de la actividad física (27).

Por otro lado, los cuestionarios cortos, permiten obtener información sobre la frecuencia, intensidad y tipos de actividad física, registrar datos de las últimas 4 semanas y pueden ser más específicos en cuanto al tipo de actividad y niveles de intensidad. Son utilizados con frecuencia pues son más fáciles de diligenciar por el paciente, toman menos tiempo en su realización y se puede minimizar el error de la recordación por parte del entrevistado si se dispone de un entrevistador entrenado (26).

Dentro de los métodos de referencia utilizados para la medición de la actividad física el método de referencia es sin duda la calorimetría directa, que se realiza en una cabina hermética con control de todas las variables ambientales, monitorización del peso, ingesta calórica, signos vitales y la intensidad del esfuerzo realizado por el sujeto. Allí se analiza el aire espirado y a través del análisis de estas variables se calcula el gasto energético producido por la actividad física asociado al calor emitido por el individuo.

Este procedimiento es usualmente costoso, muy poco accesible a todos los ámbitos y con producción de resultados muy lenta; por estas razones se dispone de una técnica alternativa que mide de manera indirecta el gasto del metabolismo basal y la actividad física: la calorimetría indirecta (6).

La calorimetría indirecta mide la producción de calor a partir del oxígeno consumido y el CO<sub>2</sub> liberado, asumiendo que todo el O<sub>2</sub> liberado es usado en el metabolismo

oxidativo y que todo el CO<sub>2</sub> espirado deriva de la completa oxidación de los sustratos , adicionalmente se tiene en cuenta que todo el nitrógeno que resulta del metabolismo proteico se elimina por la orina en forma de urea (6).

El agua doblemente marcada es otro método de referencia y consiste en dar agua doblemente marcada con dos isotopos deuterio H<sub>2</sub> y oxígeno O<sub>18</sub> para determinar su eliminación del agua corporal.

El Deuterio se elimina como agua y el oxígeno se elimina en forma de agua y CO<sub>2</sub>, la diferencia de la eliminación de los isotopos permite calcular el CO<sub>2</sub> producido y en consecuencia el gasto energético, el proceso puede tardar hasta dos semanas y resulta costoso y mide gasto energético total y no distingue en actividad física, gasto metabólico y termogénesis (6).

#### *ACCELEROMETRIA*

Finalmente, otro método objetivo utilizado para la medición de la actividad física es el uso de acelerómetros, el cual consiste en un dispositivo dotado de un mecanismo electromecánico que mide las aceleraciones y las registra mediante una unidad de medida denominada COUNT.

El registro se realiza por un sistema piezoeléctrico en tres direcciones o ejes (longitudinal, transversal y anteroposterior); permitiendo saber la cantidad e intensidad de la actividad física realizada. Se programa para registrar los COUNT en un intervalo de tiempo establecido (EPOCH), por ejemplo, si se establece un EPOCH de 20 segundos, el acelerómetro registra todas las aceleraciones ocurridas en ese intervalo de tiempo, guardando la media de las aceleraciones en ese tiempo. Es posible programar los EPOCH desde un segundo hasta 2 minutos, esta programación

depende del tipo de actividad que se va a medir y de las características de la población que se va a estudiar. Finalmente, los COUNTS pueden ser convertidos a mets o su equivalente metabólico (28).

Para la interpretación de la información en la actualidad se cuenta con puntos de corte preestablecidos para clasificar la intensidad de la AF.(28).

A continuación se presenta en la tabla numero 1 varios puntos de corte.(29).

**TABLA No 1 INTENSIDADES Y PUNTOS DE CORTE DE ACELOROMETRIA**

<b>Intensidad actividad</b>	<b>Freedson 2005</b>	<b>Puyau 2002</b>	<b>Mattocks 2007</b>	<b>Evenson 2014</b>	<b>Gasto calórico (METs)</b>	<b>Ejemplo</b>
<b>Sedentaria</b>	0-149	0-799	0-100	<100	< 1,5	Sentarse, tumbarse, viaje en coche
<b>Ligera</b>	150-499	800-3199	101-3580	101-2295	1,5-3,0	Caminar a <3,2 km/h
<b>Moderada</b>	500-3999	3200-8199	3581-6129	2295-4011	3,0-6,0	Caminar >3,2 Km/h, juegos aeróbicos
<b>Vigorosa</b>	4000-7599	>8200	>6130	> 4012	>6,0	Carrera, juegos anaeróbicos
<b>Muy</b>	>7600					

---

## vigorosa

---

Como las demás metodologías, tiene algunas limitaciones pues solamente registra aceleraciones. En el caso de actividades que se realizan a velocidad constante (ejemplo montar en bicicleta) solo se registran las aceleraciones en dos ejes.

Otras de sus limitaciones es no poder ser utilizadas en actividades acuáticas pues los modelos actuales no son impermeables, son costosos y no registran movimientos que se realizan con las extremidades, por lo que actividades en las que participen extremidades superiores serán infravaloradas.

Sin embargo, a pesar de estas limitaciones sigue siendo la herramienta más fiable y útil disponible para la evaluación de la intensidad de la actividad física especialmente en niños (29).

Existen otros métodos para la medición de la actividad física como los podómetros que dan una estimación razonable de los pasos dados durante el día con la distancia recorrida, muestran gran potencial para la medición de la actividad diaria ,en especial para niveles de actividad ligera y moderada, por lo tanto ofrecen un gran potencial para estudios de medición de actividad física en niños y adolescentes en particular en estudios a gran escala, en los que han mostrado buena confiabilidad y precisión(30)(31).

Otro método para medición de actividad física a través de la variación de la frecuencia cardiaca, son los pulsímetros o monitores de frecuencia cardiaca, que miden gráficamente y de manera digital la frecuencia cardiaca, actualmente existen relojes con sensor óptico que además reconoce las zonas de intensidad en relación con la condición

física y ofrece datos de consumo de calorías, número de pasos por día, basados en la técnica de fotoplethismografía que evalúa los cambios en el flujo sanguíneo (32).

Por su facilidad en la aplicación, confiabilidad y exactitud el uso de los acelerómetros ha demostrado aplicabilidad para la medición de la actividad física de todos los niveles de intensidad en niños y adolescentes (31) por tal razón consideramos que es la técnica más adecuada disponible para trabajos en poblaciones grandes como es el presente estudio.

## COMPOSICION CORPORAL

Es importante conocer cada uno de los segmentos de la composición corporal, sus interacciones, sus particularidades fisiológicas, funcionales y en especial los métodos de estudio y análisis (12).

El organismo humano puede ser segmentado en varios compartimientos para efectos de estudios clínicos y de investigación, en particular la segmentación tisular resulta útil, práctica y de fácil medición, por lo tanto, se han dividido los compartimientos corporales en cinco componentes: tejido adiposo, tejido muscular esquelético, tejido óseo, órganos y vísceras y tejido residual (12).

Sin embargo, la composición corporal también es el resultado de las interacciones fisiológicas y anatómicas de cada uno de los componentes que generan parámetros muy importantes a tomar en cuenta como son la talla, el peso, el Índice de masa corporal (IMC), superficie corporal (S.C) y densidad corporal (12).

Los métodos de análisis de la composición corporal se pueden dividir en tres grupos:

## MÉTODO DIRECTO

El análisis de cadáveres permite evaluar la composición corporal en todos los niveles, para poder validar todos los componentes que se midan in vivo ; sin embargo, aspectos como la temperatura corporal, la deshidratación y otros factores asociados a la conservación del cuerpo post mortem, deben limitar la extrapolación de todos sus datos al 100% a muestras in vivo (33).

## MÉTODOS INDIRECTOS

### *RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR (RMN)*

La RMN es una técnica que puede proporcionar imágenes de los componentes corporales y la composición química de los tejidos. Así mismo, puede utilizarse para conocer la composición corporal total o de un área concreta. Esta técnica se basa en la interacción entre los núcleos atómicos del hidrógeno y los campos magnéticos generados que crean un campo de radiofrecuencia pulsada que es controlado por el dispositivo. Cuando un sujeto se coloca en el interior del imán de un aparato de RMN, los protones de hidrogeno absorben esta energía y los momentos magnéticos de los fotones tienden a alinearse con el campo del imán. Los protones del hidrógeno absorben la energía, cuando la radiofrecuencia pulsada se apaga, los protones vuelven gradualmente a su estado anterior y liberan la energía absorbida en forma de otra señal de radio frecuencia pulsada que se utiliza para el desarrollo de las imágenes de resonancia magnética (12).

Para incrementar el contraste entre el tejido adiposo y el músculo esquelético, los sistemas de captación de datos de las resonancias magnéticas están programados para conocer la densidad de los protones específicos y los tiempos de relajación de los diferentes tejidos (34).

Esta técnica se ha aplicado para evaluar la composición corporal en varios estudios, entre ellos algunos que han evaluado el efecto del ejercicio sobre la geometría ósea de la tibia y sobre el área de sección transversal (AST) de algunos grupos musculares y sobre la masa magra libre de hueso (12).

Este método tiene gran validez para medir la grasa visceral, la cantidad y volumen de tejido adiposo abdominal, la cantidad de masa muscular, especialmente la masa magra libre de hueso con un grado de precisión muy elevado sin someter al paciente a radiación ionizante (12).

Dentro de sus desventajas están su alto costo, baja accesibilidad, la necesidad de realizar manualmente mediciones, y la definición de diferentes depósitos de tejido adiposo que dependen de la configuración del escáner de RMN (35).

#### *TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTARIZADA (TAC)*

La TAC utiliza un scanner que emite rayos-X a través del sujeto, la intensidad de la radiación se detecta para codificar la señal y reproducir una imagen de 10 mm de espesor, de modo que la transmisión de la salida del rayo se utiliza para calcular el coeficiente de atenuación media a lo largo del haz del rayo, estos coeficientes se traducen en unidades Hounsfield (36).

Junto con la resonancia magnética nuclear (RMN) son consideradas los métodos con más precisión para medir la cantidad y distribución de músculo y tejido graso corporal (12).

Esta ha sido utilizada en varios estudios para medir los efectos de la actividad física sobre la sección transversal del muslo y distribución del material óseo tanto en niños, ancianos y mujeres menopaúsicas (12).

Una de las mayores ventajas de esta técnica es que permite medir la grasa infiltrada en el músculo esquelético con gran precisión y reproducibilidad y proporciona más información sobre los componentes muscular, tejido graso y vísceras que el DXA o la impedancia bioeléctrica. Sin embargo, tiene el inconveniente de la gran dosis de radiación que recibe el sujeto y sus costo elevado (37).

#### *TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA CUANTITATIVA PERIFERICA (pQCT)*

La pQCT se ha convertido en una valiosa herramienta de investigación en el campo de la composición corporal especialmente en pediatría, pues es capaz de medir la estructura ósea, la fortaleza estimada del hueso y distinguir entre los compartimientos trabecular y cortical del hueso con gran exactitud y reproducibilidad, aun en el hueso en crecimiento del niño y adolescente (38).

Dado que el espesor promedio del componente trabecular del segmento distal de la tibia es aproximadamente de 20 micras, se requiere una resolución de imagen menor de 100 micras para poder reproducir estas imágenes (39), por otro lado, el espesor de la capa cortical de la tibia varía en un rango de 500 a 1600 micras si se mide del extremo distal al proximal, por lo tanto se requiere una resolución de al menos 280 micras si se desea medir correctamente el espesor de la capa cortical de la tibia (40),



la pQCT de alta resolución( HR pQCT Extreme CT,Seanco) permite obtener este grado de resolución por lo que facilita medir in vivo la arquitectura trabecular y cortical , así como como la densidad volumétrica mineral ósea, la densidad volumétrica ósea trabecular , la densidad volumétrica ósea cortical y de manera indirecta medir el volumen trabecular , el grosor trabecular (40).

Esta técnica ha sido utilizada en varios estudios para medir el efecto de la actividad física o el sedentarismo sobre la arquitectura ósea por la fiabilidad, factibilidad y validez tanto en adolescentes cómo en mujeres jóvenes y pre menopáusicas (41) (42).

Sin embargo, su uso para la medición del componente libre de hueso, especialmente en niños se ha visto limitado , por la presencia de dificultades técnicas debidas al pequeño tamaño de los tejidos , al escaso espesor del componente graso y muscular alrededor de los huesos y por la presencia de la permanente variación en la arquitectura tisular de los tejidos en crecimiento en los niños (43).

Se han realizado algunos estudios para la medición del área muscular, densidad muscular y tejido adiposo intermuscular, con resultados limitados, uno de ellos fue el estudio de (44) que comparó la precisión de los valores reportados con pQCT en tejidos blandos de miembros inferiores y antebrazo en mujeres menopaúsicas, en el que se encontró un margen de precisión mayor al 95%, con excepción del tejido adiposo intermuscular que tuvo un rango mayor variabilidad.

Un estudio realizó la medición mediante pQCT de tejido adiposo, musculo y hueso para establecer la relación entre la adiposidad regional ,en especial el tejido adiposo visceral con la grasa intramuscular en un grupo de niñas de 7 a 12 años (45).

Otro estudio en niños pre púberes de 7 a 10 años encontró que la medición del índice de adiposidad mediante pQCT, tuvo una mayor correlación con la grasa corporal total en comparación que las obtenidas con DXA (46).

La pQCT se ha utilizado también en la medición de tejidos blandos , en especial en el análisis de la cantidad de tejido graso intramuscular como el estudio de que mostro una relación inversa entre el contenido de grasa intramuscular de pantorrilla y muslo con la fuerza ósea en niños (47).

Actualmente todavía existe una falta de estandarización en el uso de la pQCT para la medición de tejidos blandos en niños, los sitios de medición varían con frecuencia y existen muchos modelos y softwares disponibles, no se dispone de una adecuada base de datos para la interpretación los resultados, por tanto se requiere de futuras investigaciones para estandarizar su técnica, sin embargo cada día se viene utilizando con más frecuencia en el campo de la investigación de la composición corporal, en especial en relación a los componentes de masa muscular y tejido graso intramuscular (43).

#### *ABSORCIOMETRIA DUAL DE RAYOS X (DXA)*

La absorciometria Dual de Rayos X es una técnica que se utiliza para medir distintos parámetros de la composición corporal, como la masa muscular, masa grasa y densidad mineral ósea (12).

Es la técnica más comúnmente usada para medir la densidad ósea en la columna vertebral y la cadera, inicialmente las medidas se utilizaron para detectar y manejar la osteoporosis, sin embargo, con la evolución de los escáneres DXA que pueden

realizar escaneo corporal total se pueden medir tres componentes corporales como la masa libre de grasa (masa magra), masa grasa y densidad ósea aun en sitios como la columna y la cadera (12).

El principio físico fundamental del DXA es la medición de la transmisión de rayos X con dos niveles de energía a través del cuerpo. La fuente de rayos X genera un haz de rayos que consiste en fotones que son llevadas a través de un campo electromagnético, la energía del haz se va atenuando durante el pasaje a través de los tejidos y la magnitud de la atenuación está influenciada por la intensidad de la energía, la densidad y espesor de los tejidos humanos. La atenuación del haz de rayos X disminuye y la energía del fotón se incrementa, los materiales de baja densidad (por ejemplo, los tejidos blandos) permiten el paso de más fotones, así que ese tipo de tejidos atenúan el haz de rayos x menos que los materiales de alta densidad tales como el hueso. La diferencia en la atenuación de los dos tipos de rayos es específica para cada tejido (48).

DXA mide los coeficientes de atenuación para los dos picos de energía de cada rayo, este valor se denomina valor R, es constante para el hueso y la grasa en todos los sujetos, mientras que ese valor es siempre diferente para el tejido blando y depende de la composición de cada paciente (los valores R más bajos corresponden a altos porcentaje de grasa (12).

Aunque DXA aporta tres medidas de la composición corporal (masa grasa MG, masa magra MM, contenido mineral óseo CMO) estas medidas no corresponden directamente a los tres componentes. En un scanner corporal total aproximadamente el 40 a 50 % de los pixeles de la imagen corresponden a hueso y a este nivel DXA

permite distinguir hueso de tejido blando (masa grasa +masa magra MG+MM), los pixeles remanentes de la imagen que tienen el tejido blando adyacente al hueso se utilizan para calcular la relación MG/MM (48).

Las mediciones del DXA representan la suma del hueso y tejidos blandos, la masa ósea representa la suma del hueso cortical y el trabecular, por lo tanto, estará influenciado por procesos patológicos previos o medicación que afecten la diferenciación entre los dos componentes óseos (48).

La composición corporal está influenciada por la hidratación y el contenido intestinal y gástrico, mientras que el contenido mineral óseo y la masa grasa no varía, la masa magra parece que se incrementa al ingerir alimentos. Durante la actividad física intensa la disminución de la masa total y de la masa grasa está asociada con la deshidratación, además el ejercicio puede producir líquidos mediante una compartimentalización por la elaboración de shunts de sangre del tronco hacia la periferia, causando incremento de la masa magra y la masa total de las extremidades y simultáneamente disminuyendo la masa magra y la masa total del tronco (49).

La realización de actividad física previa a la medición no modifica sustancialmente los componentes de la masa grasa. Otras condiciones ambientales como la temperatura y la cantidad de agua ingerida pueden interferir la composición corporal (50).

Por tales razones se prefiere que el sujeto a medir no haya realizado actividad física intensa con al menos 24 horas de anterioridad, que no haya ingerido alimentos al menos cuatro horas antes y que tenga un estado de hidratación normal (50).

Durante una medición el sujeto descansa sobre una cama y se realiza un escáner rectilíneo desde la cabeza a los pies y la fuente de rayos X se sitúa debajo de la cama,

el estudio toma entre 5 a 20 minutos dependiendo del tipo de escaneo y el software seleccionados (48).

Previo a cada medición se debe realizar una calibración mediante un paso fantasma (48).

Inicialmente esta técnica se desarrolló para la medición en adultos, y para hacer mediciones en ciertas áreas específicas, por lo que presenta dificultades para su realización en niños, o adultos de más de 190 cm de altura, o con una anchura incluida el brazo mayor de 58 cm (48).

Por lo tanto, aún no proporciona una buena fiabilidad para ser considerada gold el método de referencia en personas con un peso inferior a 40 kg ;razón por la cual debe ser utilizada con cuidado para medir la grasa en niños (51).

La gran ventaja que presenta DXA es la de permitir analizar de manera más discriminada la composición corporal, en especial la diferenciación de la masa grasa y la masa magra (52).

Otra de sus ventajas es que la dosis de radiación es muy baja, (aproximadamente de 0,1 a 76Usv) que equivaldría a la radiación natural que recibe un individuo durante un día, y por lo tanto resulta igualmente segura para los operadores del instrumento (52).

Dentro de sus limitaciones está el alto costo, el volumen del equipo y la disponibilidad para ser utilizado en trabajos de campo (12).

En esta técnica se mide de manera indirecta la composición corporal por el volumen de aire que se desplaza al respirar dentro de una cámara cerrada. El volumen corporal es medido cuando un sujeto se sienta dentro de una cámara y desplaza un volumen de aire igual al volumen corporal, que se calcula indirectamente restando el volumen de aire remanente dentro de la cámara, al volumen de aire en la cámara cuando está vacía. Para la medición del aire dentro de la cámara se requiere aplicar la ley de Boyle que requiere condiciones de temperatura constante (53).

Después que el volumen desplazado es medido, se puede establecer la composición corporal siguiendo los principios de la densitometría (53).

El sistema comercial disponible llamado pletismógrafo BOD POD, tiene una escala electrónica de peso, un cilindro de calibración de aproximadamente 50 litros, un ordenador y un software.

Se divide funcionalmente en 2 cámaras, una para el sujeto y otra de referencia, los volúmenes internos de estas cámaras son 450 y 300 litros respectivamente, un diafragma oscila entre las dos cámaras produciendo una onda sinusoidal que es igual en magnitud, pero opuestas de signo en cada cámara, estas oscilaciones producen pequeños cambios de presión dentro de las cámaras de aproximadamente 1 cm de agua, que son monitorizados por unos transductores y analizados a una frecuencia de oscilación de 3 Hz (53).

El promedio de las presiones es una medida del volumen de la cámara del sujeto, en estas condiciones no es necesario mantener condiciones isotérmicas, pues el aire dentro de las cámaras experimenta compresiones y expansiones adiabáticas, es decir que gana y pierde calor libremente durante cada compresión y expansión (53).

Aunque la mayoría de las mediciones de volumen en el BOD POD ocurren bajo condiciones adiabáticas, hay pequeñas cantidades de aire que mantienen condiciones isotérmicas que deben ser tomadas en cuenta, pues esas pequeñas cantidades en condiciones isotérmicas, pueden comprimirse hasta un 40% más que el aire en condiciones adiabáticas. Además, hay una proporción importante de aire isotérmico en los pulmones, piel, cabello y ropa.

Las fuentes de aire procedente de cabello y ropa se minimizan manteniendo al sujeto con traje de baño de licra y gorro o de otro material expansible.

En cuanto al aire contenido en los pulmones durante una respiración normal (Volumen TIDAL), llamado volumen de gas torácico es medido mediante un procedimiento similar a una pletismografía pulmonar, aunque los modelos BOD POD permiten la predicción de este valor mediante una ecuación disponible en el software versión 1,69 (54), a partir de las tallas y edades de sujetos entre 17 – 91 años e incluye un estimado adicional del volumen tidal (53).

Esta técnica tiene una elevada precisión y fiabilidad, cuando se compara con otros métodos, como el pesaje hidrostático, además es un método rápido, pues el promedio de cada estudio es de 3 a 5 minutos (33), sin embargo requiere que el sujeto trate de mantener una respiración normal durante el estudio; en niños este método presenta una tendencia a sobreestimar la masa grasa en sujetos con mayor proporción de grasa corporal y subestimarla en aquellos con menor proporción de grasa (33).

MÉTODOS DOBLEMENTE INDIRECTOS PARA LA MEDICIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

En razón de los altos costes de los métodos indirectos y de la sofisticación metodológica, los métodos doblemente indirectos como la antropometría y la impedancia bioeléctrica ganan importancia debido a su sencillez, seguridad, facilidad de interpretación y bajas restricciones culturales. Además, estos métodos presentan mejor aplicación práctica y menor coste financiero, lo que permite su empleo en investigaciones y estudios epidemiológicos (12) .

#### *IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA*

Esta técnica se utiliza para calcular el agua total corporal, la masa grasa y la masa magra, se basa en el principio de que la conductividad del agua corporal varía en los diferentes compartimientos, de modo que este método mide la impedancia a una pequeña corriente eléctrica aplicada a medida que atraviesa el cuerpo (55).

La impedancia varía de acuerdo al tejido que se evalúa, la masa libre de grasa (MLG) presenta una buena conductibilidad eléctrica por tener una alta concentración de agua y electrolitos, mientras que la masa grasa (MG) no es un conductor eléctrico , lo que quiere decir que la impedancia es directamente proporcional a la cantidad de grasa (33).

Mediante ecuaciones, estos valores de impedancia bioeléctrica, se convierten en valores de agua corporal total o líquido extracelular y de manera indirecta se conoce la masa muscular (12).

Este método puede tener algunas influencias que interfieren en su confiabilidad, tales como el tipo de instrumento utilizado, el punto de colocación de los electrodos, el grado de hidratación, la temperatura ambiental, el ciclo menstrual y el tipo de ecuación de



conversión utilizada; en general la exactitud del método es comparable a la obtenida con las mediciones del DXA (55).

Para minimizar estas fuentes de error se deben tomar algunas precauciones: se debe realizar con ayuno de al menos de 4 horas, no realizar actividad física 12 horas antes, orinar 30 minutos antes, evitar ingerir alcohol 12 horas antes y no haber ingerido diuréticos en la última semana (33).

Por su naturaleza no invasiva, rápida y ser relativamente barata, resulta ventajoso, de fácil aplicación, sin embargo, presenta desventajas especialmente en pacientes con edemas, o que ingieren diuréticos y en deportistas pues en ellos tiene un error del aproximadamente el 3%, y un pequeño cambio en el sitio de colocación de los electrodos puede producir una variabilidad de hasta un 2 % en los resultados obtenidos (56).

#### *ANTROPOMETRIA*

Es una técnica para evaluar dimensiones corporales y composición corporal, que permite diagnosticar el estado nutricional de grupos poblacionales y detectar factores de riesgo cardiovascular, como la obesidad o la cantidad de grasa abdominal, o de detectar poblaciones en riesgo de desnutrición (33).

Mediante la medición de diferentes pliegues cutáneos se puede determinar la distribución de grasa subcutánea corporal, y debido a que esta distribución no es uniforme, se debe realizar en diferentes partes del cuerpo (33).

A partir de estos datos se puede calcular la densidad corporal, mediante el uso de modelos matemáticos, estandarizados para diversos grupos poblacionales, Y con los

valores calculados de la densidad corporal, se puede estimar la masa magra y la masa grasa corporal (56).

La precisión de la medición de los pliegues cutáneos está muy influenciado por el tipo de instrumento utilizado, su calibración, el nivel de entrenamiento, la técnica del evaluador y por la precisión en la ubicación de los puntos anatómicos a medir(33). Se suma a este porcentaje de error el hecho de considerar que la presión ejercida por el instrumento durante la medición sobre el pliegue es siempre la misma , así como el inferir la cantidad de grasa visceral a partir del dato de grasa subcutánea y al hecho de considerar que el patrón de distribución de la masa grasa es igual en todos los tejidos (37).

Por estas razones este método presenta fiabilidad relativa y elevada variación, que se puede minimizar, si se realizan las mediciones con equipos correctamente calibrados y por personal debidamente entrenado.

Este método es recomendado en estudios poblacionales; si se aplica en muestras reducidas se recomienda utilizar la sumatoria de los pliegues, evitando el uso de ecuaciones predictiva (37).

Adicionalmente se utiliza ampliamente en investigaciones de campo cuando no es posible acceder a métodos más sofisticados, es de bajo costo, de fácil aplicación, requiere una logística relativamente fácil al aplicarse y esta validado para amplios grupos de población desde los niños hasta adultos. (56).

En cuanto a las dificultades se encuentra su aplicación en personas obesas con gran cantidad de grasa, en individuos en estado de deshidratación o retención hídrica (56).

## CONDICIÓN FÍSICA

La condición física se entiende como un conjunto de atributos que las personas poseen o desarrollan, relacionados con la capacidad de realizar cierta actividad física (59). Esta tiene factores asociados a la salud como la resistencia cardiorrespiratoria, la composición corporal, la fuerza y resistencia muscular, y la flexibilidad, y a su vez, tiene otros factores asociados a la eficiencia del ejercicio como la potencia, tiempo de reacción, velocidad, agilidad, equilibrio y coordinación (25).

La condición física puede ser considerada como una medida integrada de la mayoría, si no de todas, las funciones corporales (musculo-esqueléticas, cardiorrespiratorias, hemocirculatorias, psiconeurológicas, y endocrinas) involucradas en el desempeño de una actividad física diaria y ejercicio físico, de modo que cuando se mide la condición física se está midiendo el estado funcional de todos estos sistemas. Esta es la razón por la que actualmente la condición física es considerada como uno de los principales marcadores de salud y un poderoso predictor de morbilidad y mortalidad de enfermedades cardiovasculares. (25).

La condición física está determinada genéticamente de modo parcial, pero puede ser influenciada de manera importante por factores ambientales, siendo el ejercicio físico uno de los más importantes determinantes (25).

Recientes estudios indican que el deterioro de la condición física en la infancia está asociado con un riesgo aumentado de enfermedades cardiovasculares y metabólicas en la edad adulta; respecto a la fuerza muscular está inversamente asociada con

adiposidad, riesgo de hipertensión, diabetes mellitus tipo 2 y prevalencia e incidencia de síndrome metabólico (38).

Actualmente existen numerosas metodologías para la evaluación de la condición física ya sean de laboratorio o de campo. Las primeras se realizan bajo condiciones controladas, pero por razones de costo y logística no son apropiadas para estudios de poblaciones numerosas, por esto están disponibles las pruebas de campo, particularmente en la población infantil. Existe la batería Alpha (66), que se compone de una serie de pruebas que son aplicables a partir de los 6 hasta los 17 años. Esta batería consta de los siguientes parámetros: 1) test de maduración sexual medido a partir del registro del estadio de maduración de Tanner, 2) composición corporal ( peso , talla, perímetro de la cintura y pliegues tricipital y subescapular), 3) fuerza de las extremidades superiores (fuerza prensil) 4) fuerza de extremidades inferiores (salto de longitud con pies juntos), 5) velocidad y agilidad mediante el test de 4 X10 metros , 6) test de capacidad cardiorrespiratoria de 20 metros ida y vuelta (4).

#### MÉTODOS PARA MEDICIÓN DE CONDICIÓN FÍSICA

La condición física es un importante marcador de la actividad física habitual y puede ser medida más objetivamente, de modo que puede ser más útil en múltiples estudios de investigación clínica.

Los componentes de la condición física que se mencionan con más frecuencia pueden dividirse en dos grandes grupos:

El primero está relacionado con la salud, compuesto por la resistencia cardiorrespiratoria, resistencia muscular, fuerza muscular, composición corporal y flexibilidad.

El segundo que se relaciona con el rendimiento deportivo, compuesto por la agilidad, el equilibrio, la coordinación, la velocidad, la potencia y el tiempo de reacción (57).

La capacidad cardiorrespiratoria es la habilidad para desempeñar ejercicios aeróbicos prolongados a intensidades moderadas o altas, está relacionada con la función pulmonar, cardíaca, circulatoria y a la capacidad del músculo esquelético para extraer oxígeno, la medición se basa en el consumo máximo de oxígeno ( $\dot{V}O_{2max}$ ), (58). Se suele medir a través del análisis de intercambio respiratorio mediante la realización de un protocolo de esfuerzo en un ergómetro. Se obtiene una estimación conjunta de la respuesta global del organismo al ejercicio físico. Estas medidas tienen una alta fiabilidad y validez, y aunque los niños pueden someterse a este tipo de pruebas, en muestras grandes no son viables, siendo necesario implementar en este caso diferentes test de campo, como el test de Léger de ida y vuelta (59).

La fuerza muscular es la máxima cantidad de fuerza que se puede generar durante un patrón de movimiento específico a una velocidad de contracción específica y la Resistencia muscular se refiere a la capacidad para sostener la actividad y resistir la fatiga (58).

La valoración de la fuerza muscular con frecuencia requiere el uso de dinamómetros isocinéticos o isométricos, o en ocasiones test de repetición máxima (62).

Algunos test, al requerir esfuerzo máximo o causar algunas molestias al evaluado, no son aptos para que un niño los realice (60).

La flexibilidad es la capacidad de una articulación para moverse activamente, al incrementar la flexibilidad se incrementa el balance y la fuerza muscular. (58).

La medición de la flexibilidad permite la evaluación del rango movimiento de una articulación de forma aislada y específica para cada movimiento, y para su evaluación se utilizan comúnmente goniómetros o flexómetro. En estudios con grandes poblaciones se pueden utilizar test sencillos como el de Sit and reach que mide la flexibilidad del tronco (61).

Los componentes de la condición física relacionado con el rendimiento deportivo son

La agilidad definida como la capacidad para cambiar de dirección rápidamente sin una significativa pérdida de velocidad, balance o control corporal.

Balance es la capacidad para mantener el equilibrio durante el desempeño de una actividad motriz, requiere control sobre el centro de gravedad y permite mantener la posición corporal durante el desempeño de actividades complejas.

Coordinación es la habilidad para desarrollar una actividad motriz con buena técnica ritmo y precisión.

Tiempo de Reacción es la capacidad para responder rápidamente a un estímulo(58).

En condiciones distintas a las del laboratorio se emplean ejercicios tales como flexiones de brazos o sentadillas, en los que se le pide al sujeto que realice tantas repeticiones como le sea posible. La fiabilidad de algunas de estas pruebas, comparadas con las de laboratorio, suele ser aceptable. Por ejemplo, las flexiones de brazos tienen un coeficiente mayor de 0,8 si se comparan con técnicas dinamométricas de medida de la fuerza del miembro superior (62).

El test de fuerza prensil mide la fuerza isométrica máxima que puede desarrollar el antebrazo. La medida de la fuerza prensil está influenciada por varios factores como la edad, el sexo, el tamaño de la mano, la postura y la posición del hombro, del antebrazo y la muñeca (63) (60).

El ángulo de flexión del codo es un factor importante para la medición de este parámetro, se considera que la extensión completa del brazo es más confiable cuando se utiliza el dinamómetro TKK 544 (63).

La prueba del salto de longitud con los pies juntos tiene buena validez y fiabilidad para evaluar la capacidad musculo esquelética en niños (64).

## **OBJETIVO GENERAL**

Medir la asociación entre la actividad física medida mediante acelerometría y la condición física y la masa libre de grasa (MLG), medida mediante absorciometría dual de rayos X (DXA) y el área de sección transversal del musculo, medida con tomografía periférica cuantitativa (pQCT) y en un grupo de niños españoles participantes en el estudio CALINA (**C**recimiento y **A**limentación durante la **L**actancia y la primera **i**nfancia en **N**iños **A**ragoneses). (Growth and Feeding during breastfeeding and early childhood).

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Medir de forma objetiva el componente de masa libre de grasa mediante DXA, y el área de sección transversal del musculo mediante pQCT.
- ✓ Cuantificar los niveles de actividad física, mediante el uso de acelerómetros en un grupo de niños españoles.
- ✓ Cuantificar la condición física mediante los test de fuerza prensil y salto de longitud con los pies juntos.
- ✓ Valorar la asociación entre todas las variables de actividad física y condición física con los parámetros de composición corporal en dicha muestra.



## MATERIAL Y MÉTODOS

### PARTICIPANTES DEL ESTUDIO

Los participantes se seleccionaron del estudio CALINA (**C**recimiento y **A**limentación durante la **L**actancia y la primera **I**nfancia en **Niños Aragoneses**) (Growth and feeding during Breastfeeding and Early Childhood in Children from Aragón).

El estudio CALINA es un estudio observacional longitudinal que evaluó una cohorte representativa de niños nacidos en la provincia de Aragón (España) entre los años 2009 y 2010. La muestra inicial consta de 1602 niños (65) quienes fueron seguidos mensualmente durante el primer año de vida y luego anualmente, cuando los niños se encontraban entre los 6 y 8 años de edad (2016-2017) se reclutaron todas las familias (952) de la ciudad de Zaragoza, se les invitó al laboratorio de composición corporal de la Universidad de Zaragoza, participaron 415 familias que fueron evaluadas por nutricionistas, enfermeras y pediatras entre Septiembre de 2016 y Septiembre de 2017.

### ASPECTOS ÉTICOS

Este estudio fue llevado a cabo siguiendo los lineamientos de la Declaración de Helsinki (revisión de Fortaleza 2013). En 2009 fue aprobado por el comité Ético de investigación clínica del gobierno de Aragón (ref. CP04/06/08, CEICA, España) y en 2016 fue nuevamente aprobado por el mismo comité para ser presentado en este manuscrito (Ref. CP05/10/16, CEICA, España).

Antes de iniciar el estudio, se dio una explicación detallada del propósito del estudio y se solicitó aprobación por escrito por parte de los padres o tutores, los datos fueron protegidos para evitar el uso indebido por personas ajenas a la investigación y para cumplir estrictamente la confidencialidad de los datos con base en la ley orgánica 15 /1999 del 13 de diciembre, sobre la protección de datos de carácter personal y la ley 41/2002 de 14 de noviembre de 2012, que regula de la autonomía del paciente los derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.

De modo que la información generada por el presente estudio es estrictamente confidencial, entre las partes que participan, sin embargo, se permitirá la inspección por autoridades sanitarias.

El consentimiento informado por parte de los padres, tanto como la aprobación de los niños fueron obtenidos después de haber suministrado toda la información referente al estudio.

Participaron 279 niños, 150 niños y 129 niñas a quienes se les realizaron estudios de pQCT, DXA, para la determinación de parámetros de composición corporal y test de actividad física medida objetivamente con acelerómetros y determinación de la condición física mediante los test de fuerza prensil y salto de longitud con los pies juntos.

## MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS

Los parámetros antropométricos se midieron de acuerdo a los estándares de la Sociedad Internacional para el avance de la Cineantropometría (ISAK)(66).

La talla se midió mediante un estadiómetro portátil SECA R 225(Hamburgo. Alemania) con una precisión de 0.1 cm y un rango de 70 -220 cm.

Para calcular el Índice de Masa Corporal (IMC) se dividió el peso en kilogramos por el cuadrado de la talla expresada en metros.

$$\text{IMC} = \text{Peso}(\text{kg})/\text{Talla}(\text{m}^2)$$

El índice de masa libre de grasa (IMLG) se obtuvo al dividir la masa libre de grasa (MLG) en Kg por el cuadrado de la talla en metros

$$\text{IMLG} = \text{Peso de masa libre de grasa}(\text{kg})/\text{Talla}(\text{m}^2)$$

#### PARÁMETROS DE COMPOSICIÓN CORPORAL.

##### ABSORCIOMETRIA DUAL DE RAYOS X (DUAL ENERGY X-RAY ABSORPTIOMETRY DXA)

Para la determinación de la Masa Libre de Grasa (MLG) en kg, se utilizó un equipo DXA QDR Explorer TM 4500 (Hologic Inc., Bedford, Massachusetts, USA) haciendo la pre calibración de acuerdo a las normas del fabricante (75).

Los participantes fueron medidos con la mínima cantidad de ropa posible, retirando todos los objetos metálicos y las joyas. Se realizó un escaneo corporal total, se colocaron en posición supino, la cabeza en posición neutra y las extremidades superiores extendidas

sin tocar el tronco (70) (71); Crabtree and Kent 2016), además los participantes fueron instruidos para que no se movieran o hablaran durante el procedimiento, los análisis y las regiones de interés se determinaron usando el software Pediatric Hologic Corp. versión 12.4.

Las imágenes del pQCT y DXA fueron evaluadas visualmente por un técnico para identificar artefactos o defectos por movimiento, estas imágenes que mostraban movimientos fueron repetidas o fueron excluidas del análisis, además todas las imágenes fueron evaluadas por un evaluador externo.

La calidad de la imagen fue evaluada visualmente y el scanner fue anulado y vuelto a tomar si se detectan alteraciones por movimiento de las imágenes.

#### TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA PERIFÉRICA CUANTITATIVA (pQCT)

El peso corporal se midió con una precisión de 0,1 kg con una pesa portátil (seca 815. elegantia, seca GmbH, Hamburgo, Alemania, se realizó un cuestionario de ingesta reciente de medicamentos que fue diligenciado por los padres.

El examen de pQCT de la extremidad inferior izquierda fue realizada con un scanner portátil (XCT2000, Stratec Medizintechnik, Pforzeim, Alemania). La extremidad extendida se inmovilizó a nivel de los pies y a cinco centímetros por debajo de la rodilla, se realizó una visión exploratoria a 30 mm de la articulación del tobillo en un plano sagital para localizar la posición deseada para escanear, se tomaron imágenes suficientemente grandes para identificar la placa de crecimiento distal de la tibia (cuando aún no se haya

cerrado). A los pacientes que tenían abierta la placa de crecimiento se les colocó una línea de referencia en el borde proximal de la placa de crecimiento, mientras que a los que tenían la placa de crecimiento fusionada se les fijó la línea de referencia en el borde distal (67).

Se midió la longitud de la tibia con una precisión de 1 mm, la longitud de la tibia dominante se midió con una regla de madera (suministrada por Stratec), partiendo de la hendidura de la articulación medial de la rodilla hasta el maléolo tibial interno con la rodilla flexionada 120 °, previa calibración del equipo (67).

El sitio para la medición se estableció a la altura del 66% de la longitud total de la tibia izquierda (68).

La línea de referencia distal de la tibia se determinó mediante una visión exploratoria hasta el borde proximal de la placa de crecimiento distal de la tibia (69).

Con esta información mediante un software (versión XCT 6.20) se calculó el sitio preciso para escanear, con una imagen de 2 mm de espesor y 0,5 a 0.9 mm de resolución y una velocidad de escaneo traslacional de 30 mm/s, se realizaron tres escaneos consecutivos automáticos: uno en la metáfisis distal (se denomina sitio 4%) y dos en la diáfisis (sitios 14 y 38%), estos valores indican el porcentaje de la longitud de la tibia que fue escaneada.

Todos los escáneres fueron revisados manualmente, y las imágenes con fallas por movimientos durante la toma, fueron excluidas del análisis.

El sitio para la medición se estableció a la altura del 66% de la longitud total de la tibia izquierda (68).

Al finalizar la exploración se seleccionaron las regiones de interés relevante (ROI) de la siguiente manera:

Contorno 3 límite 40 mg/cm<sup>3</sup>, cubierta 1 Área 99%

La grasa subcutánea fue removida obteniendo un área que corresponde a la suma del área de la sección transversal del músculo más el hueso, posteriormente el área ósea es removida para así obtener el ASTM (Área de sección transversal muscular en mm<sup>2</sup>) contorno 1 límite y área 45%(46).

#### ACTIVIDAD FÍSICA

Se evaluó utilizando el acelerómetro triaxial ActiGraph wGT3x-BT, que se colocó debajo de la ropa a la altura de la cresta iliaca durante 7 días consecutivos, se hizo la advertencia de no utilizarlo cuando se realizaran actividades que implicaran contacto con el agua, a cada participante se le dio un diario donde reportaba las horas en las que no utilizaba el acelerómetro y las razones por las que no lo utilizó.

Todos los acelerómetros fueron programados para grabar datos cada 5 segundos (epoch) y se consideró además como tiempo de no uso 20 minutos o más de recuentos sucesivos de cero counts.

Se consideró válido un día en el que el niño usó el acelerómetro por, al menos 8 horas, para considerar un registro válido se requirió al menos tres días y un día del fin de semana registrados (70).

Para el análisis de la información se utilizó el software Actilife (versión 6.0, ActiGraph Penscola, FL.). Los puntos de corte determinados por Evenson fueron tomados como referencia para definir el tiempo dedicado a actividades sedentarias o actividad física de diferentes intensidades (Sedentario: 0-100, leve:101-2295, moderado:2295-4011, vigoroso: más de 4012 count por minuto (cpm)(70).

## CONDICIÓN FÍSICA

### PRUEBA DE FUERZA PRENSIL

Se utilizó un dinamómetro de agarre manual digital ajustable TKK-5401 (Takei Scientific Instruments Co., Ltd., Niigata, Japan) (precisión: 0.1kg) con agarre ajustable de acuerdo al tamaño de la mano de los participantes y derivado de la siguiente ecuación (71):

Hombres:  $Y = X / 4 + 0.44$  cm, Mujeres  $Y = 0.3X - 0.52$  cm

Y = agarre óptimo y X = tamaño de la mano tomada desde la punta del pulgar a la punta del 5 dedo de la mano abierta extendida,

La escala de medición inicia con 5 kg, los niños que no lograron esta mínimo, iniciaron con un mínimo de 2,5 kg.

Durante la medición los participantes estuvieron de pie, con el codo extendido sin tocar el dinamómetro con cualquier parte de cuerpo, excepto con la mano que está siendo medida, posteriormente se le pidió que presionara tan fuerte como le fuera posible durante 3 a 5 segundos con cada una de sus manos, se hicieron dos ensayos con un intervalo de tres minutos de descanso, y se tomó como valor el promedio de las dos mediciones tomadas en la mano derecha e izquierda expresados en Kg (60).

#### TEST DE SALTO LONGITUDINAL

Para medir la fuerza explosiva de las extremidades inferiores se utilizó un test de salto largo con los pies juntos, a cada niño se le instruyó para que se parara en frente de una línea de partida con los pies ligeramente separados, entonces, con la ayuda del impulso de sus piernas, se realizó un salto hacia adelante, sin realizar una carrera previa, teniendo el cuidado de no pisar la línea de salida y empujando con ambos pies al mismo tiempo. Se debe caer con ambos pies juntos y mantener el equilibrio y no se permitió colocar las manos en el piso. La medición se realizó desde la línea de impulso hasta la huella del pie más cercana, se realizaron tres intentos, registrando el mejor valor obtenido expresado en centímetros (60) (72).

El estado físico muscular (fitness muscular) se calculó por la síntesis de los valores estandarizados de la fortaleza del agarre y el mejor salto largo; esta estandarización se realizó así: Valor estandarizado =  $(\text{valor} - \text{promedio}) / \text{desviación estándar (SD)}$  (1).

#### ANÁLISIS ESTADÍSTICO



Los análisis estadísticos fueron realizados con el software SPSS Statistics de IBM, versión 25, NY,5 (IBM Corp. Armonk, NY, USA). Las variables estudiadas fueron presentadas como Medias (M),  $\pm$  Desviaciones estándar (SD), frecuencias y mediana y rangos intercuartílicos. El software AnthroPlus (OMS) se utilizó para calcular los z-scores específicos de IMC específicos para edad y sexo.

La distribución de las variables fue revisada mediante el uso del test de Kolmogorov-Smirnov; para identificar si seguían o no una distribución normal.

Se realizó un test de T-Student para las variables que tenían una distribución normal y se establecieron indicadores de tendencia central (media o mediana) y de dispersión (desviación estándar DS o percentiles) y a su vez se realizó el test de Mann-U Whitney para las que no tenían distribución normal.

Se utilizó un modelo de regresiones múltiples para estudiar las asociaciones entre la actividad física, (Clasificadas como leve, moderada, vigorosa, Actividad física Moderada-Vigorosa) y condición física (fortaleza de agarre: fuerza prensil y test de salto largo con los pies juntos) con el área de sección transversal del musculo (ASTM), obtenida mediante DXA y la longitud de la tibia, medida por pQCT, tomando como variable de asociación el género.

La asociación entre estos factores se investigó mediante pruebas de contraste de hipótesis. Para establecer las asociaciones se realizaron modelos de correlación : en las variables con distribución normal se realizó una prueba paramétrica mediante el coeficiente de Pearson y en las variables que no tiene distribución normal, se realizó una

prueba no paramétrica mediante el coeficiente de Spearman, cuyos puntos de corte para interpretación son: 0.9 -1 muy alta correlación positiva, 0.7-0.9 alta correlación positiva, 0.5-0.7 correlación positiva moderada, 0.3-0.5 correlación positiva baja y 0.0-0.3 No hay correlación(73).

El análisis fue complementado con la elaboración de gráficas, el nivel de significación fue establecido en un valor de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

La Tabla 2 muestra la información relativa a los participantes, edad, variables antropométricas, composición corporal mediante pQCT y DXA, actividad física medida con acelerómetro y clasificada de acuerdo con los puntos de corte de Evenson, y condición física medidas por el test de fuerza prensil y el salto de longitud con los pies juntos, en función del sexo.

En los parámetros de composición corporal los niños mostraron mayor área de Sección Transversal Muscular (medida por pQCT) y masa libre de grasa (medida por DXA) que las niñas, también con una  $p$  valor  $< 0,05$ . Sin embargo, no se encontró diferencia significativa en los valores de la longitud de la tibia (medida por pQCT) entre niños y niñas( $p=0,145$ ).

Los niños mostraron niveles más altos de Actividad física ligera, moderada, moderada vigorosa (AFMV) y vigorosa que las niñas (todas con  $p < 0,05$ ).

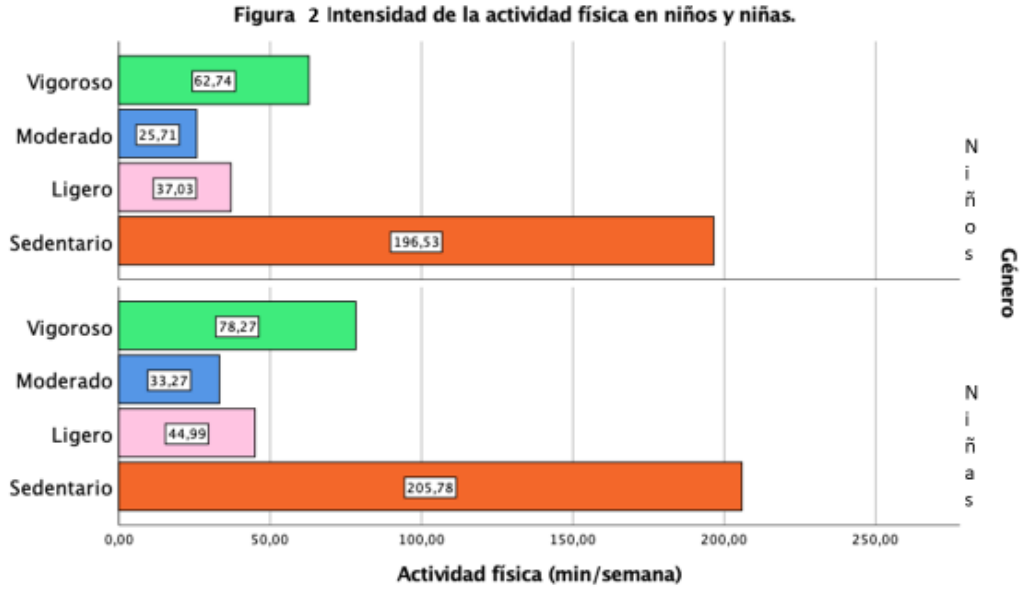
**Tabla 2. Antropometría, niveles de actividad física y condición física de la población**

	Total n=416	Niños n= 219	Niñas n=197	
	Media $\pm$ DS	Media $\pm$ DS	Media $\pm$ DS	p
<sup>b</sup> Peso (Kg)	26,4 (23,6-30,0)	26,7 (23,7-30,8)	26,2 (23,6-30,0)	0,59
<sup>a</sup> Talla (Cm)	126,0 $\pm$ 5,8	126,5 $\pm$ 6	125,6 $\pm$ 5,6	0,12
<sup>b</sup> Índice de Masa Corporal (IMC) Kg/m <sup>2</sup>	16,6 (15,4-18,3)	16,6 (15,4-18,5)	16,7 (15,5-18,3)	0,74
<b>Composición corporal (pQCT)</b>				
<sup>a</sup> Longitud tibia(cm)	274,4 $\pm$ 18,1	273 $\pm$ 18,7	275,8 $\pm$ 17,3	0,145
<sup>a</sup> Área Muscular Transversal (mm <sup>2</sup> ) ASTM	3275,3 $\pm$ 496,0	3389,1 $\pm$ 488,3	3136,5 $\pm$ 473,2	<0,01*
<b>Composición corporal (DXA)</b>				
<sup>b</sup> Masa magra sin hueso(kg)	18,1 (16,6-20,0)	18,9 (17,0-21,0)	17,5 (16,2-18,7)	<0,01*
<b>Actividad física</b>				
<sup>a</sup> Sedentarios (min/sem)	201,3 $\pm$ 33,2	205,7 $\pm$ 34,3	196,5 $\pm$ 31	0,25
<sup>a</sup> Ligera (min/sem)	41,3 $\pm$ 11,1	45 $\pm$ 10,6	37 $\pm$ 10	<0,01*
<sup>b</sup> Moderada (min/sem)	29,2(21,1-36,2)	31,9(24,9-41,1)	24,3(18,1-32,1)	<0,01*
<sup>b</sup> Moderada-vigorosa (min/sem)	97,3(77,4-121,4)	110,8(88,0-134,0)	85,9(67,8-108,4)	<0,01*
<sup>b</sup> Vigorosa (min/sem)	69,0(55,6-85)	77,5(64,2-92,6)	59,8(50-75,7)	<0,01*
<b>Condición física</b>				
<sup>a</sup> Mejor salto (cm)	102,7 $\pm$ 17,8	107,6 $\pm$ 17,7	98,9 $\pm$ 17,0	<0,01*
<sup>a</sup> Fuerza prensil manual (Kg)	10,5 $\pm$ 2,2	10,9 $\pm$ 2,1	10,1 $\pm$ 2,0	0,007*

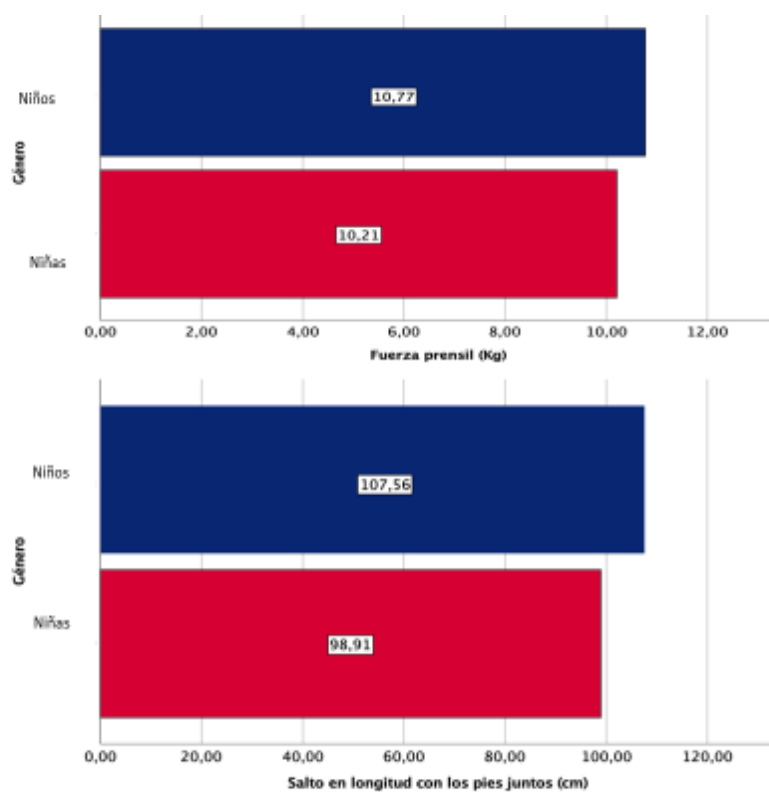
<sup>a</sup> Variables con distribución normal se presentan como Media $\pm$  Desviación estándar (DS)(t-student)

<sup>b</sup> Variables cuya distribución es NO normal se presentan como mediana y rangos intercuartílicos (25<sup>th</sup> - 75<sup>th</sup>, U Mann-Whitney)

Las Figuras 2 y 2a muestran la distribución por genero de los niveles de actividad física y de condición física respectivamente.

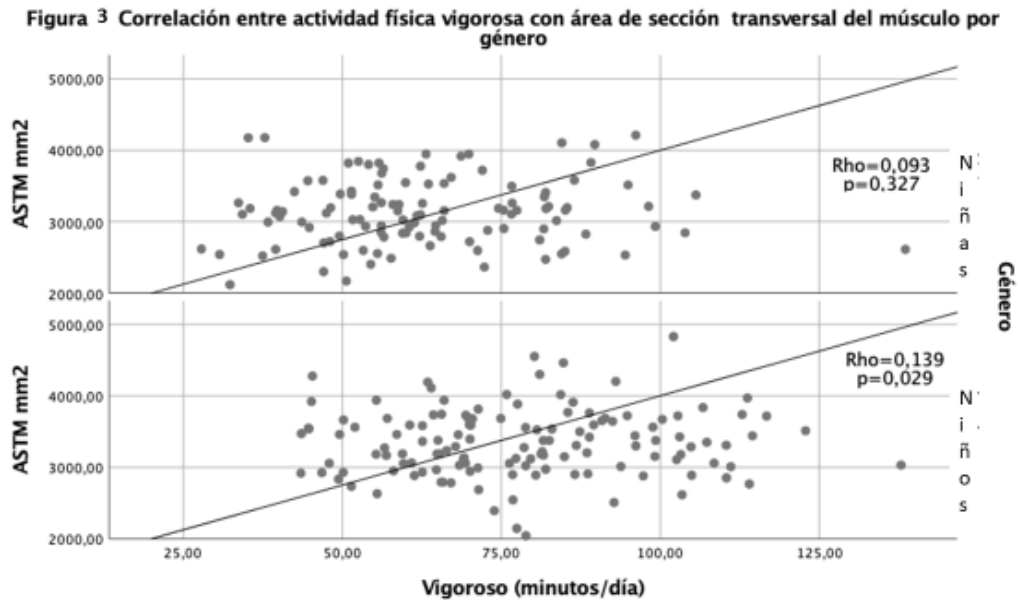


**Figura 2ª Condicion física en niños y niñas**



En los test de condición física, (test de fuerza prensil y salto de longitud con los pies juntos) los niños tuvieron mejores resultados que las niñas, todas con  $p < 0,05$ .

CORRELACIÓN ENTRE ACTIVIDAD FÍSICA Y COMPOSICIÓN CORPORAL  
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL MÚSCULO, MEDIDA POR pQCT



No se encontró correlación entre la actividad física y la sección transversal del músculo, en niños y niñas, solamente se encontró una débil correlación entre la actividad física vigorosa con la sección transversal del músculo en niños con buena significancia ( $p=0,029$ ), pero no se encontró en niñas (Figura 3).

#### CORRELACIÓN ENTRE CONDICIÓN FÍSICA Y ASTM (medida por pQCT)

En las figuras 4 y 5 se muestra la correlación entre los parámetros de condición física con la sección transversal del músculo.

En ellas vemos que el test de salto de longitud tiene una correlación débil positiva con el área de sección transversal del músculo (Rho 0,118 y 0,012 para niñas y niños respectivamente). Aunque en ambos casos sin significación estadística ( $p=0,118$  para niñas y  $p=0,887$  en niños) mientras que se encontró una moderada

correlación positiva entre el test de fuerza prensil y la ASTM (Rho de 0,413 y 0,510 para niñas y niños respectivamente) con una buena significación estadística.

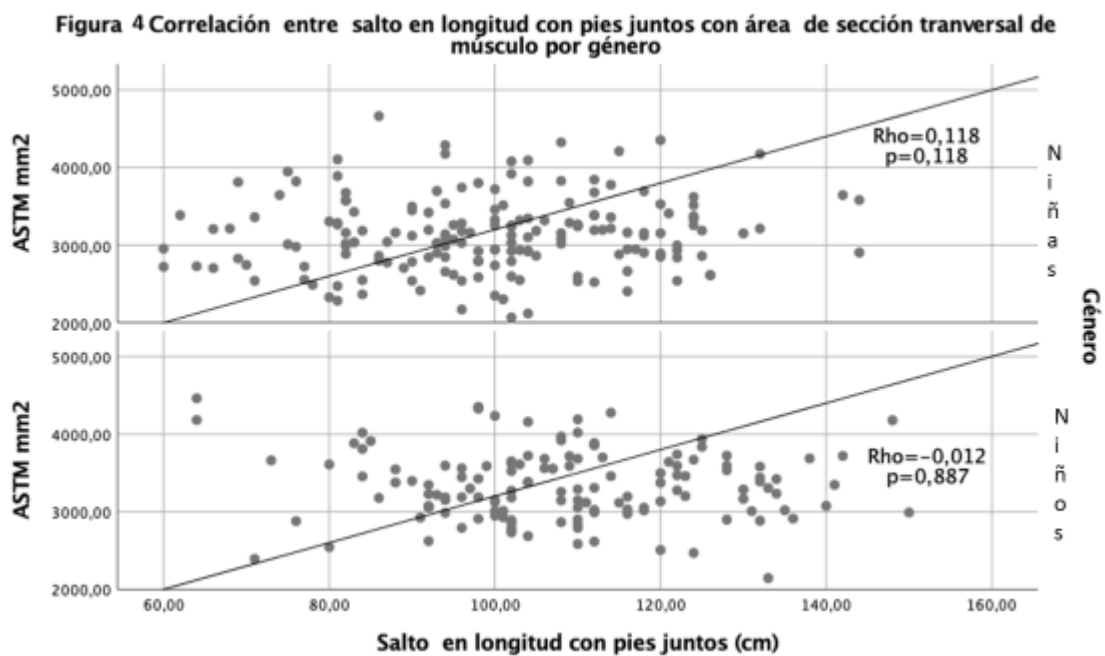
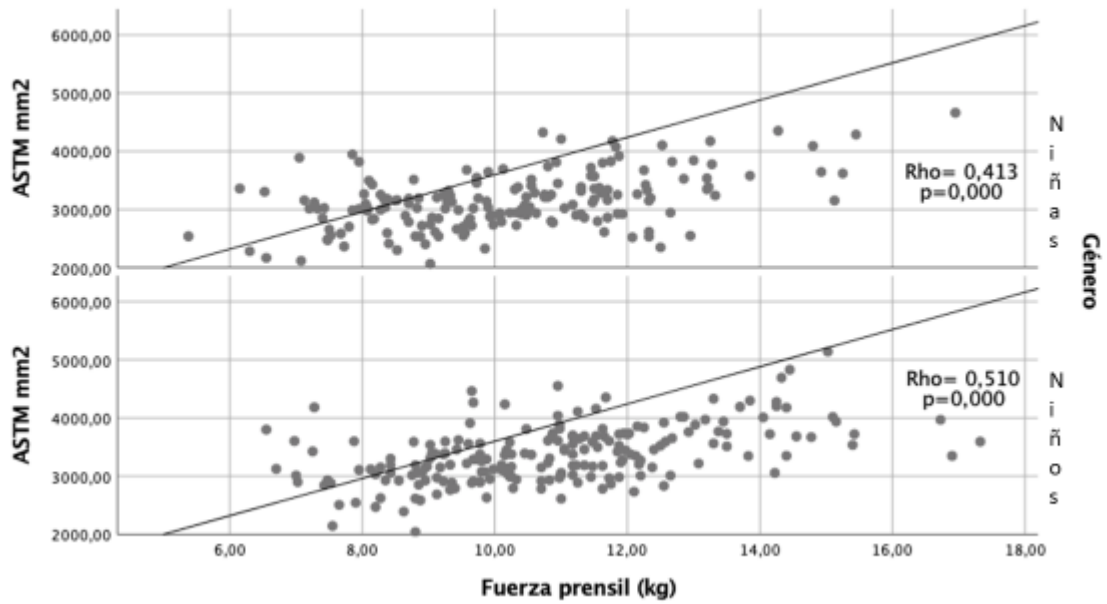
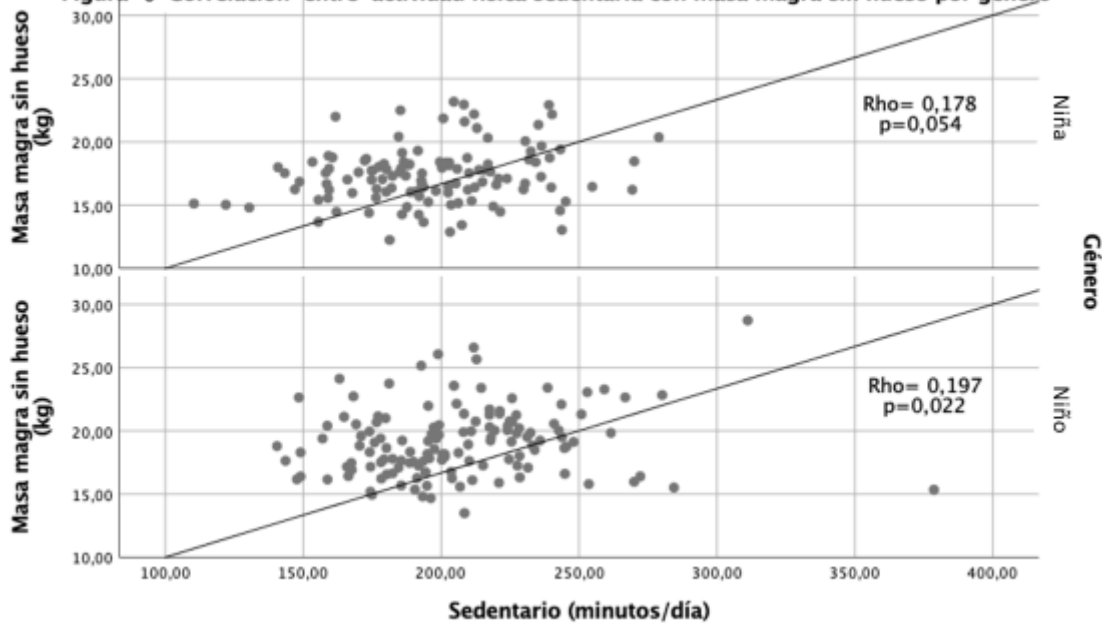


Figura 5 Correlación entre fuerza prensil con área de sección transversal de músculo por género.



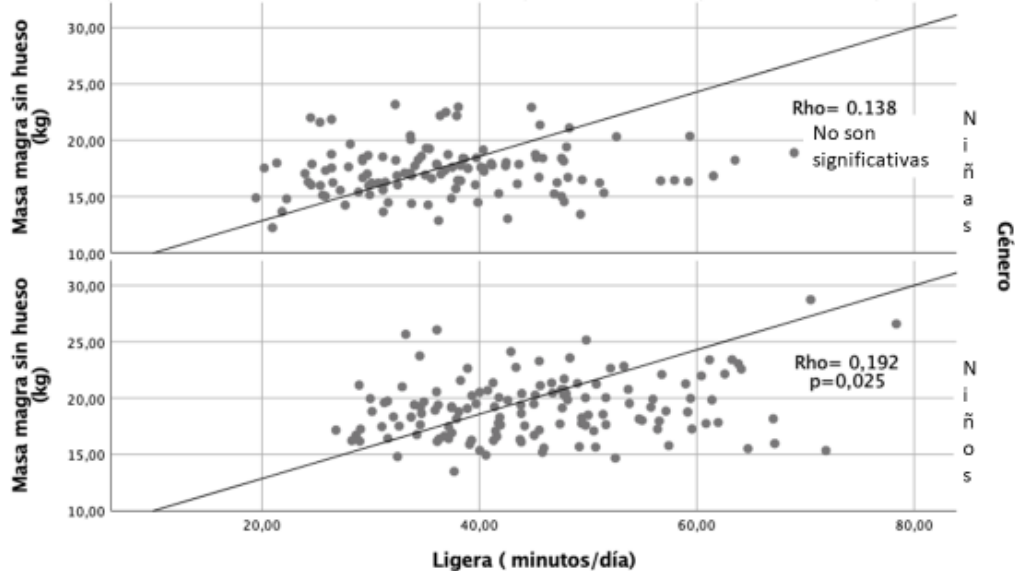
CORRELACIÓN ENTRE ACTIVIDAD FÍSICA Y COMPOSICIÓN CORPORAL MEDIDA POR DXA

Figura 6 Correlación entre actividad física sedentaria con masa magra sin hueso por género





**Figura 7 Correlación entre actividad física ligera con masa magra sin hueso por género**



**Figura 8 Correlación entre actividad física moderada con masa magra sin hueso por género**

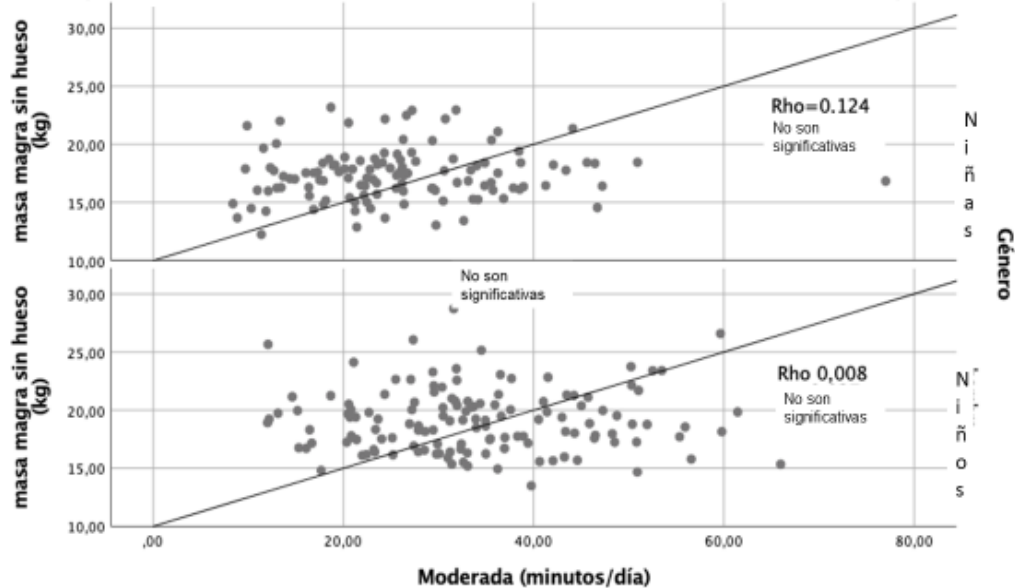


Figura 9 . Correlación entre actividad física vigorosa con masa magra sin hueso por género

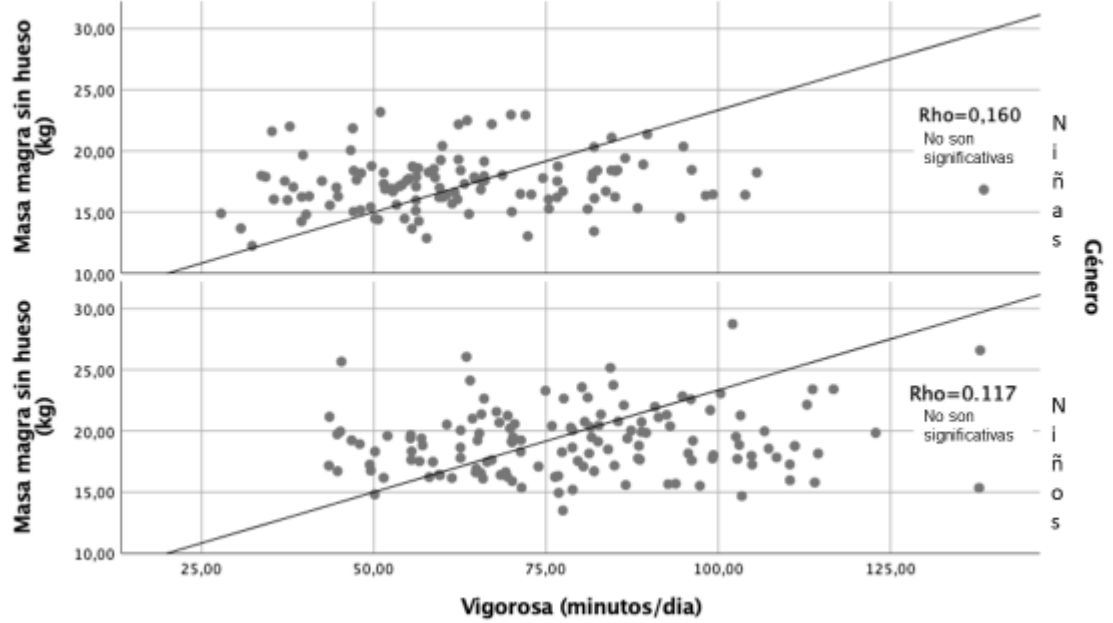
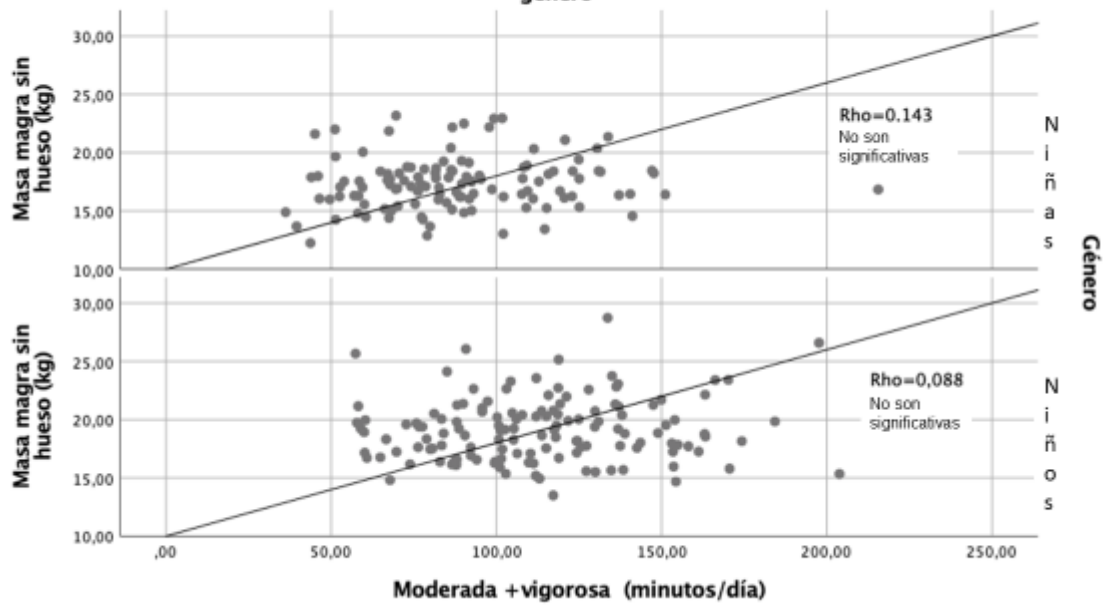
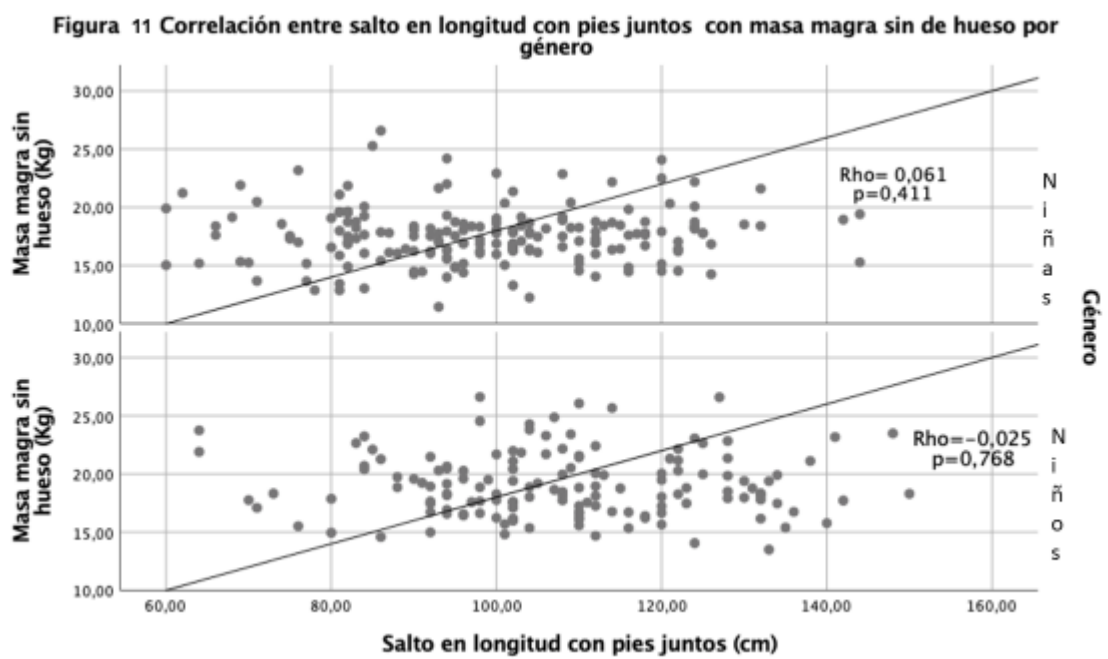


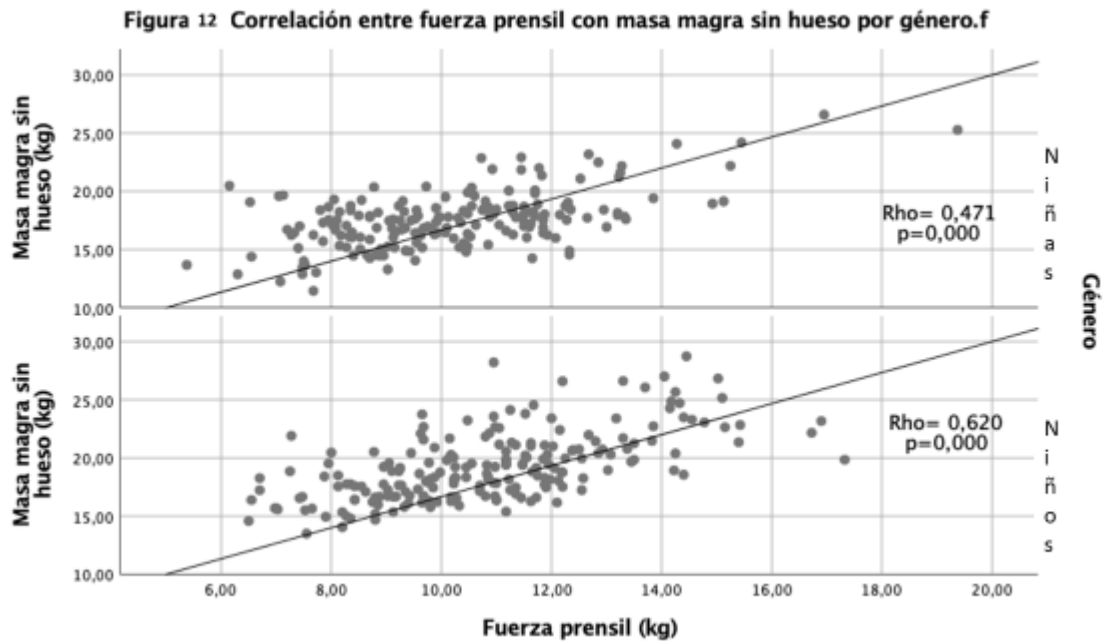
Figura 10 Correlación entre actividad física moderada +vigorosa con masa magra sin hueso por género



En las figuras 6 a 10 se muestra que no hay correlación entre todos los grados de intensidad de actividad física con la masa magra sin hueso.

#### CORRELACIÓN ENTRE CONDICIÓN FÍSICA Y COMPOSICIÓN CORPORAL MEDIDA POR DXA





El test de salto de longitud con los pies juntos no mostró una correlación positiva en niñas  $Rho = 0,061$  y no se encontró una correlación en niños, sin significación estadística para los dos sexos ( $p > 0,01$  para los dos) Figura 11.

En la figura 12 se muestra una correlación positiva moderada entre la fuerza prensil con la masa magra sin hueso para los dos sexos, en especial para los niños ( $Rho = 0,62$ ). con una buena significancia  $p < 0,01$  tanto para niños como para niñas.

Con base en estos resultados se puede decir que se obtuvo una correlación positiva baja entre la fuerza prensil con la masa libre de grasa en las niñas (coeficiente de

relación de Spearman de 0,47 con una buena significancia estadística( $p<0,05$ ), mientras que en los niños se obtuvo una correlación positiva moderada (coeficiente de correlación de Spearman de 0,62) con una buena significancia estadística  $p<0,05$ ).

## DISCUSIÓN

Se encontró una relación alta y positiva con buena significación estadística entre la masa libre de grasa y el área de sección transversal del músculo (DXA y Pqct respectivamente) con los test que miden condición física, específicamente el test de fuerza prensil, especialmente en los niños, aunque con menos correlación que con el test de salto de longitud.

La correlación entre la masa libre de grasa con el test de fuerza prensil es más significativa cuando se mide con DXA que cuando se mide con pQCT ambas con buena significación estadística.

No se encontró ninguna correlación entre todos los niveles de actividad física con la masa libre de grasa en niños ni en niñas, medidas tanto por DXA, como con pQCT.

Comparación con otros estudios en prescolares:

A diferencia de nuestros hallazgos en cuanto a la relación de la actividad física con la masa libre de grasa, un estudio de Foo (74) y cols. encontró una correlación positiva significativa entre la actividad física medida por cuestionarios y el test de

fuerza prensil con la masa libre de grasa en niñas adolescentes chinas.

Moliner-Urdiales y cols. encontraron que la masa grasa central corporal estuvo asociada de manera negativa con la actividad física vigorosa ( $p < 0,01$ ) y la adiposidad abdominal tuvo una correlación negativa con la actividad física Moderada-vigorosa, sin embargo no se analizó la relación de la actividad física con la masa libre de grasa (75).

En un estudio de seguimiento durante 6 años a una cohorte de estudiantes entre 8 a 15 años se encontró una relación positiva significativa de la actividad física medida por cuestionario con la masa libre de grasa (76).

Baxter-Jones y col. (2008) encontró una influencia positiva significativa entre la Actividad Física medida por cuestionario y la masa libre de grasa medida por DXA en estudiantes de 8-15 años.

Estas discrepancias de nuestros resultados con estos estudios se podrían explicar por varias razones, en primer lugar, en esos estudios la medición de la actividad física se realizó utilizando cuestionarios y no mediante métodos objetivamente medidos por acelerómetros, que son más confiables, reproducibles y precisos.

Además, los estudios referidos se realizaron en población de pre púberes y adolescentes de otro grupo étnico en los cuales intervienen otras variables endocrinas y genéticas que modifican los diferentes compartimientos de la composición corporal, y en los que las técnicas de medición de cada una de las pruebas de condición física, son distintas.

En nuestro grupo de niños el componente endocrino está parcialmente controlado pues por su rango de edad no hay diferencias significativas en su estado de maduración neuroendocrina, lo que sí es un factor muy importante en el grupo de adolescentes en los que hay una variación amplia en los grados de maduración somática y neuroendocrina entre los individuos participantes en los estudios (77).

Stenevi-lundgren y Daly (78) mostraron que incrementando la intensidad de la actividad física moderada de 60 a 200 min/semana se logra un incremento en la fuerza muscular máxima de los miembros inferiores y la masa libre de grasa en niñas pre púberes de 7-9 años.

Bouchard y cols. Y Malina y cols. (Bouchard y cols. 1993; Malina y cols. 2004) no encontraron diferencias significativas para ambos sexos entre la actividad física y la masa libre de grasa y sugieren que con la actividad física vigorosa se logran los estímulos físicos mínimos capaces de incrementar la fuerza muscular y de modificar la masa libre de grasa. En nuestro estudio encontramos solamente una débil correlación entre la actividad física vigorosa en niños con la masa magra medida con pQCT (coeficiente de correlación de 0,139, con  $p= 0,029$ ), mientras que en niñas no se observó ninguna correlación.

(79) concluyeron que las recomendaciones de actividad física no estaban asociadas con altos niveles de fuerza muscular o de masa libre de grasa, especialmente en mujeres.

Probablemente esta falta de asociación entre la actividad física y la masa libre de

grasa se deba a que se requiere de otro tipo de estímulos que logren que la intensidad de la actividad física mejore la masa libre de grasa, mediante la participación en deportes y/o trabajo de fuerza, o en la participación de actividades extracurriculares de al menos 3 horas por semana en actividades de competición deportiva (80).

Respecto a la asociación de la condición física con la masa libre de grasa, el hallazgo más significativo en nuestro estudio es la correlación positiva moderada con el test de fuerza prensil especialmente en los niños, este hallazgo coincide con el trabajo de Henrikson (1), en niños de 4 años, en ese estudio se encontró una correlación positiva de la masa libre de grasa, específicamente el Índice de masa libre de grasa (IMLG) que estuvo asociada con todas las medidas de la condición física: estuvo asociada con mejor desempeño en el test de carrera de 20 metros (+0,48 vueltas más por cada unidad de IMLG,  $p=0.002$ ), con el test de fuerza prensil (0.64 kg más por cada unidad de IMLG  $p<0.001$ ), con el test de salto de longitud (3,4 cm más por cada unidad de IMLG,  $p<0.001$ ) y con el test de carrera de 4 x10 mt. (0,33 segundos menos por cada unidad de IMLG sin impulso para ambos sexos).

En este estudio después de ajustar los modelos de asociación entre la masa libre de grasa y los elementos de la condición física con la actividad física vigorosa, se observó una leve atenuación de la correlación, pero no se observaron variaciones estadísticamente significativas.



De manera similar con nuestros resultados, este estudio sugiere que altos niveles de condición física están asociados con un perfil de composición corporal más favorable desde los 4 años de edad.

El estudio de Henriksson analizó la asociación entre la condición física y la composición corporal, asumiendo que es más probable que la composición corporal influya en el rendimiento de la aptitud física. Esto está de acuerdo con la mayoría de los estudios en preescolares(13)(81) sin embargo, se requieren más estudios longitudinales en preescolares para examinar más a fondo la dirección de las asociaciones entre la composición corporal y la aptitud física(19).

Vicente-Rodríguez y col (2004<sup>a</sup>) (79). analizaron la masa libre de grasa y la fuerza muscular (mediante la prueba de salto de altura con extensión de la rodilla) encontrando un incremento de la masa libre de grasa en jugadores de futbol, pero no observo diferencias en relación con la fuerza muscular.

De forma similar pero en adolescentes, muchos estudios han reportado que una alta masa libre de grasa se asocia positivamente con el test de fuerza prensil (82) (83).

Por tanto, es necesario precisar cuál de las diversas pruebas para medir la condición física tienen una mayor correlación con la masa libre de grasa, ya que se observaron resultados distintos usando dos pruebas de condición física, estandarizados y aplicados en otros estudios similares.

Como se puede deducir, actualmente las asociaciones entre los diferentes parámetros de la composición corporal y la condición física no son claras, como lo

muestran los estudios referidos en concordancia con el nuestro, sin embargo todos tienen en común el hallazgo de que un alto nivel de condición física se asocia con un perfil de composición corporal más favorable, manifiesta aun desde los 4 años de edad, por otra parte la condición física muscular y la condición cardiorrespiratoria están independientemente asociados con riesgo metabólico en adolescentes (84).

Por lo tanto, con base en estos resultados se debe insistir en que las recomendaciones de actividad física deben incluir actividades de fuerza muscular adicionales al ejercicio aeróbico para mejorar el perfil de composición corporal desde la infancia.

Se requieren estudios adicionales para continuar investigando la influencia de la actividad física y la condición física sobre la composición corporal, en especial en los test de condición física de fuerza muscular, en los cuales los resultados hasta ahora no son concluyentes.

El estudio presenta algunas limitaciones, pues a pesar de ser realizada en una población que se siguió a través del tiempo, las mediciones de la composición corporal y la intensidad de la actividad física fueron realizadas en una sola ocasión por lo tanto la causalidad y la dirección de las asociaciones no pueden establecerse. Por otro lado, el estudio no permite extrapolar los resultados a otros grupos étnicos ya que fue realizado en una población de niños de la ciudad de Zaragoza.

Sin embargo, las fortalezas del presente estudio son la medición objetivamente

cuantificada de la actividad física mediante acelerómetros, que permiten clasificarla con base en los puntos de corte de Evenson, y la medición de la condición física se realizó mediante test muy estandarizados y utilizados en otros estudios similares con alta precisión y fiabilidad, con la instrucción y preparación previa adecuadas para que los niños los realizaran de la mejor manera posible.

Además, se utilizaron métodos de alta precisión y tecnología para la medición de la composición corporal, como DXA y pQCT que han sido validados en numerosos estudios similares, con altos niveles de exactitud, fiabilidad al ser realizados en niños.

Este estudio, aporta resultados sobre la relación de la masa magra con la actividad física y la condición física en un grupo de edad en donde no hay muchos estudios previos concluyentes y sugiere líneas de investigación adicionales para precisar esta relación, mediante la búsqueda de técnicas más fiables, que aclaren si existe relación entre la actividad física con la masa libre de grasa y por otra parte para tratar de establecer cuál es el mejor parámetro de la condición física que mejor se relacione con la masa magra.

Cada una de las mediciones de los parámetros tanto de composición corporal, la interpretación de las mediciones de la actividad física dadas por los acelerómetros y los test de condición física, fueron realizadas por personal debidamente entrenado con amplia experiencia en varios estudios similares, utilizando técnicas estandarizadas, validadas y siempre realizadas por el mismo personal para cada

tipo de prueba, con lo que se lograron eliminar sesgos derivados de la variabilidad interindividual de observadores,

## CONCLUSIONES

El resultado de este estudio muestra que existe una correlación positiva moderada entre la cantidad de masa magra (medidas por DXA y pQCT) y la fuerza muscular determinada por el test de fuerza prensil en la población de los niños de 7 años en la ciudad de Zaragoza, Aragón. España.

No se encontraron asociaciones entre el test de salto de longitud sin impulso con la cantidad de masa libre de grasa, en esta población.

No se encontraron asociaciones entre el resto de variables que estudian la condición física, nivel de actividad física con la masa magra.

El hallazgo de la correlación positiva moderada entre la masa libre de grasa con la condición física medida por el test de fuerza prensil podría ser de utilidad a nivel de salud pública, pues la medición de la fuerza prensil en niños permitiría evaluar de manera rápida, sencilla y económica el estado de la masa libre de grasa y como ya se ha determinado una disminución en la fuerza prensil, como indicador de condición física, se ha asociado como factor de riesgo para desarrollar enfermedades cardiovasculares, síndrome metabólico y estados inflamatorios crónicos en la edad adulta.

De acuerdo con estos hallazgos, la estrategia de la promoción de la actividad física para niños debería hacer más hincapié en el fomento de actividades que estimulen la fuerza muscular, además de las actividades aeróbicas, aplicada a nivel poblacional, con lo cual favoreceríamos un perfil de composición corporal más saludable desde la infancia.

## BIBLIOGRAFIA

1. Henriksson P, Cadenas-Sanchez C, Leppänen MH, Nyström CD, Ortega FB, Pomeroy J, et al. Associations of fat mass and fat-free mass with physical fitness in 4-year-old children: Results from the MINISTOP trial. *Nutrients*. 2016;8(8):1–11.
2. World Health Organization. Global Health Risks. 2009; Available from: [http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/GlobalHealthRisks\\_report\\_full.pdf](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GlobalHealthRisks_report_full.pdf)
3. Gutin B, Basch C, Shea S, Contento I, DeLozier M, Rips J, et al. Blood pressure, fitness, and fatness in 5-and 6-year-old children. *Jama*. 1990;264(9):1123–7.
4. Ruiz JR, Castro-Piñero J, Artero EG, Ortega FB, Sjöström M, Suni J, et al. Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *Br J Sports Med* [Internet]. 2009 Nov 1;43(12):909 LP – 923. Available from: <http://bjsm.bmj.com/content/43/12/909.abstract>
5. Ortega FB, Silventoinen K, Tynelius P, Rasmussen F. Muscular strength in male adolescents and premature death: Cohort study of one million participants. *BMJ*. 2012;345(7884):1–12.
6. Vanhees L, Lefevre J, Philippaerts R, Martens M, Huygens W, Troosters T, et al. How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *Eur J Prev Cardiol*. 2005;12(2):102–14.

7. Prevención SY, EI EN. ACTIVIDAD FISICA PARA Y REDUCCIÓ N DEL. :1–23.
8. Miguel-Berges ML, Reilly JJ, Moreno Aznar LA, Jiménez-Pavón D. Associations Between Pedometer-Determined Physical Activity and Adiposity in Children and Adolescents: Systematic Review. Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med. 2018 Jan;28(1):64–75.
9. Swing EL, Gentile DA, Anderson CA, Walsh DA. Television and Video Game Exposure and the Development of Attention Problems. Pediatrics [Internet]. 2010 Aug 1;126(2):214 LP – 221. Available from: <http://pediatrics.aappublications.org/content/126/2/214.abstract>
10. Strath SJ, Kaminsky LA, Ainsworth BE, Ekelund U, Freedson PS, Gary RA, et al. Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: a scientific statement from the American Heart Association. Circulation. 2013 Nov;128(20):2259–79.
11. Wang ZM, Heshka S, Pierson RNJ, Heymsfield SB. Systematic organization of body-composition methodology: an overview with emphasis on component-based methods. Am J Clin Nutr. 1995 Mar;61(3):457–65.
12. Moreira OC, Alonso-Aubin DA, De Oliveira CEP, Candia-Luján R, De Paz JA. Métodos de evaluación de la composición corporal: Una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. Arch Med del Deport. 2015;32(6):387–94.

13. Galván M, Uauy R, López-Rodríguez G, Kain J. Association between childhood obesity, cognitive development, physical fitness and social-emotional wellbeing in a transitional economy. *Ann Hum Biol.* 2014;41(2):101–6.
14. Martinez-Tellez B, Sanchez-Delgado G, Cadenas-Sanchez C, Mora-Gonzalez J, Martín-Matillas M, Löf M, et al. Health-related physical fitness is associated with total and central body fat in preschool children aged 3 to 5 years. *Pediatr Obes.* 2016;11(6):468–74.
15. Niederer I, Kriemler S, Zahner L, Bürgi F, Ebenegger V, Marques-Vidal P, et al. BMI Group-Related Differences in Physical Fitness and Physical Activity in Preschool-Age Children. *Res Q Exerc Sport [Internet].* 2012 Mar 1;83(1):12–9. Available from: <https://doi.org/10.1080/02701367.2012.10599820>
16. Id FF, Bravo G, Id MP, Messina G, Malavolta R, Lazzer S. Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren. 2020;1–17.
17. Forsum E, Flinke Carlsson E, Henriksson H, Henriksson P, Löf M. Total body fat content versus BMI in 4-year-old healthy Swedish children. *J Obes.* 2013;2013.
18. Freedman DS, Wang J, Maynard LM, Thornton JC, Mei Z, Jr RNP, et al. Relation of BMI to fat and fat-free mass among children and adolescents.



2005;1–8.

19. Reeves L, Broeder CE, Kennedy-Honeycutt L, East C, Matney L. Relationship of Fitness and Gross Motor Skills for Five- to Six-Yr.-Old Children. *Percept Mot Skills* [Internet]. 1999 Dec 1;89(3):739–47. Available from: <https://doi.org/10.2466/pms.1999.89.3.739>
20. Agha-Alinejad H, Farzad B, Salari M, Kamjoo S, Harbaugh BL, Peeri M. Prevalence of overweight and obesity among Iranian preschoolers: Interrelationship with physical fitness. *J Res Med Sci* [Internet]. 2015 Apr;20(4):334–41. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26109987>
21. Wright CM, Sherriff A, Ward SCG, Mccoll JH, Reilly JJ, Ness AR. Development of bioelectrical impedance-derived indices of fat and fat-free mass for assessment of nutritional status in childhood. 2008;210–7.
22. Activity P. *P ediatric Physical Activity*. 2011;(1):5–14.
23. Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet* [Internet]. 2012;380(9838):219–29. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61031-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61031-9)
24. Pedersen BK, Febbraio MA. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nat Rev Endocrinol*. 2012 Apr;8(8):457–65.
25. Hao G, Pollock NK, Harris RA, Gutin B, Su S, Wang X. Associations

between muscle mass, physical activity and dietary behaviour in adolescents. *Pediatr Obes.* 2019;14(3):1–8.

26. Ainsworth B, Whitt-Glover M, IRWIN M, Swartz A, Strath S, O'BRIEN W, et al. Compendium of Physical Activities: an Update of Activity Codes and MET Intensities. *Med Sci Sports Exerc.* 2000 Oct 1;32:S498-504.
27. Martínez-Lemos RI, Ayán C, Sanchez-Lastra M, Cancela Carral J, Sánchez R. Cuestionarios de actividad física para niños y adolescentes españoles: una revisión sistemática. *An Sist Sanit Navar.* 2016 Dec 1;39:417–28.
28. Martínez-Gómez D, Welk GJ, Calle ME, Marcos A, Veiga OL. Preliminary evidence of physical activity levels measured by accelerometer in Spanish adolescents; The AFINOS study. *Nutr Hosp.* 2009;24(2):226–32.
29. Aguilar Cordero MJ, Sánchez López AM, Guisado Barrilao R, Rodriguez Blanque R, Noack Segovia J, Pozo Cano MD. Descripción del acelerómetro como método para valorar la actividad física en los diferentes periodos de la vida; revisión sistemática. *Nutr Hosp.* 2014;29(6):1250–61.
30. Eston RG, Rowlands ANN V, Ingledew DK, Roger G, Rowlands A V, David K. Validity of heart rate , pedometry , and accelerometry for predicting the energy cost of children ' s activities. 1998;(January).
31. McNamara E, Hudson Z, Taylor SJC. Measuring activity levels of young people: the validity of pedometers. *Br Med Bull.* 2010;95:121–37.
32. Allen J. Photoplethysmography and its application in clinical physiological

- measurement. *Physiol Meas*. 2007 Mar;28(3):R1-39.
33. Sant'Anna M de SL, Priore SE, Franceschini S do CC. Métodos de avaliação da composição corporal em crianças. *Rev Paul Pediatr*. 2009;27(3):315–21.
  34. Lukaski H. Symposium: Sarcopenia: Diagnosis and Mechanisms  
Sarcopenia: Assessment of Muscle Mass 1. *J Nutr*. 1997;127:994–7.
  35. Shuster A, Patlas M, Pinthus JH, Mourtzakis M. The clinical importance of visceral adiposity: a critical review of methods for visceral adipose tissue analysis. *Br J Radiol [Internet]*. 2012 Jan 1;85(1009):1–10. Available from: <https://doi.org/10.1259/bjr/38447238>
  36. Lustgarten MS, Fielding RA. Assessment of analytical methods used to measure changes in body composition in the elderly and recommendations for their use in phase II clinical trials. *J Nutr Health Aging [Internet]*. 2011;15(5):368–75. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12603-011-0049-x>
  37. Thibault R, Genton L, Pichard C. Body composition: Why, when and for who? *Clin Nutr [Internet]*. 2012;31(4):435–47. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2011.12.011>
  38. Burrows M, Liu D, McKay H. High-resolution peripheral QCT imaging of bone micro-structure in adolescents. *Osteoporos Int*. 2010;21(3):515–20.
  39. Sode M, Burghardt AJ, Nissenson RA, Majumdar S. Resolution dependence of the non-metric trabecular structure indices. *Bone*. 2008 Apr;42(4):728–36.

40. Müller R, Hildebrand T, Rüegsegger P. Non-invasive bone biopsy: a new method to analyse and display the three-dimensional structure of trabecular bone. *Phys Med Biol*. 1994 Jan;39(1):145–64.
41. Gabel L, McKay HA, Nettlefold L, Race D, Macdonald HM. Bone architecture and strength in the growing skeleton: The role of sedentary time. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(2):363–72.
42. Kim SJ, Baker BS, Sharma-Ghimire P, Bemben DA, Bemben MG. Association between bone-specific physical activity scores and pQCT-derived measures of bone strength and geometry in healthy young and middle-aged premenopausal women. *Arch Osteoporos*. 2018;13(1).
43. Zemel B, Bass S, Binkley T, Ducher G, Macdonald H, McKay H, et al. Peripheral quantitative computed tomography in children and adolescents: the 2007 ISCD Pediatric Official Positions. *J Clin Densitom*. 2008;11(1):59–74.
44. Frank-Wilson AW, Johnston JD, Olszynski WP, Kontulainen SA. Measurement of muscle and fat in postmenopausal women: precision of previously reported pQCT imaging methods. *Bone [Internet]*. 2015 Jun 1 [cited 2019 Nov 5];75:49–54. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S8756328215000307?via%3Dihub>
45. Lauder milk M, Lohman TG, Going SB. HHS Public Access.

2015;26(9):2217–25.

46. Ducher G, Daly RM, Hill B, Eser P, Naughton GA, Gravenmaker KJ, et al. Relationship between indices of adiposity obtained by peripheral quantitative computed tomography and dual-energy X-ray absorptiometry in pre-pubertal children. *Ann Hum Biol.* 2009;36(6):705–16.
47. Farr JN, Funk JL, Chen Z, Lisse JR, Blew RM, Lee VR, et al. Skeletal muscle fat content is inversely associated with bone strength in young girls. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* 2011 Sep;26(9):2217–25.
48. Bazzocchi A, Ponti F, Albisinni U, Battista G, Guglielmi G. DXA: Technical aspects and application. *Eur J Radiol [Internet].* 2016;85(8):1481–92. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.04.004>
49. Horber FF, Thomi F, Casez JP, Fonteille J, Jaeger P. Impact of hydration status on body composition as measured by dual energy X-ray absorptiometry in normal volunteers and patients on haemodialysis. *Br J Radiol [Internet].* 1992 Oct 1;65(778):895–900. Available from: <https://doi.org/10.1259/0007-1285-65-778-895>
50. Nana A, Slater GJ, Hopkins WG, Burke LM. Effects of daily activities on dual-energy X-ray absorptiometry measurements of body composition in active people. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(1):180–9.
51. Silva DRP, Ribeiro AS, Pavão FH, Ronque ERV, Avelar A, Silva AM, et al. Validity of the methods to assess body fat in children and adolescents using

multi-compartment models as the reference method: A systematic review. *Rev Assoc Med Bras* [Internet]. 2013;59(5):475–86. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramb.2013.03.006>

52. Toombs RJ, Ducher G, Shepherd JA, De Souza MJ. The impact of recent technological advances on the trueness and precision of DXA to assess body composition. *Obesity*. 2012;20(1):30–9.
53. Fields DA, Goran MI, McCrory MA. Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: A review. *Am J Clin Nutr*. 2002;75(3):453–67.
54. Crapo RO, Morris AH, Clayton PD, Nixon CR. Lung volumes in healthy nonsmoking adults. *Bull Eur Physiopathol Respir*. 1982;18(3):419–25.
55. Lee SY, Gallagher D. Assessment methods in human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2008 Sep;11(5):566–72.
56. Ayvaz G, Çimen AR. Methods for body composition analysis in adults. *Open Obes J*. 2011;3:62–9.
57. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* [Internet]. 1985;100(2):126–31. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3920711>
58. Kraemer WJ, Noble BJ, Clark MJ, Culver BW. Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *Int J Sports Med*.

1987 Aug;8(4):247–52.

59. Leger L, Lambert JA. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO<sub>2</sub> max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1982 Feb 1;49:1–12.
60. De Miguel-Etayo P, Gracia-Marco L, Ortega FB, Intemann T, Foraita R, Lissner L, et al. Physical fitness reference standards in European children: The IDEFICS study. *Int J Obes*. 2014;38(September):S57–66.
61. Pate RR. Health-related measures of children's physical fitness. *J Sch Health*. 1991 May;61(5):231–3.
62. Ruiz JR, Ortega FB, Gutierrez A, Meusel D, Sjöström M, Castillo MJ. Health-related fitness assessment in childhood and adolescence: a European approach based on the AVENA, EYHS and HELENA studies. *J Public Health (Bangkok)*. 2006;14(5):269–77.
63. España-Romero V, Ortega FB, Vicente-Rodríguez G, Artero EG, Rey JP, Ruiz JR. Elbow Position Affects Handgrip Strength in Adolescents: Validity and Reliability of Jamar, DynEx, and TKK Dynamometers. *J Strength Cond Res [Internet]*. 2010;24(1). Available from: [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2010/01000/Elbow\\_Position\\_Affects\\_Handgrip\\_Strength\\_in.40.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2010/01000/Elbow_Position_Affects_Handgrip_Strength_in.40.aspx)
64. Ruiz JR, Castro-Piñero J, España-Romero V, Artero EG, Ortega FB, Cuenca MM, et al. Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *Br J Sports*

Med [Internet]. 2011 May 1;45(6):518 LP – 524. Available from:

<http://bjsm.bmj.com/content/45/6/518.abstract>

65. Oves Suárez B, Escartín Madurga L, Samper Villagrasa MP, Cuadrón Andrés L, Álvarez Sauras ML, Lasarte Velillas JJ, et al. Inmigración y factores asociados con la lactancia materna. Estudio CALINA. In: Anales de Pediatría. 2014. p. 32–8.
66. Marfell-Jones MJ, Stewart AD, De Ridder JH. International standards for anthropometric assessment. 2012.
67. Roggen I, Roelants M, Sioen I, Vandewalle S, De Henauw S, Goemaere S, et al. Pediatric Reference Values for Tibial Trabecular Bone Mineral Density and Bone Geometry Parameters Using Peripheral Quantitative Computed Tomography. *Calcif Tissue Int* [Internet]. 2015 Jun;96(6):527–33. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00223-015-9988-2>
68. González-Agüero A, Vicente-Rodríguez G, Gómez-Cabello A, Casajús JA. Cortical and trabecular bone at the radius and tibia in male and female adolescents with Down syndrome: a peripheral quantitative computed tomography (pQCT) study. *Osteoporos Int* [Internet]. 2013 Mar;24(3):1035—1044. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00198-012-2041-7>
69. Moon RJ, Cole ZA, Crozier SR, Curtis EM, Davies JH, Gregson CL, et al. Longitudinal changes in lean mass predict pQCT measures of tibial geometry and mineralisation at 6-7 years. *Bone* [Internet]. 2015;75:105–10. Available



from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bone.2015.02.015>

70. Prevention C for DC and. Body composition. Procedures Manual. 2013.
71. España-Romero V, Artero EG, Santaliestra-Pasias AM, Gutierrez A, Castillo MJ, Ruiz JR. Hand span influences optimal grip span in boys and girls aged 6 to 12 years. *J Hand Surg Am.* 2008 Mar;33(3):378–84.
72. Castro-Piñero J, Ortega FB, Artero EG, Girela-Rejón MJ, Mora J, Sjöström M, et al. Assessing muscular strength in youth: usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness. *J strength Cond Res.* 2010 Jul;24(7):1810–7.
73. Mukaka MM. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Med J [Internet].* 2012;24(3):69–71. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23638278>
74. Foo LH, Zhang Q, Zhu K, Ma G, Greenfield H, Fraser DR. Influence of body composition, muscle strength, diet and physical activity on total body and forearm bone mass in Chinese adolescent girls. *Br J Nutr.* 2007 Dec;98(6):1281–7.
75. Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Ortega FB, Rey-Lopez JP, Vicente-Rodriguez G, España-Romero V, et al. Association of objectively assessed physical activity with total and central body fat in Spanish adolescents; The HELENA Study. *Int J Obes.* 2009;33(10):1126–35.
76. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood

and adolescence: A powerful marker of health. *Int J Obes*. 2008;32(1):1–11.

77. Brämwig J, Dübbers A. Disorders of pubertal development. *Dtsch Arztebl Int*. 2009 Apr;106(17):295–303; quiz 304.
78. Stenevi-Lundgren S, Daly R, Linden C, Gärdsell P, Karlsson M. Effects of a daily school based physical activity intervention program on muscle development in prepubertal girls. *Eur J Appl Physiol*. 2008 Nov 1;105:533–41.
79. Vicente-Rodriguez G, Dorado C, Perez-Gomez J, Gonzalez-Henriquez JJ, Calbet JAL. Enhanced bone mass and physical fitness in young female handball players. *Bone*. 2004 Nov;35(5):1208–15.
80. Ara I, Vicente-Rodríguez G, Jimenez-Ramirez J, Dorado C, Serrano-Sanchez JA, Calbet JAL. Regular participation in sports is associated with enhanced physical fitness and lower fat mass in prepubertal boys. *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes*. 2004 Dec;28(12):1585–93.
81. Cadenas-Sánchez C, Artero EG, Concha F, Leyton B, Kain J.  
ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS AND PHYSICAL FITNESS  
LEVEL IN RELATION TO BODY WEIGHT STATUS IN CHILEAN  
PRESCHOOL CHILDREN. *Nutr Hosp*. 2015 Jul;32(1):346–53.
82. Zaqout M, Vyncke K, Moreno LA, De Miguel-Etayo P, Lauria F, Molnar D, et al. Determinant factors of physical fitness in European children. *Int J Public*

Health. 2016 Jun;61(5):573–82.

83. Ervin RB, Fryar CD, Wang C-Y, Miller IM, Ogden CL. Strength and body weight in US children and adolescents. *Pediatrics*. 2014 Sep;134(3):e782-9.
84. Artero EG, Ruiz JR, Ortega FB, España-Romero V, Vicente-Rodríguez G, Molnar D, et al. Muscular and cardiorespiratory fitness are independently associated with metabolic risk in adolescents: the HELENA study. *Pediatr Diabetes* [Internet]. 2011;12(8):704–12. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1399-5448.2011.00769.x>

